

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI  
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI  
DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA

DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

Mandataria

Mandanti



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA

MANDANTI



PROGETTO ESECUTIVO

LINEA PESCARA - BARI  
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI – RIPALTA

Opere d'arte maggiori – Ponti e Viadotti ferroviari

VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530

Relazione di calcolo Spalla S1

L'Appaltatore Ing. Gianguido Babini	A.A. D'AGOSTINO COSTRUZIONI GENERALI S.r.l. Il Direttore Tecnico (Ing. Gianguido Babini)	I progettisti (il Direttore della progettazione) Ing. Massimo Facchini
Data Dicembre 2022	firma	Data Dicembre 2022
		firma

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA / DISCIPLINA	PROGR	REV	SCALA
L I O B	0 2	E	Z Z	C L	V I 0 3 0 4	0 0 1	B	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	Prima emissione	Marino	Dicembre 2022	Martignoni	Dicembre 2022	Rinaldi	Dicembre 2022	
B	Aggiornamento per RdV	Marino	23/05/23	Martignoni	24/05/23	Rinaldi	25/05/23	

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>1</b>

## INDICE

<b>1.. PREMESSA .....</b>	<b>4</b>
<b>2.. DESCRIZIONE DELL'OPERA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Descrizione della spalla in esame .....	7
<b>3.. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>8</b>
3.1 Normativa di riferimento .....	8
3.2 Normativa tecnica nazionale .....	8
3.3 Manuali ITF .....	9
3.4 Bibliografia e altri riferimenti .....	9
<b>4.. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>10</b>
4.1 Calcestruzzo .....	10
4.2 Acciaio .....	11
4.3 Durabilità .....	12
<b>5.. APPROCCIO DI CALCOLO.....</b>	<b>16</b>
5.1 Caratteristiche delle opere.....	16
5.2 Criteri generali di verifica .....	16
5.3 Software di calcolo .....	23
5.4 Validazione programmi di calcolo .....	25
<b>6.. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....</b>	<b>26</b>
6.1 Categoria di sottosuolo.....	26
6.2 Capacità portante dei pali e stratigrafia di progetto.....	26
<b>7.. ANALISI DEI CARICHI .....</b>	<b>27</b>
7.1 Azioni permanenti strutturali ( $G_1$ ).....	27
7.2 Azioni permanenti non strutturali ( $G_2$ ).....	27
7.3 Ritiro del calcestruzzo ( $\epsilon_2$ ) .....	30
7.4 Spinta del terreno ( $G_3$ ).....	31
7.5 Azioni variabili verticali (Q) .....	34
7.6 Azioni Eccezionali (A).....	44
7.7 Azioni variabili orizzontali (Q) .....	49
7.8 Azione del vento ( $Q_6$ ) .....	59
7.9 Azione sismica (e).....	64
7.10 Variazioni termiche ( $Q_7$ ) .....	78
7.11 Attrito ( $Q_8$ ) .....	78
7.12 Scarichi agli appoggi .....	79

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>2</b>

<b>8..</b>	<b>COMBINAZIONI DI CARICO .....</b>	<b>81</b>
8.2	Combinazioni di carico adottate.....	83
<b>9..</b>	<b>VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....</b>	<b>93</b>
9.1	Elementi in cemento armato.....	93
<b>10.</b>	<b>MODELLI DI CALCOLO .....</b>	<b>99</b>
<b>11.</b>	<b>ANALISI GENERALE SPALLA MOBILE S1 .....</b>	<b>101</b>
11.1	Azione impalcati.....	101
11.2	Sollecitazioni elevazione .....	107
11.3	Sollecitazioni in fondazione .....	115
11.4	Sollecitazioni muro paraghiaia.....	124
11.5	Verifiche Muro Frontale .....	128
11.6	Verifiche plinto fondazione .....	139
11.7	Verifiche Muro Paraghiaia .....	149
<b>12.</b>	<b>ANALISI CARICHI MODELLO TRASVERSALE SPALLA .....</b>	<b>155</b>
12.1	Azioni permanenti strutturali ( $G_1$ ) e non strutturali ( $G_2$ ) .....	155
12.2	Azioni variabili verticali da traffico ferroviario .....	156
12.3	Carichi sui marciapiedi .....	159
12.4	Carico eccezionale dovuto al deragliamentto .....	160
12.5	Carico da vento sulla barriera antirumore.....	163
12.6	Azione aerodinamica da traffico ferroviario.....	165
12.7	Variazioni termiche ( $Q_7$ ) .....	167
12.8	Distorsioni e deformazioni impresse ( $P$ ) ( $\epsilon$ ) .....	168
<b>13.</b>	<b>ANALISI TRASVERSALE SPALLA .....</b>	<b>172</b>
13.1	Descrizione del modello FEM.....	172
13.2	Verifiche strutturali.....	179
<b>14.</b>	<b>ANALISI MURO POSTERIORE SPALLA.....</b>	<b>193</b>
14.1	Analisi carichi muro posteriore spalla .....	193
14.2	Descrizione del modello FEM.....	196
14.3	Verifiche strutturali.....	199
<b>15.</b>	<b>ANALISI CARICHI MURI SCATOLARI ESTERNI .....</b>	<b>204</b>
15.1	Azioni permanenti strutturali ( $G_1$ ) e non strutturali ( $G_2$ ) .....	204
15.2	Spinta del terreno ( $G_3$ ).....	205
15.3	Azioni variabili verticali da traffico ferroviario .....	209
15.4	Carichi sui marciapiedi .....	212
15.5	Carico eccezionale dovuto al deragliamentto .....	213

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>3</b>

15.6	Carico da vento sulla barriera antirumore .....	213
15.7	Azione aerodinamica da traffico ferroviario.....	214
15.8	Variazioni termiche (Q <sub>7</sub> ) .....	215
15.9	Distorsioni e deformazioni impresse (P) (ε) .....	216
<b>16.</b>	<b>ANALISI MURI SCATOLARI ESTERNI.....</b>	<b>220</b>
16.1	Descrizione del modello FEM.....	220
16.2	Verifiche strutturali.....	228
<b>17.</b>	<b>ANALISI MURO POSTERIORE MURI SCATOLARI ESTERNI.....</b>	<b>248</b>
17.1	Analisi carichi muro posteriore muri scatolari esterni.....	248
17.2	Spinta del terreno (G <sub>3</sub> ).....	249
17.3	Descrizione del modello FEM.....	255
17.4	Verifiche strutturali.....	258
<b>18.</b>	<b>VERIFICHE LOCALI.....</b>	<b>263</b>
18.1	Baggioli .....	263
18.2	Deformabilita' spalla .....	265
18.3	Ritegni.....	268
<b>19.</b>	<b>RIEPILOGO INCIDENZE C.A. ....</b>	<b>270</b>
<b>20.</b>	<b>APPOGGI E GIUNTI.....</b>	<b>271</b>
20.1	Appoggi.....	271
20.2	Escursione dei giunti .....	271
<b>21.</b>	<b>ALLEGATI DI CALCOLO .....</b>	<b>273</b>



MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>4</b>

## 1. PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto esecutivo del corpo stradale ferroviario, delle opere d'arte e delle opere interferite relative al raddoppio ferroviario della Linea Bari - Pescara nella tratta Termoli - Ripalta, per uno sviluppo complessivo di 24.930,52 km.

L'opera oggetto delle analisi riportate nei paragrafi seguenti rientra fra quelle inserite nella categoria denominata "OPERE PRINCIPALI – PONTI E VIADOTTI".

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

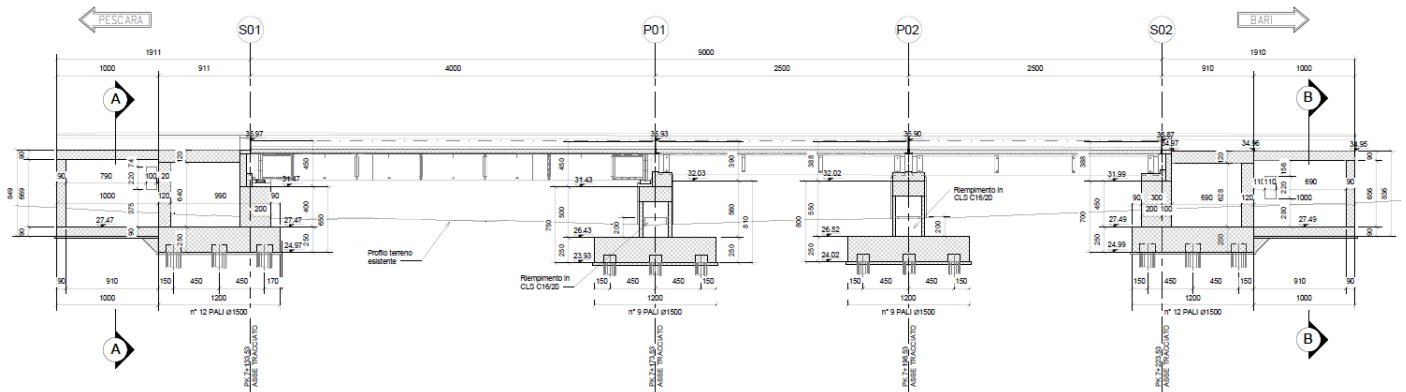
**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>5</b>

## 2. DESCRIZIONE DELL'OPERA

La presente relazione ha per oggetto l'analisi e la verifica della Spalla mobile denominata S01 che sostiene la campata in acciaio da 40 m del viadotto ferroviario denominato VI03, previsto tra le progressive chilometriche. 7+133,530 a km 7+223,530.

Il viadotto, avente lunghezza complessiva pari a circa 90 m, è a doppio binario di cui la prima campata di luce pari a 40m è a struttura mista acciaio-cls e le restanti campate (numero 2) sono in semplice appoggio da 25 m costituite da quattro travi a cassoncino in c.a.p. preteso. La piattaforma ha una larghezza totale di 13.70 m ed ospita due binari posti ad interasse di 4.0 m.



*Figura 1 – Profilo longitudinale VI03*

Gli impalcati in acciaio-cls da 40.0m sono costituiti da quattro travi in acciaio ad interasse di 2.80 m e altezza pari a 2.70 m in appoggio. Al di sopra delle travi viene realizzata una soletta in calcestruzzo gettata in opera avente spessore variabile da un minimo di 0.37 m ad un massimo di 0.47 m in asse impalcato compressivo dello spessore delle predalles.

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>6</b>

SEZIONE TIPO IN CAMPATA -Scala 1:50

( Impalcato acciaio-clis luce 40.00 m )

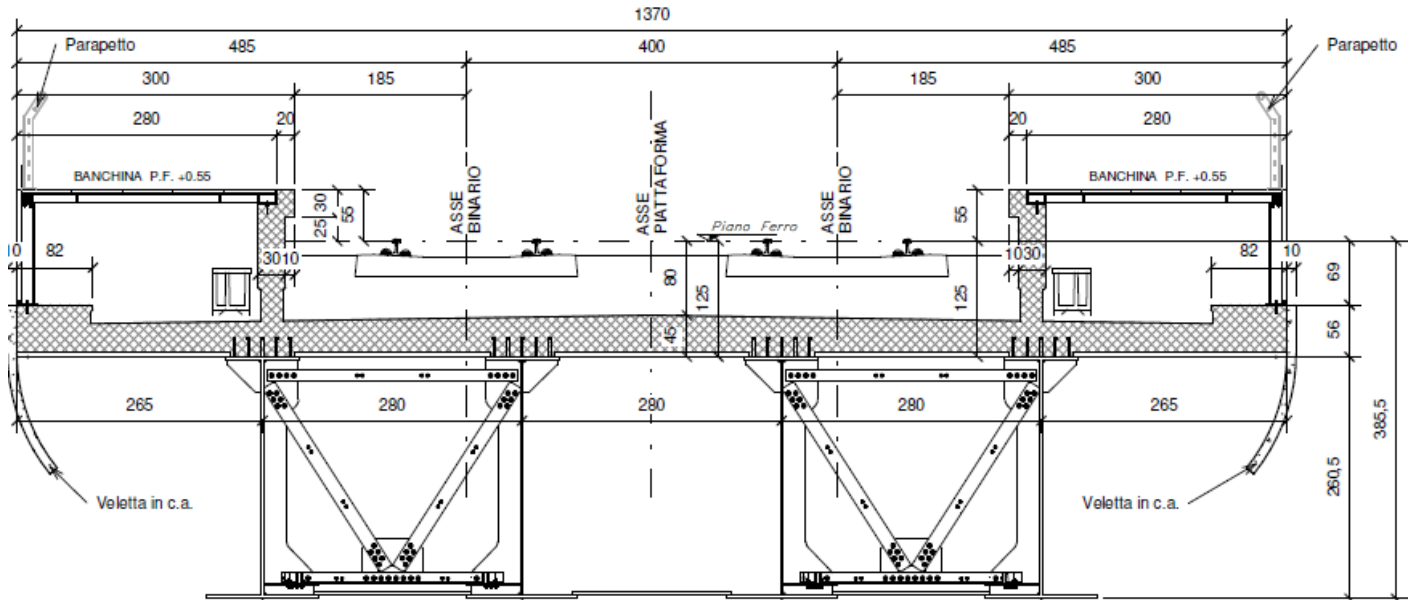


Figura 2 – Sezione trasversale impalcato

Nel presente documento si analizzano alcune delle sottostrutture del viadotto in esame.

WBS	SPALLE	H <sub>calcolo</sub>	IMPALCATI							SISMA		FONDAZIONE				
			R <sub>min</sub>	Lato sx	L	App.	Lato dx	L	App.	Zona Sismica	Categoria Sottosuolo	D <sub>pali</sub>	n <sub>pali</sub>	Stratig.	Liquefaz.	Scalam.
			[m]		[m]			[m]				[m]	[m]			[m]
VI03	S01	4.00	∞	-	-	-	Acciaio-clis	40	Mobile	S2	C	1.5	12	1	NO	-
	S02	4.50	∞	C.a.p.	25	Fisso	-	-	-	S2	C	1.5	12	2	NO	-

Tabella 1 – Sintesi delle spalle VI03

Oggetto del presente documento sono quindi le analisi e le verifiche delle spalle, in particolare della spalla S01, relativa all'impalcato in acciaio.

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>7</b>

## 2.1 DESCRIZIONE DELLA SPALLA IN ESAME

Le sottostrutture consistono in due spalle con fondazioni di tipo profondo su pali. La spalla indicata con “S01” è la spalla mobile mentre quella indicata con “S02” è la spalla fissa. Il presente documento contiene le verifiche strutturali e geotecniche della spalla S01. La spalla presenta a prosecuzione della stessa una struttura scatolare in c.a. composta di due vanni interni di dimensioni interne 5.40m (larghezza) x 9,10m (lunghezza) x 6,80m (altezza).

Di seguito si riportano alcune immagini esplicative delle sottostrutture in esame. Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

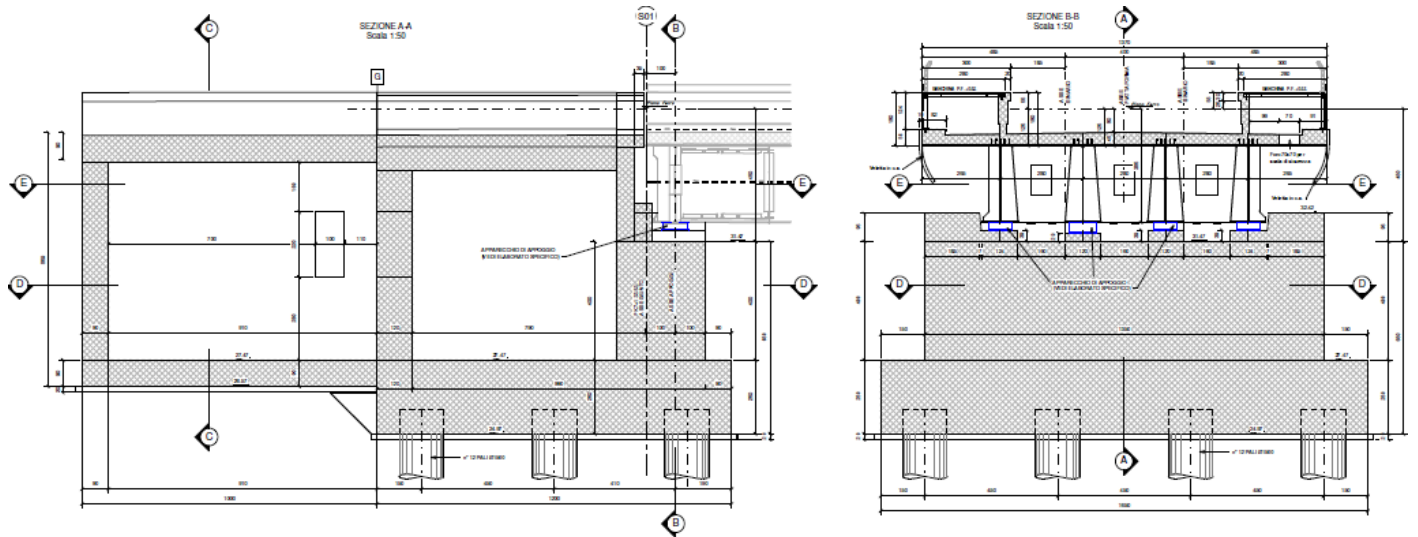


Figura 3 – Sezioni in direzione longitudinale e trasversale

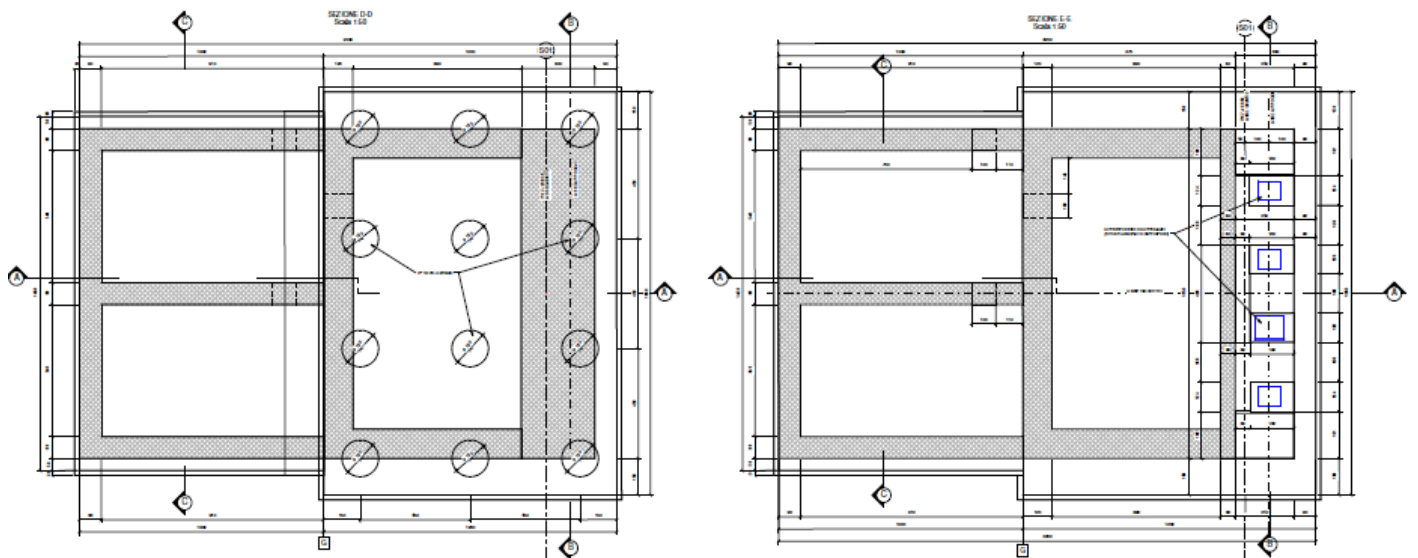


Figura 4 – Vista in pianta

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>8</b>

### 3. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

#### 3.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

##### 3.1.1 Specifiche tecniche interoperabilità ferroviarie

[1] Regolamento (UE) N.1299/2014 del 18 novembre 2014 della Commissione Europea. Relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione Europea.

##### 3.1.2 Materiali

[2] UNI 11104: 2016 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l’applicazione delle EN 206”;

[3] UNI EN 206: 2014 – “Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità”;

##### 3.1.3 Costruzioni in c.a. e acciaio

*Eurocodice 1 - “Azioni sulle strutture”*

[4] UNI EN 1991-1-4:2010 – “Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento”;

[5] UNI EN 1991-1-5:2004 – “Parte 1-5: Azioni in generale - Azioni termiche”;

[6] UNI EN 1991-1-7:2014 – “Parte 1-7: Azioni in generale - Azioni eccezionali”;

[7] UNI EN 1991-2:2005 – “Parte 2: Carichi da traffico sui ponti”;

*Eurocodice 2 - “Progettazione delle strutture in calcestruzzo”*

[8] UNI EN 1992-1-1:2015 – “Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”;

[9] UNI EN 1992-2:2006 – “Parte 2: Ponti di calcestruzzo - Progettazione e dettagli costruttivi”;

*Eurocodice 3 - “Progettazione delle strutture in acciaio”*

[10] UNI EN 1993-1-1:2014 – “Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”;

[11] UNI EN 1993-1-3:2007 – “Parte 1-3: Regole generali - Regole supplementari per l’impiego dei profilati e delle lamiere sottili piegati a freddo”;

#### 3.2 NORMATIVA TECNICA NAZIONALE

[12] Legge 5 Novembre 1971 n°1086 – “Norme per la disciplina delle opere in calcestruzzo cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica”;

[13] Legge 2 Febbraio 1974 n°64 - “Provvedimenti per le costruzioni, con particolari prescrizioni per le zone sismiche”;

[14] D.M. 14/01/2008 – “Norme tecniche per le costruzioni”;

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>9</b>

[15] Circolare LL.PP. n°617 02/02/2009 - "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008".

### 3.3 MANUALI ITF

- [16] RFI DTC SI PS MA IFS 001 E - Manuale di progettazione delle opere Civili;
- [17] RFI DTC SI SP IFS 001 C – Capitolato generale tecnico di Appalto delle opere civili;
- [18] RFI DINIC MA PO 00 001 B - Manuale di progettazione Ponti
- [19] RFI DTC ICI PO SP INF 001 A - Istruzioni per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari del 12/10/2009
- [20] RFI DINIC MA PO 00 001 C - Prescrizioni tecniche per la progettazione esecutiva ponti Vol.1 e vol.2
- [21] RFI DTC INC PO SP IFS 003 A - Specifica per la verifica a fatica dei ponti ferroviari
- [22] RFI DTC INC PO SP IFS 005 A - Specifica per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti negli impalcati ferroviari e cavalcavia.

### 3.4 BIBLIOGRAFIA E ALTRI RIFERIMENTI

- [23] Lancellotta R. [1991] " Geotecnica" – Edizioni Zanichelli.
- [24] Migliacci – F. Mola – "Progetto agli stati limite delle strutture in c.a." - Masson Italia Editori 1985
- [25] C. Cestelli Guidi - "Geotecnica e tecnica delle fondazioni" - Ulrico Hoepli Editore 1987
- [26] R. Lancellotta – "Geotecnica" - Edizioni Zanichelli 1987
- [27] Bowles J.E.: "Foundations Analysis and Design" 4th edition - McGraw-Hill – New York, 1988
- [28] Bustamante M., Gianceselli L. [1982] - "Pile bearing capacity prediction by means of static penetrometer CPT" -.Pr. of the 2th European symposium on penetration testing, Amsterdam.

MANDATARIA  MANDANTI 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>10</b>

## 4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### 4.1 CALCESTRUZZO

#### 4.1.1 Calcestruzzo per magrone sottofondi

Classe minima	C12/15
Classe di esposizione ambientale	XC0

#### 4.1.2 Calcestruzzo pali e plinti di fondazione

Classe minima	C25/30
Classe di esposizione ambientale	XC2
Resistenza caratteristica a compressione cubica a 28 gg	$R_{ck} \geq 30$ MPa
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica	$f_{ck} = R_{ck} * 0.83 = 24.90$ MPa
Resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 32.90$ MPa
Modulo elastico	$E_c = 22000 * (f_{cm}/10)^{0.3} = 31447$ MPa
Valore medio di resistenza a trazione semplice	$f_{ctm} = 0.3 * (f_{ck})^{2/3} = 2.56$ MPa
Resistenza di calcolo a trazione semplice	$f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm} = 1.79$ MPa
<u>Stato limite ultimo</u>	
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_C = 1.5$
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{CC} = 0.85$
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{CC} * f_{ck} / \gamma_C = 14.11$ MPa
Resistenza di calcolo a trazione semplice	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_C = 1.19$ MPa
Valore ultimo della deformazione a compressione	$\epsilon_{cu} = 3.5 \%$
<u>Stato limite di esercizio</u>	
Tensione max di compressione – Comb. Rara	$\sigma_c = 0.55 * f_{ck} = 13.70$ MPa
Tensione max di compressione – Comb. Quasi perm.	$\sigma_c = 0.40 * f_{ck} = 9.96$ MPa

#### 4.1.3 Calcestruzzo parti in elevazione pile, spalle e solettoni

Classe minima	C32/40
Classe di esposizione ambientale	XC4 – XS1
Resistenza caratteristica a compressione cubica a 28 gg	$R_{ck} \geq 40$ MPa
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica	$f_{ck} = R_{ck} * 0.83 = 33.20$ MPa
Resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 41.20$ MPa
Modulo elastico	$E_c = 22000 * (f_{cm}/10)^{0.3} = 33643$ MPa
Valore medio di resistenza a trazione semplice	$f_{ctm} = 0.3 * (f_{ck})^{2/3} = 3.10$ MPa
Resistenza di calcolo a trazione semplice	$f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm} = 2.17$ MPa
<u>Stato limite ultimo</u>	
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_C = 1.5$
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{CC} = 0.85$
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{CC} * f_{ck} / \gamma_C = 18.81$ MPa
Resistenza di calcolo a trazione semplice	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_C = 1.45$ MPa
Valore ultimo della deformazione a compressione	$\epsilon_{cu} = 3.5 \%$
<u>Stato limite di esercizio</u>	



MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>11</b>

Tensione max di compressione – Comb. Rara  $\sigma_c = 0.55 \cdot f_{ck} = 18.26$  MPa  
 Tensione max di compressione – Comb. Quasi perm.  $\sigma_c = 0.40 \cdot f_{ck} = 13.28$  MPa

#### 4.1.4 Calcestruzzo per baggioli e ritegni

Classe minima C32/40  
 Classe di esposizione ambientale XC4 – XS1  
 Resistenza caratteristica a compressione cubica a 28 gg  $R_{ck} \geq 40$  MPa  
 Resistenza caratteristica a compressione cilindrica  $f_{ck} = R_{ck} \cdot 0.83 = 33.20$  MPa  
 Resistenza media a compressione cilindrica  $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 41.20$  MPa  
 Modulo elastico  $E_c = 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3} = 33643$  MPa  
 Valore medio di resistenza a trazione semplice  $f_{ctm} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 3.10$  MPa  
 Resistenza di calcolo a trazione semplice  $f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.17$  MPa

Stato limite ultimo  
 Coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_c = 1.5$   
 Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata  $\alpha_{CC} = 0.85$   
 Resistenza di calcolo a compressione  $f_{cd} = \alpha_{CC} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 18.81$  MPa  
 Resistenza di calcolo a trazione semplice  $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.45$  MPa  
 Valore ultimo della deformazione a compressione  $\epsilon_{cu} = 3.5$  ‰

Stato limite di esercizio  
 Tensione max di compressione – Comb. Rara  $\sigma_c = 0.55 \cdot f_{ck} = 18.26$  MPa  
 Tensione max di compressione – Comb. Quasi perm.  $\sigma_c = 0.40 \cdot f_{ck} = 13.28$  MPa

## 4.2 ACCIAIO

### 4.2.1 Acciaio d'armatura in barre per calcestruzzo armato

Tensione caratteristica di rottura a trazione  $f_{tk} = \geq 540$  MPa  
 Tensione caratteristica di snervamento a trazione  $f_{yk} = \geq 450$  MPa  
 Modulo elastico  $E_s = 200000$  MPa

Stato limite ultimo  
 Coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_s = 1.15$   
 Resistenza di calcolo  $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391.30$  MPa  
 Valore ultimo della deformazione a trazione  $\epsilon_{cu} = 10$  ‰

Stato limite di esercizio  
 Tensione max di trazione  $\sigma_s = 0.75 \cdot f_{yk} = 337.50$  MPa



MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>12</b>

### 4.3 DURABILITÀ

#### 4.3.1 Conglomerati cementizi

Le classi di esposizione e le conseguenti limitazioni sulla composizione del calcestruzzo sono state ricavate ai sensi della normativa UNI EN 206: 2016 e UNI 11104: 2016, delle istruzioni contenute nella C.M. n°7 per l'applicazione delle NTC 2008, a cui si rimanda per ulteriori dettagli.

A seconda dell'esposizione ambientale, per opere con  $V_N = 50$  anni la circolare al punto §C4.1.6.1.3 impone il rispetto dei limiti di copriferro riportati nella tabella successiva.

Per classi di resistenza inferiori a  $C_{min}$  i valori sono da aumentare di  $\Delta c_{min} = +5$  mm.

Per produzioni di elementi sottoposte a controllo di qualità che preveda anche la verifica dei copriferri, i valori della tabella possono essere ridotti di  $\Delta c_{min} = -5$  mm.

A tali valori di tabella vanno aggiunte le tolleranze di posa  $\Delta c_{dev}$ .

Nella norma UNI EN 1992-1-1 sono indicati al §4.4.1.3 i metodi per la valutazione rigorosa dei copriferri in base alla tipologia di armature e altre particolari specifiche di dettaglio previste in progetto.

Nelle tabelle seguenti si indicano i copriferri nominali  $c_{nom}$  e i parametri di mix design minimi richiesti dalle normative per ottenere le prestazioni di durabilità minime di progetto.

prospetto 5 Valori limite per la composizione e le proprietà del calcestruzzo

UNI 11104:2016	Classi di esposizione																				
	Nessun rischio di corrosione dell'armatura	Corrosione delle armature indotte dalla carbonatazione				Corrosione delle armature indotte da cloruri						Attacchi da cicli di gelo/disgelo				Ambiente aggressivo per attacco chimico					
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	Acqua di mare			Cloruri provenienti da altre fonti			XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3		
Massimo rapporto a/c	-	0,80			0,50	0,50			0,45			0,55		0,50		0,45	0,55	0,50	0,45		
Minima classe di resistenza	C12/15	C25/30			C30/37	C32/40	C32/40			C35/45			C30/37	C32/40	C35/45	C32/40	C25/30	C30/37	C32/40	C35/45	
Minimo contenuto in cemento (kg/m <sup>3</sup> )	-	300			320	340	340			360			320	340	360	320	340	360	320	340	360
Contenuto minimo in aria (%)														b)	4,0 a)						
Altri requisiti						E' richiesto l'utilizzo di cementi resistenti all'acqua di mare a secondo UNI 9156						E' richiesto l'utilizzo di aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo				In caso di esposizione a terreno o acqua del terreno contenente solfati nei limiti del prospetto 2 della all'acqua di mare adeguata resistenza al UNI EN 206:2014, è richiesto l'impiego di cementi resistenti ai solfati. c)					

a) Quando il calcestruzzo non contiene aria inglobata, le sue prestazioni devono essere verificate rispetto ad un calcestruzzo aerato per il quale è provata la resistenza al gelo/disgelo, da determinarsi secondo UNI CEN/TS 12390-9, UNI CEN/TR 15177 0 UNI 7087 per la relativa classe di esposizione. 11 valore minima di aria inglobata del 4% può ritenersi adeguato per calcestruzzi specificati con b) Dupper >20mm, per Dupper inferiori limite minima andrà opportunamente aumentato (ad esempio 5% per Dupper tra 12 mm e 16 mm).

b) Qualora si ritenga opportuno impiegare calcestruzzo aerato anche in classe di esposizione XF1 si adottano le specifiche di composizione prescritte per le classi XF2 e XF3.

c) Cementi resistenti ai solfati sono definiti dalla UNI EN 197-1 e su base nazionale dalla UNI 9156. La UNI 9156 classifica i cementi resistenti ai solfati in tre classi: moderata, alta e altissima resistenza solfatica. La classe di resistenza solfatica del cemento deve essere prescelta in relazione alla classe di esposizione del calcestruzzo secondo il criterio di corrispondenza della UNI 11417-1.

d) Quando si applica il concetto di valore k il rapporto massimo a/c e il contenuto minima di cemento sono calcolati in conformità al punto 5.2.2.

Tabella 2 - Prospetto requisiti di mix-design (UNI 11104)

Tabella C4.1.IV - Copriferri minimi in mm

$C_{min}$	$C_o$	ambiente	barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
			$C > C_o$	$C_{min} < C < C_o$	$C > C_o$	$C_{min} < C < C_o$	$C > C_o$	$C_{min} < C < C_o$	$C > C_o$	$C_{min} < C < C_o$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

La classe di resistenza minima  $C_{min}$  indicata in tabella deve comunque intendersi riferita alla pertinente classe di esposizione di cui alla UNI EN 206:2016 richiamata nella Tabella 4.1.III delle NTC.

Tabella 3 - Copriferri minimi in mm (VN = 50 anni)

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
		<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>13</b>

Tab. 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tabella 4 - Condizioni ambientali e classi di esposizione

NOME: <b>FONDAZIONI</b>	REQUISITI DURABILITA' CALCESTRUZZI (UNI EN 206, UNI 11104, UNI EN 1992-1-1, NTC2008)	Rev. 00.1
<b>CLASSE DI ESPOSIZIONE</b>		
Corrosione da carbonatazione <b>XC2</b>	Ambiente prevalentemente acquoso o saturo d'acqua, raramente secco. Cls a contatto con acqua per lungo tempo. Cls di strutture di contenimento acqua. Cls di molte fondazioni.	
- Valori raccomandati per il mix-design (UNI EN 206: 2016)		Mix design di progetto:
Rapporto max A/C	XC2 0,60	XC2 0,6
Classe di resistenza minima	C25/30	C25/30
Contenuto minimo di cemento (kg/m³)	300	300
Contenuto minimo di aria (%)	-	-
Aggregati resistenti al gelo/disgelo (EN 12620)	-	-
Cemento resistente ai solfati	-	-
Cemento resistente all'acqua di mare	-	-
<b>COPRIFERRO NOMINALE</b>		
$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm})$	(Formula 4.2 UNI EN 1992-1-1)	
$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$	(Formula 4.1 UNI EN 1992-1-1)	
- Margine di scostamento $\Delta c_{dev}$ (4.4.1.3 Annesso italiano UNI EN 1992-1-1)		$\Delta c_{dev}$ (mm) <b>10</b>
- Copriferro minimo per messa in opera su superfici irregolari (4.4.1.3 (4) Annesso italiano UNI EN 1992-1-1)		$c_{nom,min}$ (mm)
- Copriferro minimo per aderenza (Prospetto 4.2 UNI EN 1992-1-1)		$c_{min,b}$ (mm) <b>26</b>
Tipo di acciaio <b>Ordinario</b>		
$\varnothing$ (mm) <b>26</b>	diametro barra $\varnothing$ (isolata) o equivalente $\varnothing_n$ (raggruppate, vedi §8.9)	
$D_{upper}$ (mm) <b>25</b>	dimensione max aggregato	
- Copriferro minimo per durabilità (Tabella C4.1.IV NTC 2008)		$c_{min,dur}$ (mm) <b>30</b>
Ambiente Ordinario		
Vita nominale <b>75</b>	valori tabella +5 mm	C <b>C25/30</b> Classe di resistenza utilizzata
Controllo qualità speciale cls <b>NO</b>	valori tabella	$C_0$ C35/45
Elemento a piastra <b>NO</b>		$C_{min}$ C25/30
NTC 2008	Condizioni ambientali Ordinarie	Gruppo di esigenza A
		Copriferro nominale $c_{nom}$ (mm) <b>40</b>

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>14</b>

NOME: <b>ELEVAZIONI</b>	REQUISITI DURABILITA' CALCESTRUZZI (UNI EN 206, UNI 11104, UNI EN 1992-1-1, NTC2008)				Rev. 00.1
<b>CLASSE DI ESPOSIZIONE</b>					
Corrosione da carbonatazione	<b>XC4</b>	Ambiente ciclicamente secco e acquoso o saturo d'acqua. Cls in esterni con superfici soggette ad alternanze di ambiente secco ed acquoso o saturo d'acqua. Cls ciclicamente esposto all'acqua in condizioni che non ricadono nella classe XC2.			
Corrosione da cloruri marini	<b>XS1</b>	Ambiente di aria che trasporta salsedine marina in assenza di contatto con l'acqua di mare. Cls di strutture in zone costiere.			
- Valori raccomandati per il mix-design (UNI EN 206: 2016)					Mix design di progetto:
		XC4		XS1	XC4+XS1
Rapporto max A/C		0,50		0,50	0,5
Classe di resistenza minima		C32/40		C32/40	C32/40
Contenuto minimo di cemento (kg/m³)		340		340	340
Contenuto minimo di aria (%)		-		-	-
Aggregati resistenti al gelo/disgelo (EN 12620)		-		-	-
Cemento resistente ai solfati		-		-	-
Cemento resistente all'acqua di mare		-		SI	SI
<b>COPRIFERRO NOMINALE</b>					
$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm})$				(Formula 4.2 UNI EN 1992-1-1)	
$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$				(Formula 4.1 UNI EN 1992-1-1)	
- Margine di scostamento $\Delta c_{dev}$ (4.4.1.3 Annesso italiano UNI EN 1992-1-1)					$\Delta c_{dev}$ (mm)
- Copriferro minimo per messa in opera su superfici irregolari (4.4.1.3 (4) Annesso italiano UNI EN 1992-1-1)					$c_{nom,min}$ (mm)
- Copriferro minimo per aderenza (Prospetto 4.2 UNI EN 1992-1-1)					$c_{min,b}$ (mm)
Tipo di acciaio	<b>Ordinario</b>				
$\varnothing$ (mm)	<b>26</b>	diametro barra $\varnothing$ (isolata) o equivalente $\varnothing_n$ (raggruppate, vedi §8.9)			
$D_{upper}$ (mm)	<b>25</b>	dimensione max aggregato			
- Copriferro minimo per durabilità (Tabella C4.1.IV NTC 2008)					$c_{min,dur}$ (mm)
Ambiente Aggressivo					
Vita nominale	<b>75</b>	valori tabella +5 mm	C	<b>C32/40</b>	Classe di resistenza utilizzata
Controllo qualità speciale cls	<b>NO</b>	valori tabella	$C_0$	C40/50	
Elemento a piastra	<b>NO</b>		$C_{min}$	C30/37	
NTC 2008	Condizioni ambientali Aggressive		Gruppo di esigenza B		Copriferro nominale $c_{nom}$ (mm)
					50

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>15</b>

NOME: <b>BAGGIOLI E RITEGNI</b>	REQUISITI DURABILITA' CALCESTRUZZI (UNI EN 206, UNI 11104, UNI EN 1992-1-1, NTC2008)	Rev. 00.1
<b>CLASSE DI ESPOSIZIONE</b>		
Corrosione da carbonatazione	<b>XC4</b>	Ambiente ciclicamente secco e acquoso o saturo d'acqua. Cls in esterni con superfici soggette ad alternanze di ambiente secco ed acquoso o saturo d'acqua. Cls ciclicamente esposto all'acqua in condizioni che non ricadono nella classe XC2.
Corrosione da cloruri marini	<b>XS1</b>	Ambiente di aria che trasporta salsedine marina in assenza di contatto con l'acqua di mare. Cls di strutture in zone costiere.
- Valori raccomandati per il mix-design (UNI EN 206: 2016)		Mix design di progetto:
	XC4	XS1
Rapporto max A/C	0,50	0,50
Classe di resistenza minima	C32/40	C32/40
Contenuto minimo di cemento (kg/m³)	340	340
Contenuto minimo di aria (%)	-	-
Aggregati resistenti al gelo/disgelo (EN 12620)	-	-
Cemento resistente ai solfati	-	-
Cemento resistente all'acqua di mare	-	SI
<b>COPRIFERRO NOMINALE</b>		
$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm})$		(Formula 4.2 UNI EN 1992-1-1)
$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$		(Formula 4.1 UNI EN 1992-1-1)
- Margine di scostamento $\Delta c_{dev}$ (4.4.1.3 Annesso italiano UNI EN 1992-1-1)		$\Delta c_{dev}$ (mm) <b>10</b>
- Copriferro minimo per messa in opera su superfici irregolari (4.4.1.3 (4) Annesso italiano UNI EN 1992-1-1)		$c_{nom,min}$ (mm)
- Copriferro minimo per aderenza (Prospetto 4.2 UNI EN 1992-1-1)		$c_{min,b}$ (mm) <b>26</b>
Tipo di acciaio	<b>Ordinario</b>	
$\varnothing$ (mm)	<b>26</b>	diametro barra $\varnothing$ (isolata) o equivalente $\varnothing_n$ (raggruppate, vedi §8.9)
$D_{upper}$ (mm)	<b>25</b>	dimensione max aggregato
- Copriferro minimo per durabilità (Tabella C4.1.IV NTC 2008)		$c_{min,dur}$ (mm) <b>30</b>
Ambiente Aggressivo		
Vita nominale	<b>75</b>	valori tabella +5 mm
Controllo qualità speciale cls	<b>SI</b>	valori tabella -5 mm
Elemento a piastra	<b>SI</b>	
		C <b>C32/40</b> Classe di resistenza utilizzata
		$C_0$ C40/50
		$C_{min}$ C30/37
NTC 2008	Condizioni ambientali Aggressive	Gruppo di esigenza B
		Copriferro nominale $c_{nom}$ (mm) <b>40</b>

 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	16

## 5. APPROCCIO DI CALCOLO

### 5.1 CARATTERISTICHE DELLE OPERE

Le opere oggetto della presente relazione sono state progettate e calcolate secondo i metodi della scienza delle costruzioni, adottando per le verifiche il criterio degli stati limite (S.L.).

I criteri generali di sicurezza, le azioni di calcolo e le caratteristiche dei materiali sono stati assunti in conformità con il D.M. 14.01.2008 – “Norme tecniche per le costruzioni” e relativa circolare esplicativa (Circolare 02.02.2009 n. 617/C.S.LL.PP.).

Con riferimento alle NTC, per le opere in oggetto si considerano i seguenti parametri di calcolo:

Vita nominale	$V_N = 75$ anni (§ 2.4.1 “Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari”)
Classe d’uso	III (§ 2.4.2, “Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l’ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d’uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.”)
Coefficiente d’uso	$C_U = 1.5$
Periodo di riferimento	$V_R = V_N \cdot C_U = 112.5$ anni

### 5.2 CRITERI GENERALI DI VERIFICA

In accordo con quanto definito nel §2.3 delle NTC 2008, devono essere svolte le verifiche di sicurezza e delle prestazioni attese per Stati Limite Ultimi (SLU) e Stati Limite d’Esercizio (SLE) secondo opportune combinazioni di carico delle azioni.

#### 5.2.1 Combinazioni di carico

Come riportato al §2.5.3 delle NTC 2008, si considerano le seguenti combinazioni delle azioni:

$Y_{G1} \cdot G_1 + Y_{G2} \cdot G_2 + Y_P \cdot P + Y_{Q1} \cdot Q_{k1} + Y_{Q2} \cdot \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + Y_{Q3} \cdot \sum_{j=3}^n \Psi_{0j} \cdot Q_{kj}$	Combinazione fondamentale SLU
$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + \sum_{j=3}^n \Psi_{0j} \cdot Q_{kj}$	Combinazione caratteristica rara SLE
$G_1 + G_2 + P + \Psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{j=2}^n \Psi_{2j} \cdot Q_{kj}$	Combinazione frequente SLE
$G_1 + G_2 + P + \sum_{j=1}^n \Psi_{2j} \cdot Q_{kj}$	Combinazione quasi permanente SLE
$E + G_1 + G_2 + P + \sum_{j=1}^n \Psi_{2j} \cdot Q_{kj}$	Combinazione sismica SLE e SLU
$G_1 + G_2 + P + A_d + \sum_{j=1}^n \Psi_{2j} \cdot Q_{kj}$	Combinazione eccezionale SLU
$G_1$	masse dei pesi propri strutturali
$G_2$	masse dei carichi permanenti non strutturali
$P$	precompressione e pretensione
$Q_{ki}$	masse dei carichi accidentali
$E$	azione sismica
$A_d$	azione eccezionale
$\psi_0, \psi_1, \psi_2$	coefficienti di contemporaneità delle azioni (Tab.. 2.5.I oppure Tab.. 5.1.VI per i ponti stradali e Tab.. 5.2.VII per i ponti ferroviari)

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	17

## 5.2.2 Stati limite ultimi

Per ogni Stato Limite Ultimo (SLU) deve essere rispettata la condizione:

$$R_d \geq E_d \quad (\text{Eq. 2.2.1})$$

$E_d = E(F_d ; X_d ; a_d)$  valore di progetto della domanda, funzione dei valori di progetto delle azioni ( $F_d$ ) e dei valori nominali delle grandezze geometriche della struttura interessate ( $a_d$ )

$R_d = R(F_d ; X_d ; a_d)$  capacità di progetto in termini di resistenza, duttilità e/o spostamento della struttura, funzione delle caratteristiche meccaniche dei materiali che la compongono ( $X_d$ ) e dei valori nominali delle grandezze geometriche interessate ( $a_d$ )

$F_d = \gamma_F \cdot F_k$  azioni di progetto

$X_d = X_k / \gamma_M$  proprietà del materiale di progetto

$a_d$  parametri geometrici di progetto

$\gamma_M$  coefficiente parziale di sicurezza del materiale

Nelle verifiche agli stati limite ultimi si distinguono:

- stato limite di equilibrio come corpo rigido: **EQU**
- stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione: **STR**
- stato limite di resistenza del terreno: **GEO**

## 5.2.3 Strutture non geotecniche

Fatte salve le prescrizioni specifiche e con riferimento alle tabelle seguenti, per la progettazione di componenti strutturali che non coinvolgano azioni di tipo geotecnico, i valori dei coefficienti parziali  $\gamma_F$  da assumersi per la determinazione degli effetti delle azioni per le verifiche di equilibrio (SLU EQU) sono quelle della colonna EQU mentre per le verifiche strutturali (SLU STR) sono quelle della colonna A1.

Tab. 5.2.IV - Valutazione dei carichi da traffico

TIPO DI CARICO	Azioni verticali		Azioni orizzontali			Commenti
	Carico verticale (1)	Treno scarico	Frenatura e avviamento	Centrifuga	Serpeggio	
Gruppo 1 (2)	1,0	-	0,5 (0,0)	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	massima azione verticale e laterale
Gruppo 2 (2)	-	1,0	0,0	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	stabilità laterale
Gruppo 3 (2)	1,0 (0,5)	-	1,0	0,5 (0,0)	0,5 (0,0)	massima azione longitudinale
Gruppo 4	0,8 (0,6;0,4)	-	0,8 (0,6;0,4)	0,8 (0,6;0,4)	0,8 (0,6;0,4)	Fessurazione

(1) Includendo tutti i valori (E; a; etc..)

(2) La simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1.0), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1,2 e 3 senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali

I valori campiti in grigio rappresentano l'azione dominante.



MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>

Tab. 5.2.V - Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

Coefficiente			EQU <sup>(1)</sup>	A1	A2
Azioni permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25
Azioni variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(5)</sup>	1,00 <sup>(6)</sup>	1,00
Ritiro, viscosità e cedimenti non imposti appositamente	favorevole	$\gamma_{Ce}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevole	d	1,20	1,20	1,00

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori della colonna A2.

<sup>(2)</sup> Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali, o di una parte di essi (ad esempio carichi permanenti portati), sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

<sup>(3)</sup> Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.

<sup>(4)</sup> Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.

<sup>(5)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

<sup>(6)</sup> 1,20 per effetti locali

Tabella 6 - Coefficienti parziali per le azioni nelle verifiche SLU (NTC 2008) – Ponti ferroviari

Tab. 5.2.VI - Coefficienti di combinazione  $\Psi$  delle azioni

Azioni		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Azioni singole	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
da traffico	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
	$gr_1$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
Gruppi di	$gr_2$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	-
carico	$gr_3$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	$gr_4$	1,00	1,00 <sup>(1)</sup>	0,0
Azioni del vento	$F_{Wk}$	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione SLU e SLE	0,80	0,0	0,0
		0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	$T_k$	0,60	0,60	0,50

<sup>(1)</sup> 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

<sup>(2)</sup> Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Tabella 7 - Coefficienti di contemporaneità delle azioni nelle verifiche SLU (NTC 2018) – Ponti ferroviari

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	19

## 5.2.4 Strutture geotecniche

Per la progettazione di elementi strutturali che coinvolgano azioni di tipo geotecnico (plinti, platee, pali, muri di sostegno, ...) le verifiche strutturali (SLU STR) e geotecniche (SLU GEO) si eseguono adottando due possibili approcci progettuali, fra loro alternativi.

### Approccio 1

Le verifiche si conducono con due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali per le azioni ( $\gamma_F$ ), la resistenza dei materiali ( $\gamma_M$ ) e eventualmente la resistenza globale del sistema ( $\gamma_R$ ).

In tale approccio nelle rispettive tabelle di combinazione si impiegano i coefficienti della colonna A1 per una *Combinazione 1* e i coefficienti della colonna A2 per una *Combinazione 2*.

In tutti i casi, sia nei confronti del dimensionamento strutturale che per quello geotecnico si deve utilizzare la combinazione più gravosa fra le due precedenti.

### Approccio 2

Le verifiche si conducono con un'unica combinazione dei gruppi di coefficienti parziali per le Azioni ( $\gamma_F$ ), per la resistenza dei materiali ( $\gamma_M$ ) e eventualmente per la resistenza globale ( $\gamma_R$ ).

In tale approccio nelle rispettive tabelle di combinazione si impiegano i coefficienti  $\gamma_F$  riportati nella colonna A1.

Per ogni stato limite per perdita di equilibrio (SLU EQU), come definito al §2.6.1, impiegando come fattori parziali per le azioni i valori  $\gamma_F$  riportati nella colonna EQU della tabella 6.2.1, deve essere rispettata la condizione:

$$E_{inst,d} \leq E_{stb,d}$$

$E_{inst,d}$  valore di progetto dell'azione instabilizzante

$E_{stb,d}$  valore di progetto dell'azione stabilizzante

Per ogni stato limite ultimo che preveda il raggiungimento della resistenza di un elemento strutturale (SLU STR) o del terreno (SLU GEO), come definiti al §2.6.1, impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3), deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

$$E_d = E(\gamma_F * F_k ; X_k / \gamma_M ; a_d)$$

$$E_d = \gamma_E * E(F_k ; X_k / \gamma_M ; a_d)$$

$$R_d = 1 / \gamma_R * R(\gamma_F * F_k ; X_k / \gamma_M ; a_d)$$

$$F_d = \gamma_F * F_k$$

$$X_d = X_k / \gamma_M$$

$$a_d$$

$$\gamma_E$$

$$\gamma_M$$

$$\gamma_R$$

valore di progetto dell'azione

valore di progetto dell'effetto dell'azione

valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico

azioni di progetto

parametri geotecnici di progetto

parametri geometrici di progetto

coefficiente parziale di sicurezza sugli effetti delle azioni

coefficiente parziale di sicurezza del materiale

coefficiente parziale di sicurezza globale sulle resistenze



MANDATARIA  	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>20</b>

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(4)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

<sup>(4)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$ : si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_G$ .

Tabella 8 - Coefficienti parziali per le azioni nelle verifiche SLU (NTC 2008) – Strutture geotecniche

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_\varphi$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_c$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

Tabella 9 - Coefficienti parziali per le resistenze nelle verifiche SLU (NTC 2008) – Strutture geotecniche

### 5.2.5 Stati limite di esercizio

Come riportato al §6.2.4.3 e §5.1.4.2 del [14], la verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio si esprime controllando aspetti di funzionalità e stato tensionale. Si dovrà verificare che sia:

$$C_d \geq E_d \quad (\text{Eq. 2.2.2})$$

$E_d = E(F_d ; X_d ; a_d)$       valore di progetto dell'effetto delle azioni  
 $C_d = C(F_d ; X_d ; a_d)$       valore limite di progetto associato a ciascun aspetto di funzionalità esaminato

All'interno del progetto devono essere quindi definite le prescrizioni relative agli spostamenti compatibili per l'opera e le prestazioni attese.

Il prescritto valore limite dell'effetto delle azioni deve essere stabilito in funzione del comportamento della struttura in elevazione e di tutte le costruzioni che interagiscono con le opere geotecniche in progetto, tenendo conto della durata dei carichi applicati.

### 5.2.6 Stati limite ultimi e di esercizio sismici

Con riferimento al §3.2.1 delle NTC 2008, nei confronti delle azioni sismiche, sia gli Stati limite di esercizio (SLE) che gli Stati limite ultimi (SLU) sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli Stati limite di esercizio (SLE) comprendono:

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	21

- *Stato Limite di Operatività (SLO)*: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti in relazione alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- *Stato Limite di Danno (SLD)*: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli Stati limite ultimi (SLU) comprendono:

- *Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)*: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- *Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)*: a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Con riferimento al §3.2.1 delle NTC 2008, per tutti gli elementi strutturali primari e secondari, gli elementi non strutturali e gli impianti si deve verificare che il valore di ciascuna domanda di progetto, definito dalla tabella 7.3.III per ciascuno degli stati limite richiesti, sia inferiore al corrispondente valore della capacità di progetto. Le verifiche degli *elementi strutturali primari (ST)* si eseguono, come sintetizzato nella tabella 7.3.III, in dipendenza della Classe d'Uso (CU):

- nel caso di comportamento strutturale non dissipativo, in termini di *rigidezza (RIG)* e di *resistenza (RES)*, senza applicare le regole specifiche dei dettagli costruttivi e della progettazione in capacità;
- nel caso di comportamento strutturale dissipativo, in termini di *rigidezza (RIG)*, di *resistenza (RES)* e di *duttilità (DUT)* (quando richiesto), applicando le regole specifiche dei dettagli costruttivi e della progettazione in capacità.

Le verifiche degli elementi strutturali secondari si effettuano solo in termini di duttilità, mentre le verifiche degli *elementi non strutturali (NS)* e degli *impianti (IM)* si effettuano in termini di *funzionamento (FUN)* e *stabilità (STA)*, come sintetizzato nella tabella 7.3.III, in dipendenza della Classe d'Uso (CU).

Per le verifiche dettagliate di ogni parte strutturale si rimanda al capitolo §7 delle NTC 2018.

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.T.F.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>22</b>

Tab. 7.3.III – Stati limite di elementi strutturali primari, elementi non strutturali e impianti

STATI LIMITE		CU I	CU II			CU III e IV		
		ST	ST	NS	IM	ST	NS	IM <sup>(*)</sup>
SLE	SLO					RIG		FUN
	SLD	RIG	RIG			RES		
SLU	SLV	RES	RES	STA	STA	RES	STA	STA
	SLC		DUT <sup>(**)</sup>			DUT <sup>(**)</sup>		

<sup>(\*)</sup> Per le sole CU III e IV, nella categoria Impianti ricadono anche gli arredi fissi.

<sup>(\*\*)</sup> Nei casi esplicitamente indicati dalle presenti norme.

Tabella 10 – Schema delle verifiche da attuare per gli elementi strutturali primari in base alla tipologia, allo stato

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>23</b>

### 5.3 SOFTWARE DI CALCOLO

Sono stati utilizzati i programmi di calcolo elencati nel seguito. La scrivente ha esaminato preliminarmente la documentazione a corredo dei software per valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. Tale documentazione, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati. Il sottoscritto, inoltre, ha verificato l'affidabilità dei codici di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

#### 5.3.1 Analisi strutturale generica

Titolo:



Caratteristiche: Programma di calcolo strutturale agli elementi finiti che esegue il calcolo di strutture spaziali composte da elementi mono e/o bidimensionali anche con non linearità di materiale o con effetti dinamici

Autore: G + D Computing Pty Limited - Sidney NSW 2000 Australia

Distribuzione: HSH srl - Padova Italia

Versione: 2.4.6

#### 5.3.2 Verifiche sezioni strutturali

Titolo:



Caratteristiche: Programma per la verifica di sezioni generiche

Autore: Aztec Informatica – Casole Bruzio, Cosenza

Distribuzione: Aztec Informatica S.r.l.

Versione: 10.05a

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HY</b> pro <small>S.T.F.</small>		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>24</b>

Titolo:

**Sezione generica in C.A. e C.A.P.**  
**VERIFICHE A PRESSO-FLESSIONE**  
**Stato Limite Ultimo**  
**Metodo n**  
**Progetto a flessione e taglio di sezione rettangolare**  
**Progetto pilastri in zona sismica**

Il modulo Progetto Sezione Rettangolare è stato sviluppato nella tesi di laurea dell'Ing. Davide Pari (2001)

Il modulo Sismica è stato parzialmente sviluppato nella tesi di laurea degli Ingg. Alberto Antonini e Giovanni Tanghetti (2006)

**by Prof. Piero Gelfi**  
**VERSIONE 7.8 (novembre 2021)**

Aggiornamento sviluppato da Ing. Paolo Bertacchini con il supporto dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Brescia.  
 Supervisione Prof. Giovanni Metelli.

**free distribution**  
**vietata la vendita**

Caratteristiche: Programma per la verifica di sezioni generiche  
 Autore: Prof. Piero Gelfi  
 Distribuzione: Distribuzione libera  
 Versione: 7.8

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>25</b>

## 5.4 VALIDAZIONE PROGRAMMI DI CALCOLO

### 5.4.1 Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Ai sensi del §10.2 delle NTC 2008 si dichiara quanto segue.

#### 5.4.2 Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di più codici di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni. Per quanto riguarda i criteri di modellazione e le caratteristiche dei programmi utilizzati si rimanda ai relativi paragrafi.

#### 5.4.3 Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo dei software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dai produttori dei software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. L'affidabilità e la robustezza dei codici di calcolo sono garantite attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

#### 5.4.4 Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

#### 5.4.5 Informazioni generali sull'elaborazione

I software prevedono una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

#### 5.4.6 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	26

## 6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

### 6.1 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Dalle indagini sismiche (M21, M22) è possibile determinare la categoria di sottosuolo di riferimento per la definizione dell'azione sismica; per l'opera in esame si assume una categoria di sottosuolo C.

### 6.2 CAPACITÀ PORTANTE DEI PALI E STRATIGRAFIA DI PROGETTO

Vedi relazioni di calcolo di verifica pali.

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>27</b>

## 7. ANALISI DEI CARICHI

### 7.1 AZIONI PERMANENTI STRUTTURALI (G<sub>1</sub>)

Nome	$\gamma_G$ (Fav / Sfav)	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
PP (cat. G <sub>1</sub> )	1.00 / 1.30	-	-	-
PP (ponti stradali)	1.00 / 1.35	-	-	-

Per gli elementi in c.a. si considera un peso specifico  $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$ , per gli elementi in acciaio  $\gamma_s = 78.5 \text{ kN/m}^3$ .

Per le valutazioni sul calcolo degli scarichi agli appoggi delle singole campate fare riferimento alle rispettive relazioni di calcolo impalcato associate, per i valori delle azioni vedi tabella di riepilogo.

Le azioni permanenti strutturali comprendono il peso proprio della carpenteria metallica e il peso proprio della soletta.

Per il peso proprio della carpenteria metallica è stata considerata una incidenza di  $400 \text{ kg/m}^3$ , che si traduce come un peso di  $270 \text{ kN}$ .

Per il peso proprio della soletta, si considera una distribuzione tra le travi secondo la loro posizione trasversale e lunghezza dell'impalcato  $40 \text{ m}$ . Per valutare gli scarichi agli appoggi delle singole campate, si fa riferimento al modello locale usato per l'analisi trasversale della soletta, vedi relazione di calcolo dell'impalcato in acciaio di luce  $L=40 \text{ m}$ , di cui in seguito si riporta un riepilogo degli scarichi e le reazioni totali sui singoli appoggi.

Nome	R <sub>1</sub> [kN]	R <sub>2</sub> [kN]	R <sub>3</sub> [kN]	R <sub>4</sub> [kN]
PP carpenteria metallica	270	270	270	270
Nome	R <sub>1</sub> [kN/m]	R <sub>2</sub> [kN/m]	R <sub>3</sub> [kN/m]	R <sub>4</sub> [kN/m]
PP soletta	52	20	20	52

Reazioni totali appoggio	R <sub>1</sub> [kN]	R <sub>2</sub> [kN]	R <sub>3</sub> [kN]	R <sub>4</sub> [kN]
PP (cat. G <sub>1</sub> )	1310	670	670	1310

### 7.2 AZIONI PERMANENTI NON STRUTTURALI (G<sub>2</sub>)

Nome	$\gamma_G$ (Fav / Sfav)	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
PP (ponti ferroviari)	1.00 / 1.50	-	-	-

Per le valutazioni sul calcolo degli scarichi agli appoggi delle singole campate si fa riferimento all'analisi dei carichi impalcato, che sono ricavate del modello locale usato per l'analisi della soletta, riportate sulla relazione di calcolo dell'impalcato in acciaio di luce  $L=40 \text{ m}$ .



MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.	MANDANTI <b>HY</b> pro S.T.F.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 03 04</b>			PROGR <b>001</b>

Si considera una distribuzione tra le travi secondo la loro posizione trasversale e lunghezza dell'impalcato 40 m. Per valutare gli scarichi agli appoggi delle singole campate, si fa riferimento al modello locale usato per l'analisi trasversale della soletta, vedi relazione di calcolo dell'impalcato in acciaio di luce L=40 m, di cui in seguito si riporta un riepilogo degli scarichi e le reazioni totali sui singoli appoggi.

### 7.2.1 Ballast (G<sub>2,1</sub>)

Nome	R <sub>1</sub> [kN/m]	R <sub>2</sub> [kN/m]	R <sub>3</sub> [kN/m]	R <sub>4</sub> [kN/m]
Ballast	26	40	40	26

Azione totali	R <sub>1</sub> [kN]	R <sub>2</sub> [kN]	R <sub>3</sub> [kN]	R <sub>4</sub> [kN]
PP (cat. G <sub>2,1</sub> )	320	980	980	320

Inoltre, sopra il profilo di monte della spalla si applicano le pressioni verticali derivanti dal peso del cassonetto di ballast, di larghezza circa 9.00 m, spessore 0.80 m e peso specifico 20 kN/m<sup>3</sup>.

Si valuta come carico permanente associato una pressione uniforme mediata sulla larghezza della spalla di 13.50 m, come di seguito esposto:

$$G_2 = (0.80 \cdot 20 \cdot 8.2) / (13.50) = 9.72 \text{ kPa}$$

Si ha pertanto una spinta a riposo distribuita sull'altezza libera fuori terra della spalla e di larghezza pari alle elevazioni spalle.

### 7.2.2 Velette (G<sub>2,2</sub>)

Nome	R <sub>1</sub> [kN/m]	R <sub>2</sub> [kN/m]	R <sub>3</sub> [kN/m]	R <sub>4</sub> [kN/m]
Velette	14	-7	-7	14

Azione totali	R <sub>1</sub> [kN]	R <sub>2</sub> [kN]	R <sub>3</sub> [kN]	R <sub>4</sub> [kN]
PP (cat. G <sub>2,2</sub> )	280	-140	-140	280

### 7.2.3 Arredi (G<sub>2,3</sub>)

Nome	R <sub>1</sub> [kN/m]	R <sub>2</sub> [kN/m]	R <sub>3</sub> [kN/m]	R <sub>4</sub> [kN/m]
Arredi	26	-5	-5	26
Grigliati	1	2	2	1

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	29

Azione totali	R <sub>1</sub> [kN]	R <sub>2</sub> [kN]	R <sub>3</sub> [kN]	R <sub>4</sub> [kN]
PP (cat. G <sub>2,3</sub> )	540	-60	-60	540

#### 7.2.4 Barriere antirumore (G<sub>2,4</sub>)

Nome	R <sub>1</sub> [kN/m]	R <sub>2</sub> [kN/m]	R <sub>3</sub> [kN/m]	R <sub>4</sub> [kN/m]
Barriere	35	-15	-15	35

Azione totali	R <sub>1</sub> [kN]	R <sub>2</sub> [kN]	R <sub>3</sub> [kN]	R <sub>4</sub> [kN]
PP (cat. G <sub>2,4</sub> )	700	-300	-300	700

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	30

### 7.3 RITIRO DEL CALCESTRUZZO (E<sub>2</sub>)

Nome	Tipo	$\gamma_{e2}$ (Fav / Sfav)	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
RITIRO (ponti ferroviari)	Ritiro, viscosità, cedimenti imposti	EQU 0.00 / 1.20 (A1) 0.00 / 1.20 (A2) 0.00 / 1.00	-	-	-

Dato che il ritiro dipende dal tempo di maturazione del calcestruzzo, dalla resistenza e dalle condizioni ambientali, gli effetti possono evidenziarsi sia in fase di costruzione sulla sezione mista composta da due materiali di diverso modulo elastico (ritiro primario) sia a lungo termine sulla statica globale dell'impalcato (ritiro secondario).

Nel primo caso l'accorciamento primario della soletta determina l'insorgenza di tensioni di scorrimento all'interfaccia soletta-trave e uno stato di pressoflessione della sezione mista.

Nel secondo caso l'accorciamento secondario della soletta determina l'insorgenza di reazioni iperstatiche sulla statica globale dell'impalcato.

Nel caso in cui l'impalcato presenti uno schema isostatico, il ritiro secondario viene interamente assorbito dalle sezioni resistenti longitudinali con l'insorgenza di sole deformazioni cinematiche e nessuna tensione aggiuntiva, pertanto tale azione non viene trattata direttamente per il calcolo delle sottostrutture in oggetto.

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	31


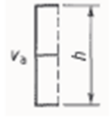

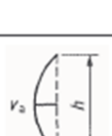
## 7.4 SPINTA DEL TERRENO (G<sub>3</sub>)

I valori delle spinte vengono computate automaticamente dai software secondo le metodologie seguenti, per ulteriori approfondimenti si rimanda direttamente al manuale d'uso.

Nome	Tipo	$\gamma_{G1}$ (Fav / Sfav)	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
TERRENO, FALDA	Permanente	EQU 0.90 / 1.10 (A1) 1.00 / 1.30 (A2) 1.00 / 1.00	-	-	-

Le condizioni di spinta sono assunte in base agli spostamenti delle pareti, ovvero del grado di mobilitazione necessario per innescare il regime di spinta, vedi a riguardo le indicazioni contenute nell'EC7.

Table C.1 — Ratios  $v_s/h$

Kind of wall movement	$v_s/h$ loose soil %	$v_s/h$ dense soil %
a) 	0,4 to 0,5	0,1 to 0,2
b) 	0,2	0,05 to 0,1
c) 	0,8 to 1,0	0,2 to 0,5
d) 	0,4 to 0,5	0,1 to 0,2

where:  
 $v_s$  is the wall motion to mobilise active earth pressure  
 $h$  is the height of the wall

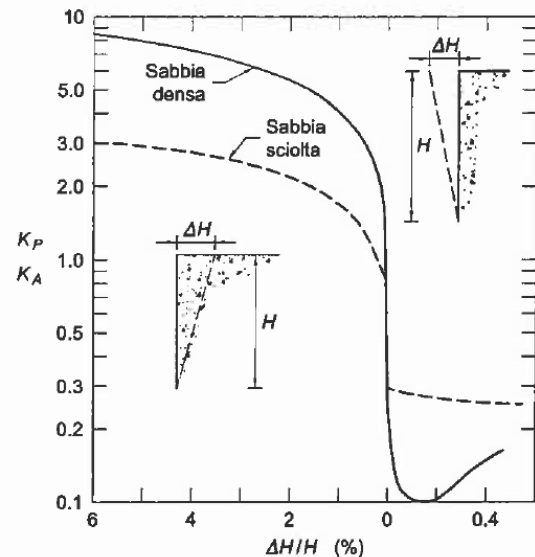


Figura 5 - Spostamenti relativi muro-terreno necessari per il raggiungimento di un regime di spinta attiva secondo EC7 Annex C e Lancellotta (1999)

### 7.4.1 Spinta a riposo

La spinta statica totale sulla parete  $S_{0h}$  si calcola secondo le seguenti relazioni:

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 03 04</b>			PROGR <b>001</b>

$$S_{0h} = \int_0^H \sigma_h(z) dz$$

spinta a riposo statica totale sul muro

$$\sigma_h(z) = \sigma_v(z) \cdot k_0$$

pressione orizzontale di spinta del terreno

Per piano campagna orizzontale si fa riferimento alla seguente correlazione (Jaky, 1944 e Schmidt, 1966):

$$k_0 = 1 - \sin(\varphi') \cdot OCR^\alpha$$

$$OCR = 1$$

grado di sovraconsolidazione

$$\alpha = 0.5$$

Per pendio inclinato ( $\beta$ ) si può considerare che la spinta a riposo sia parallela al p.c. e che il coefficiente  $k_0$  valga:

$$k_0 = (1 - \sin(\varphi') \cdot OCR^\alpha) \cdot (1 + \sin \beta)$$

$$\beta = 0$$

angolo inclinazione tra profilo e piano orizzontale

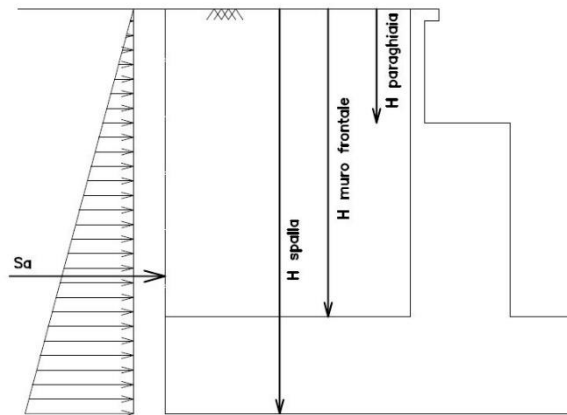


Figura 6: Schema per il calcolo degli effetti della spinta statica del terreno

## 7.4.2 Spinta attiva

Il coefficiente di spinta attiva ( $K_a$ ) viene valutato ricorrendo alla correlazione generale di Mueller-Breslau basata sulla teoria di Coulomb e riferita a superfici di rottura piane. In questo caso l'approssimazione (rispetto a quanto si sarebbe ottenuto considerando superfici di rottura di geometria complessa) risulta molto contenuta e a favore di sicurezza.

La spinta attiva statica totale sulla parete  $S_{ah}$  si calcola secondo le seguenti relazioni:

$$S_{ah} = \int_0^H \sigma_h(z) dz$$

spinta attiva statica totale sul muro

$$K_a = \frac{\text{ser}^2(\psi + \varphi)}{\text{ser}^2\psi \cdot \text{ser}(\psi - \delta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{ser}(\varphi + \delta) \cdot \text{ser}(\varphi - \beta)}{\text{ser}(\psi - \delta) \cdot \text{ser}(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

coefficiente di spinta attiva

$$\sigma_h(z) = \sigma_v(z) \cdot K_a - 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}$$

pressione orizzontale di spinta del terreno

$$\sigma_v(z)$$

pressione verticale del terreno

$$H$$

altezza della parete di spinta

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>33</b>

$\varphi$	angolo attrito del terreno
$\delta = 0$	attrito tra terreno e parete
$\psi = 90^\circ$	angolo tra parete di spinta e piano orizzontale
$\beta$	angolo inclinazione tra profilo e piano orizzontale
$c$	coesione del terreno

Nel caso in cui a monte della parete sia presente la falda il diagramma delle pressioni sulla parete risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni, viceversa al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume di galleggiamento:

$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$	peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori)
$\gamma_{sat}$	peso di volume dell'acqua
$\gamma_w$	
$S_{ah} = \int_0^H \sigma'_h(z) dz + E_{ws} + E_{wd}$	spinta attiva statica totale efficace sul muro
$\sigma'_h(z) = \sigma'_v(z) \cdot K_a - 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}$	pressione orizzontale di spinta efficace del terreno
$\sigma'_v(z)$	pressione verticale efficace del terreno
$E_{ws}$	spinta idrostatica
$E_{wd}$	spinta idrodinamica

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>34</b>

## 7.5 AZIONI VARIABILI VERTICALI (Q)

### 7.5.1 Azioni da traffico ferroviario (Q<sub>1</sub>)

Nome	Tipo	Y <sub>Q</sub> (Fav / Sfav)		ψ <sub>0</sub>	ψ <sub>1</sub>	ψ <sub>2</sub>
AZIONI VERTICALI	Variabili	EQU 0.00 / 1.45	Singole	0.80	0.50	0.00
	da traffico	(A1) 0.00 / 1.45	gr.1	0.80	0.80	0.00
	ferroviario	(A2) 0.00 / 1.25	gr.2	-	-	-
			gr.3	0.80	0.80	0.00
			gr.4	1.00	1.00	0.00

Si considerano i sovraccarichi ferroviari in accordo al §5.2.2.3 delle NTC2008, per mezzo di diversi modelli di carico rappresentativi delle tipologie di traffico ferroviario, normale o pesante. I valori dei suddetti carichi saranno poi moltiplicati per un coefficiente di adattamento  $\alpha$ , variabile in ragione della tipologia dell'infrastruttura (ferrovie ordinarie, ferrovie leggere, metropolitane, ecc.).

Per i requisiti S.T.I. imposti sulla tratta ferroviaria in progetto, per le categorie di traffico passeggeri P2/P4 il coefficiente  $\alpha = 1.0$  e per le categorie merci F1 il coefficiente  $\alpha = 1.0$ .

Nei dimensionamenti per le opere in oggetto, rimanendo a favore di sicurezza, si considerano i coefficienti imposti dalle NTC2008, superiori o uguali a quelli S.T.I., come descritto nei paragrafi successivi per i singoli modelli di carico.

Tabella 11

Fattore alfa ( $\alpha$ ) per la progettazione di strutture nuove

Tipo di traffico	Valore minimo del fattore alfa ( $\alpha$ )
<b>P1, P2, P3, P4</b>	1,0
P5	0,91
P6	0,83
P1520	Punto in sospeso
P1600	1,1
<b>F1, F2, F3</b>	1,0
F4	0,91
F1520	Punto in sospeso
F1600	1,1

Figura 7 – Specifiche Tecniche di Interoperabilità (S.T.I.) - Requisiti carichi da traffico ferroviario

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 03 04</b>			PROGR <b>001</b>

### 7.5.1.1 Modello di carico LM71

Il treno LM71 è schematizzato da n°4 assi da 250 kN su una lunghezza di 6.40 m e da un carico distribuito di 80 kN/m in entrambe le direzioni per una lunghezza illimitata.

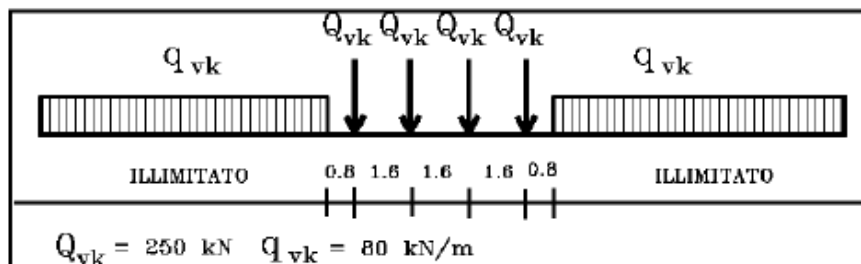


Fig. 5.2.1 - Modello di carico LM71

Figura 8 – Schema treno di carico LM71

Per questo modello è prevista una eccentricità del carico rispetto all'asse del binario, dipendente dallo scartamento  $s$  per tenere conto dello spostamento dei carichi. Per  $s=1435$  mm risulta pari a  $s/18=80$  mm. Per la progettazione di ferrovie ordinarie il valore del coefficiente di adattamento è  $\alpha=1.1$ .

### 7.5.1.2 Modello di carico SW

Per tale modello di carico, sono considerate due distinte configurazioni, il modello di carico SW/0 schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario normale per travi continue (utilizzato solo per travi continue qualora più sfavorevole dell'LM71), il modello di carico SW/2 schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario pesante.

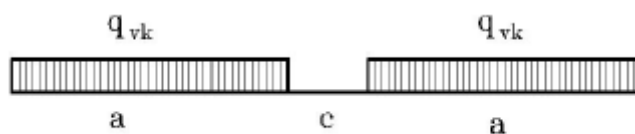


Fig. 5.2.2 -Modelli di carico SW

Tab. 5.2.I - Caratteristiche Modelli di Carico SW

Tipo di Carico	$q_{vk}$ [kN/m]	$a$ [m]	$c$ [m]
SW/0	133	15,0	5,3
SW/2	150	25,0	7,0

Figura 9 – Schema treno di carico SW

Il valore del coefficiente di adattamento da adottarsi nella progettazione delle ferrovie ordinarie è pari, rispettivamente, a  $\alpha=1.1$  per il modello di carico SW/0 ed a  $\alpha=1.0$  per il modello di carico SW/2.



MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	36

### 7.5.1.3 Effetti dinamici

Le azioni statiche dei modelli di carico devono essere incrementate per tenere conto della natura dinamica del transito dei convogli, gli effetti di amplificazione dinamica dovranno valutarsi:

- per le usuali tipologie di ponti e per velocità di percorrenza non superiore a 200 km/h, quando la frequenza propria della struttura ricade all'interno del fuso indicato nella figura seguente è sufficiente utilizzare i coefficienti dinamici  $\Phi$  definiti in §5.2.2.2.3 D.M. 14/01/2008. Come riportato in § 2.5.1.4.2.5.2 del MdP, si adotta il coefficiente dinamico  $\Phi_3=1.00$  poiché si sta studiando il comportamento di una spalla;
- per le usuali tipologie di ponti, ove la velocità di percorrenza sia superiore a 200 km/h e quando la frequenza propria della struttura non ricade all'interno del fuso indicato nella figura seguente, e comunque per le tipologie non convenzionali (ponti strallati, ponti sospesi, ponti di grande luce, ponti metallici difforni dalle tipologie in uso in ambito ferroviario, ecc.) dovrà effettuarsi una analisi dinamica adottando convogli "reali" e parametri di controllo specifici dell'infrastruttura e del tipo di traffico ivi previsto, per ulteriori dettagli fare riferimento alle valutazioni contenute nella relazione di calcolo degli impalcati presenti sulla sottostruttura in oggetto.

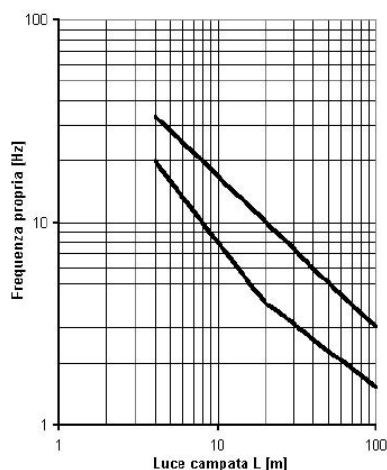
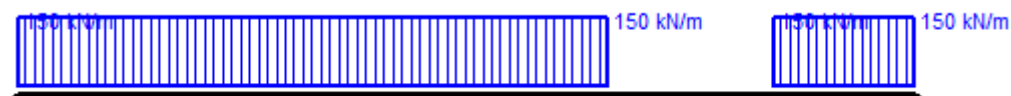


Fig. 5.2.7 - Limiti delle frequenze proprie  $n_o$  in Hz in funzione della luce della campata

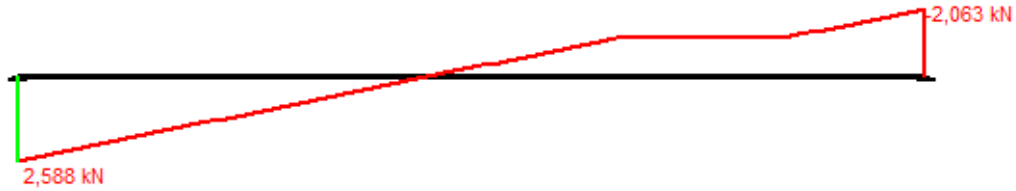
Figura 10 – Limiti frequenze proprie per il calcolo del coefficiente dinamico  $\Phi$

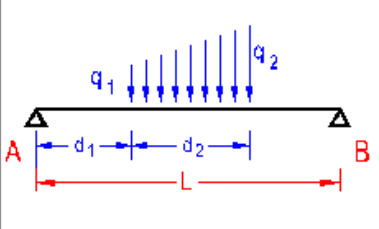
### 7.5.1.4 Calcolo per campata $L=40$ m

Gli effetti sui singoli impalcati indotti dalle azioni da traffico, nelle varie combinazioni di carico accidentale ferroviario associate, vengono valutati nella condizione di massimo taglio all'appoggio mediante dei carichi equivalenti taglianti, come di seguiti riportato.



MANDATARIA 	MANDANTI 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 03 04</b>			PROGR <b>001</b>





**Vincoli**

App. - App.

Inc. - Inc.

Inc. - App.

Mensola

Fondazione

**N° Carichi dist. TRAPEZI**  **Zoom**

N°	q1	q2	d1	d2
1	150	150	0	25
2	150	150	32	6

**N° Carichi CONCENTRATI**  **Zoom**

**N° Coppie CONCENTRATE**  **Zoom**

Luce  m    J  cm<sup>4</sup>    **Sezione**

E  MPa     Distanze parziali

**Risultati**

Reazioni vincolari				
MA	kNm	<input type="text" value="0"/>	MB	<input type="text" value="0"/>
RA	kN	<input type="text" value="2,588"/>	RB	<input type="text" value="2,062"/>
ΦA	[rad]	<input type="text" value="0.003091"/>	ΦB	<input type="text" value="0.002845"/>
max M+		<input type="text" value="22,316"/>	x max M+	<input type="text" value="17.1"/>
max M-		<input type="text" value="0"/>	x max M-	<input type="text" value="0"/>
f max	m	<input type="text" value="0.03544"/>	x f max	<input type="text" value="18.62"/>

**Diagrammi**

**Risultati all'ascissa x**

x	M(x)	V(x)	f(x)
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="2,588"/>	<input type="text" value="0"/>

N° sezioni di calcolo

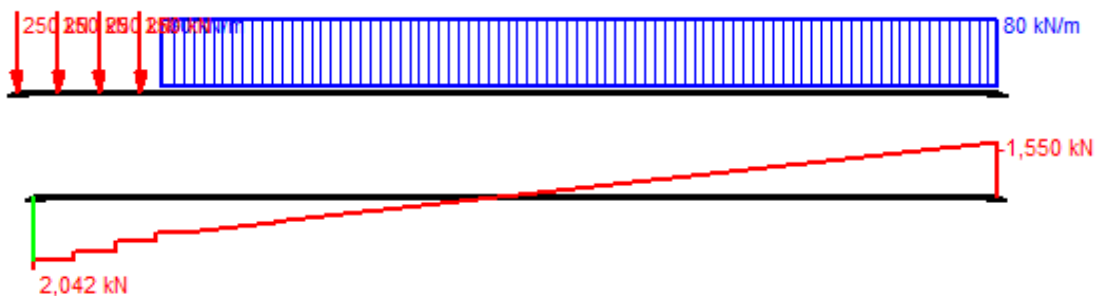
Figura 11 – Condizione di massimo taglio all'appoggio – Modello di carico SW/2

$$V_{\max} = 2588 \text{ kN}$$

$$q'_v = V_{\max} / (L/2) = 2588 / (38.00/2) = 136.2 \text{ kN}$$

$$Q_1 = \Phi_3 \cdot \alpha \cdot q'_v \cdot L/2 = 1.00 \cdot 1.00 \cdot 136.2 \cdot 38.00/2 = 2587.8 \text{ kN}$$

(Q1\_SW/2 B1)  
Carico equivalente tagliante  
Azione verticale applicata con e=+2.00 m



MANDATARIA  MANDANTI 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>38</b>

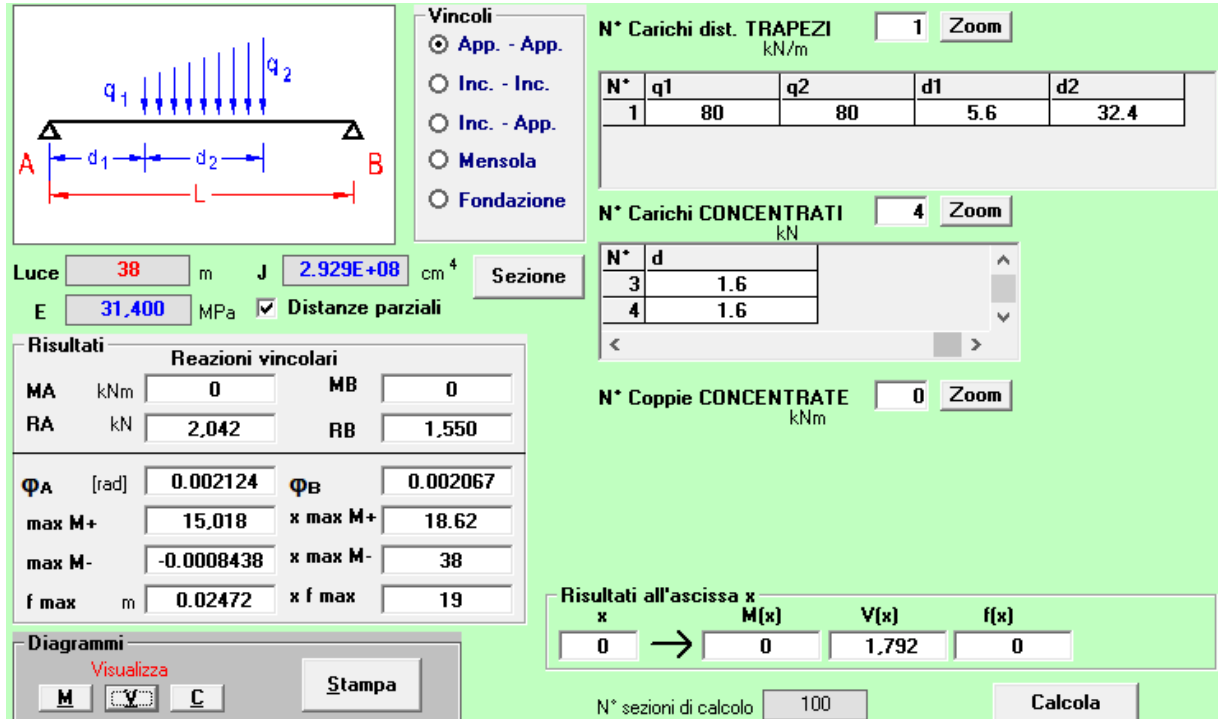


Figura 12 – Condizione di massimo taglio all'appoggio – Modello di carico LM71

$$V_{\max} = 2042 \text{ kN}$$

$$q'_v = V_{\max} / (L/2) = 2042 / (38.00/2) = 107.5 \text{ kN}$$

$$Q_1 = \Phi_3 \cdot \alpha \cdot q'_v \cdot L/2 = 1.092 \cdot 1.10 \cdot 107.5 \cdot 38.00/2 = 2246.8 \text{ kN}$$

(Q1\_LM71 B1)  
Carico equivalente tagliante  
Azione verticale applicata con e=+2.08 m

$$V_{\max} = 2042 \text{ kN}$$

$$q'_v = V_{\max} / (L/2) = 2042 / (38.00/2) = 107.5 \text{ kN}$$

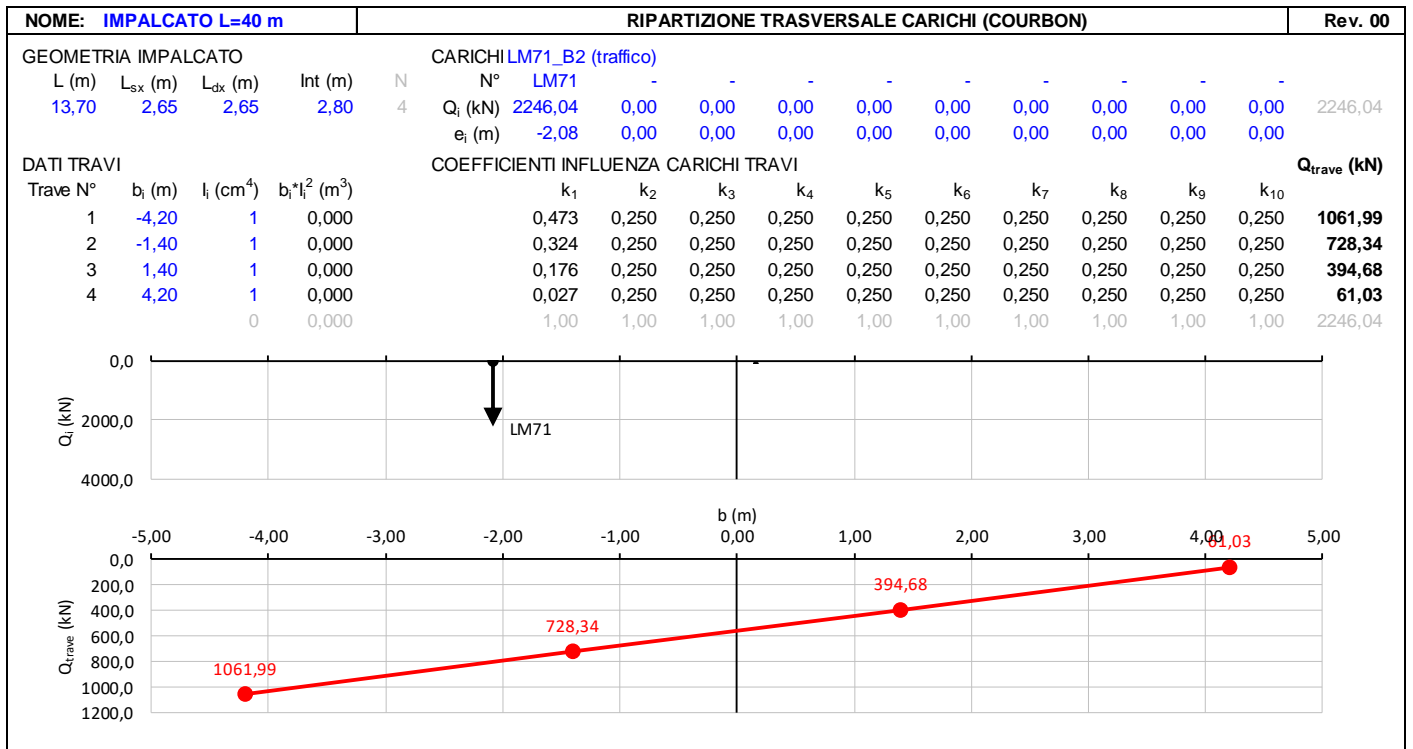
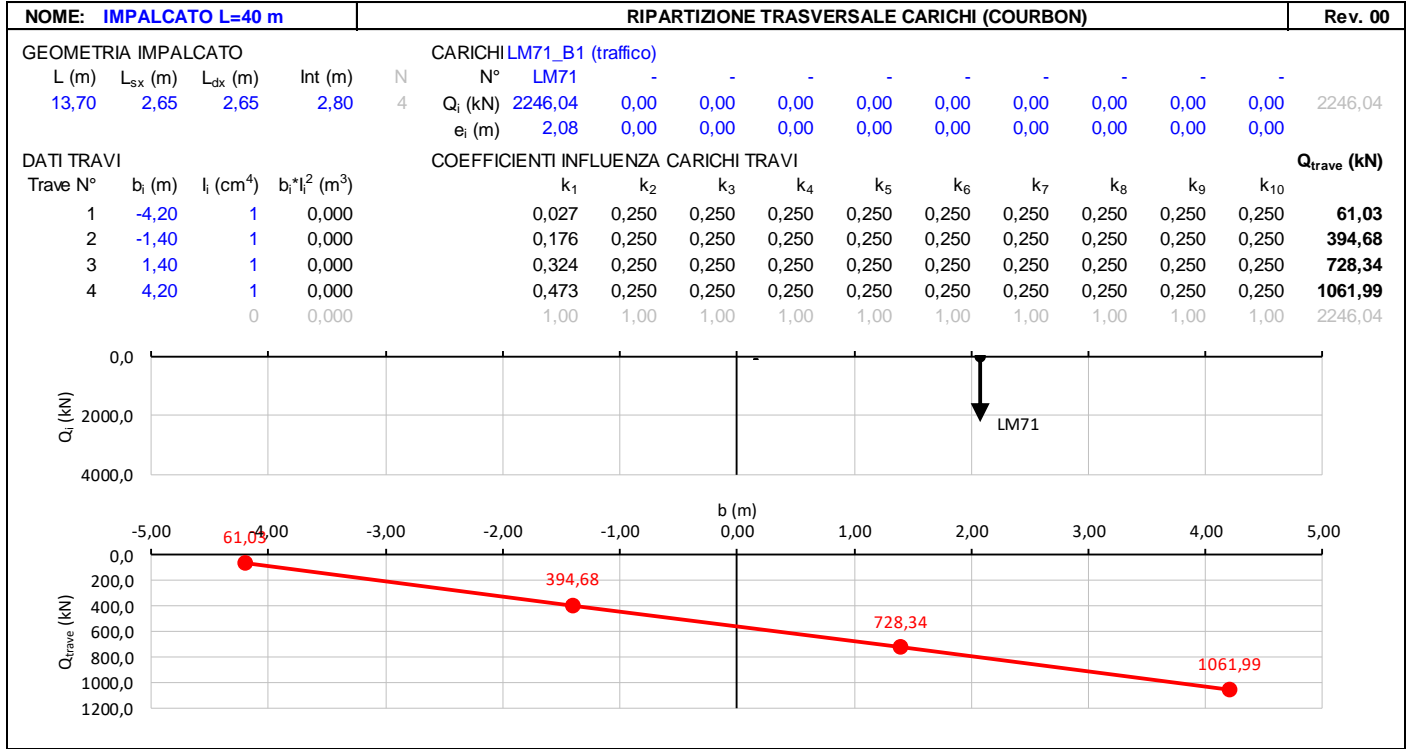
$$Q_1 = \Phi_3 \cdot \alpha \cdot q'_v \cdot L/2 = 1.092 \cdot 1.10 \cdot 107.5 \cdot 38.00/2 = 2246.8 \text{ kN}$$

(Q1\_LM71 B2)  
Carico equivalente tagliante  
Azione verticale applicata con e=-2.08 m

Le precedenti azioni vengono rigidamente distribuite alla Courbon calcolando in prossimità degli appoggi trave le reazioni verticali di equilibrio.

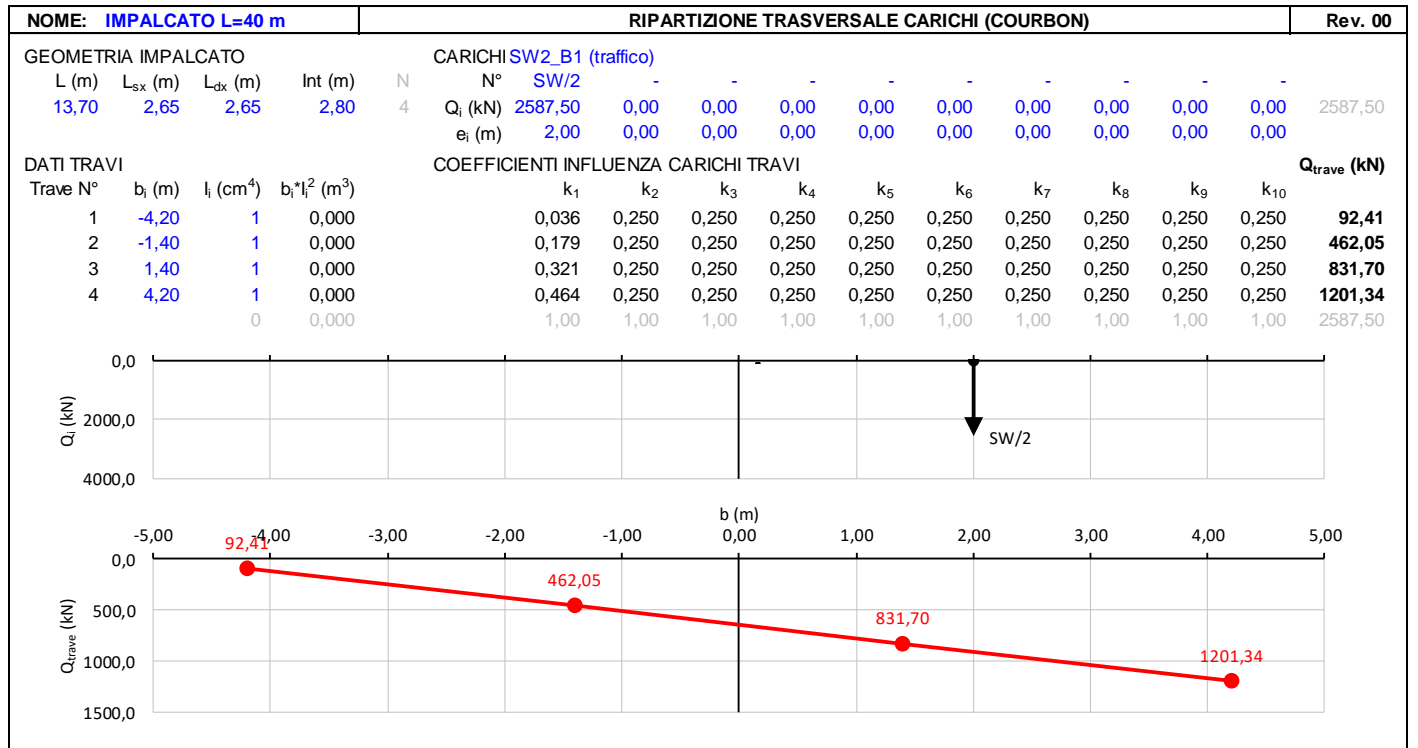
**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>39</b>



**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>40</b>



### 7.5.1.5 Decentramento dei carichi in tracciato curvilineo

Ai fini del calcolo delle sottostrutture, per un tracciato di lunghezza L=40 m, raggio massimo ipotetico di R=2200 m, si ha un decentramento del carico pari a circa  $e=R-\sqrt{(R^2-L^2/4)}=0,091$  m; pertanto, si ritiene tale effetto trascurabile in relazione alle dimensioni geometriche della sezione di appoggio.

### 7.5.1.6 Carichi sui marciapiedi

In accordo al punto 5.2.2.3.2, il carico non deve considerarsi contemporaneo al transito dei convogli ferroviari e viene quindi utilizzato solo per le verifiche locali della soletta di impalcato.

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	41

### 7.5.1.7 Numero di treni contemporanei

Nella progettazione andrà considerata l'eventuale contemporaneità di più treni, in genere sia per traffico normale (LM71) sia per traffico pesante (SW/2). Le azioni da traffico considerano una configurazione in campata, davanti alla spalla, in cui si massimizza il taglio all'appoggio.

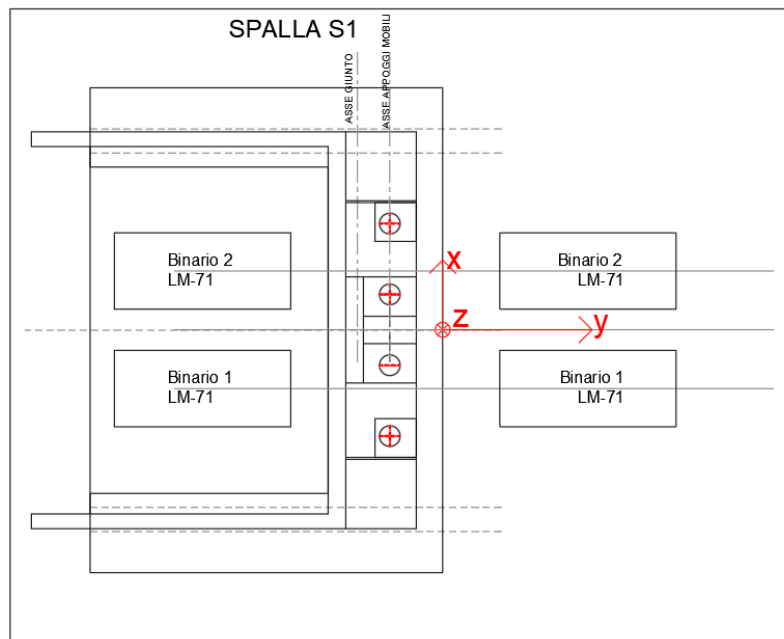
Dietro la spalla si è considerato un sovraccarico da traffico generato dalla presenza del treno di carico LM71 su entrambi i binari dietro la spalla, che si considera in contemporaneo alla presenza dei treni di carico in campata.

Le condizioni da traffico in campata valutate per le spalle sono descritte in seguito:

- Traffico-1: Due treni di carico in contemporaneo: LM71 sul binario 1 "+" LM71 sul binario 2.
- Traffico-2: Due treni di carico in contemporaneo: SW2 sul binario 1 "+" LM71 sul binario 2
- Traffico-3: Un treno di carico: SW2 sul binario 1.

Nella figura successiva vengono riportati gli schemi considerati:

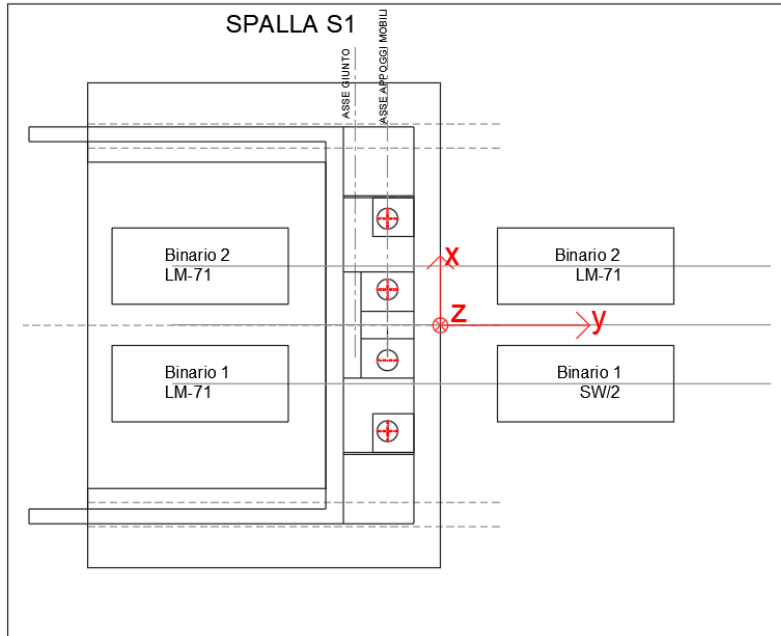
TRAFFICO-1



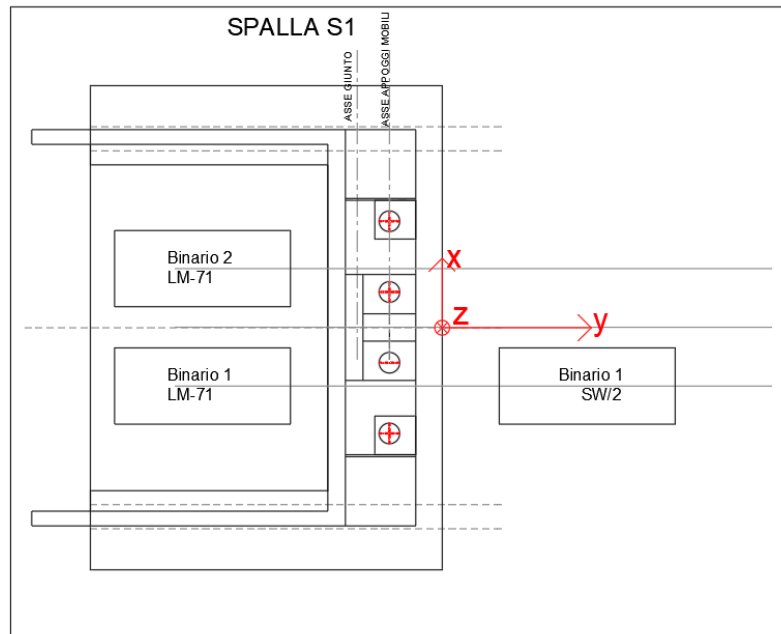
**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	42

**TRAFFICO-2**



**TRAFFICO-3**



*Figura 13 – Schemi di contemporaneità dei treni sui binari*

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>43</b>

Tab. 5.2.III - Carichi mobili in funzione del numero di binari presenti sul ponte

Numero di binari	Binari Carichi	Traffico normale		Traffico pesante <sup>(2)</sup>
		caso a <sup>(1)</sup>	caso b <sup>(1)</sup>	
1	Primo	1,0 (LM 71''+''SW/0)	-	1,0 SW/2
2	Primo	1,0 (LM 71''+''SW/0)	-	1,0 SW/2
	secondo	1,0 (LM 71''+''SW/0)	-	1,0 (LM 71''+''SW/0)
≥3	Primo	1,0 (LM 71''+''SW/0)	0,75 (LM 71''+''SW/0)	1,0 SW/2
	secondo	1,0 (LM 71''+''SW/0)	0,75 (LM 71''+''SW/0)	1,0 (LM 71''+''SW/0)
	Altri	-	0,75 (LM 71''+''SW/0)	-

<sup>(1)</sup> LM71 ''+'' SW/0 significa considerare il più sfavorevole fra i treni LM 71, SW/0

<sup>(2)</sup> Salvo i casi in cui sia esplicitamente escluso

Figura 14 – Carichi mobili da considerare nel caso di strutture a più binari



MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>44</b>

## 7.6 AZIONI ECCEZIONALI (A)

### 7.6.1 Deragliamento al di sopra del ponte

In accordo col §2.5.1.5 del Manuale di progettazione delle opere civili, parte II – sezione 2 – ponti e strutture, che riprende il contenuto del §5.2.2.9.2 delle NTC08, oltre a considerare i modelli di carico verticale da traffico ferroviario, ai fini della verifica della struttura si dovrà tenere conto della possibilità alternativa che un locomotore o un carro pesante deragli, esaminando separatamente le due seguenti situazioni di progetto.

#### 7.6.1.1 Impalcato in acciaio di luce $L=40\text{ m}$

##### 7.6.1.1.1 Caso 1

Si considerano due carichi verticali lineari  $q_{A1d} = 60\text{ kN/m}$  (comprensivo dell'effetto dinamico) ciascuno. Tali carichi saranno posizionati longitudinalmente su una lunghezza di  $6,40\text{ m}$ . Trasversalmente i carichi distano fra loro di  $S$  (scartamento del binario) e possono assumere tutte le posizioni comprese entro i limiti indicati in Fig. 5.2.12. Per questa condizione sono tollerati danni locali, purché possano essere facilmente riparati, mentre sono da evitare danneggiamenti delle strutture portanti principali.

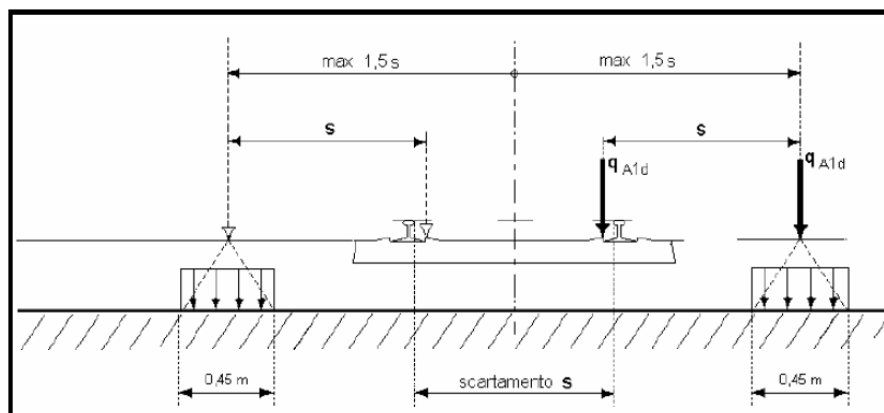


Figura 5.2.12 - Caso 1

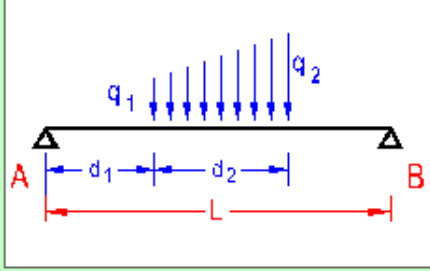
Figura 15 – Azione eccezionale da traffico ferroviario – Deragliamento al di sopra del ponte – Caso 1

Gli effetti sui singoli impalcati indotti dalle azioni da traffico vengono valutati nella condizione di massimo taglio all'appoggio mediante dei carichi equivalenti taglianti, come di seguito riportato.



MANDATARIA 	MANDANTI 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 03 04</b>			PROGR <b>001</b>





**Vincoli**

 App. - App.  
 Inc. - Inc.  
 Inc. - App.  
 Mensola  
 Fondazione

**N° Carichi dist. TRAPEZI**

N°	q1	q2	d1	d2
1	60	60	0	6,4

**N° Carichi CONCENTRATI**

**N° Coppie CONCENTRATE**

Luce  m    J  cm<sup>4</sup>    Sezione

E  MPa     Distanze parziali

**Risultati**

Reazioni vincolari				
MA	kNm	<input type="text" value="0"/>	MB	<input type="text" value="0"/>
RA	kN	<input type="text" value="351,7"/>	RB	<input type="text" value="32,34"/>

Φ <sub>A</sub>	[rad]	<input type="text" value="0,0001419"/>	Φ <sub>B</sub>	<input type="text" value="8,342E-05"/>
max M+		<input type="text" value="1,030"/>	x max M+	<input type="text" value="5,7"/>
max M-		<input type="text" value="-6,25E-05"/>	x max M-	<input type="text" value="38"/>
f max	m	<input type="text" value="0,001211"/>	x f max	<input type="text" value="16,34"/>

**Diagrammi**

Visualizza

**Risultati all'ascissa x**

x	M(x)	V(x)	f(x)
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="351,7"/>	<input type="text" value="0"/>

N° sezioni di calcolo

Figura 16 – Deragliamento al di sopra del ponte – Caso 1

$$V_{\max} = 351,7 \text{ kN}$$

$$q'_v = V_{\max} / (L/2) = 351,7 / (38,00/2) = 18,5 \text{ kN/m}$$

$$Q_1 = q'_v \cdot L/2 = 18,5 \cdot 38,00/2 = 351,50 \text{ kN}$$

$$Q_1 = q'_v \cdot L/2 = 18,5 \cdot 38,00/2 = 351,50 \text{ kN}$$

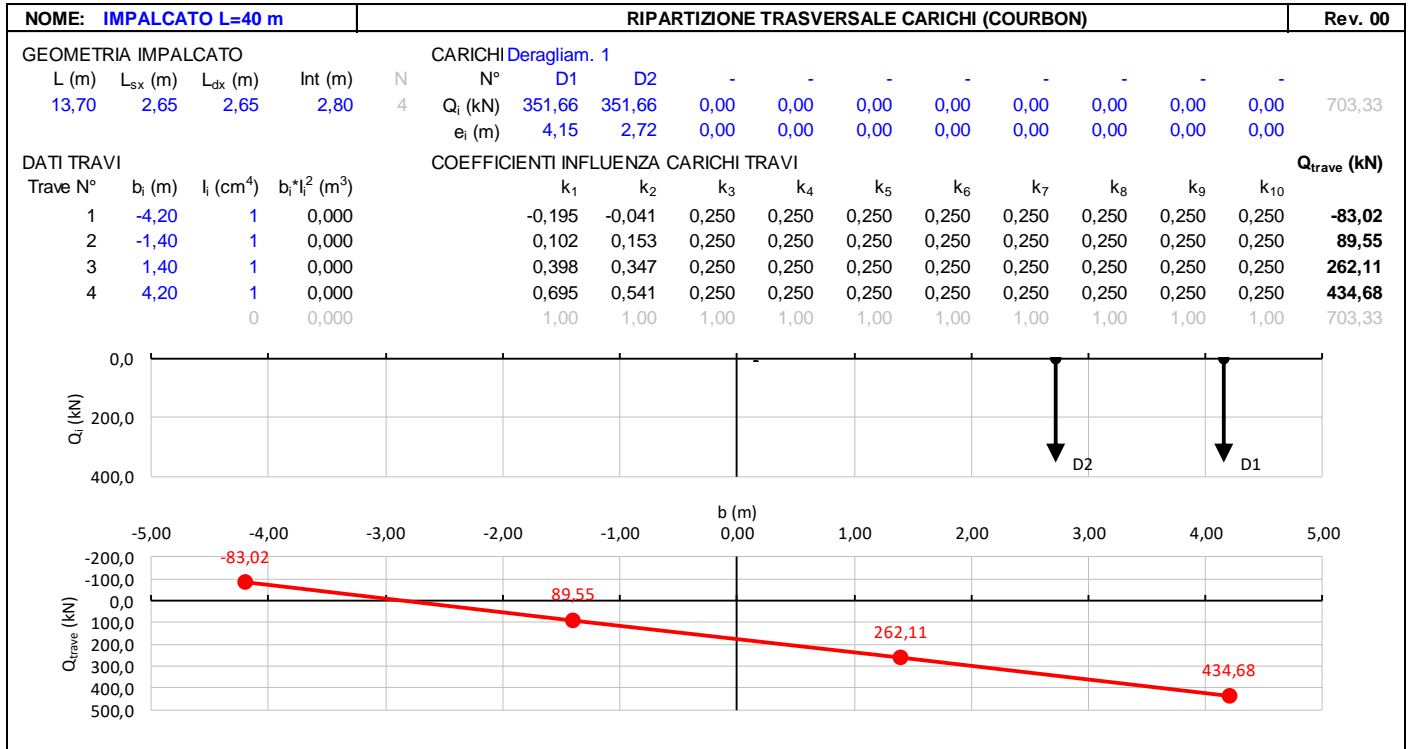
Carico equivalente tagliante

Azione verticale applicata  $e = +2,00 + 1,435 \cdot 1,5 = 4,15 \text{ m}$

Azione verticale applicata  $e = +2,00 + 1,435 \cdot 0,5 = 2,72 \text{ m}$

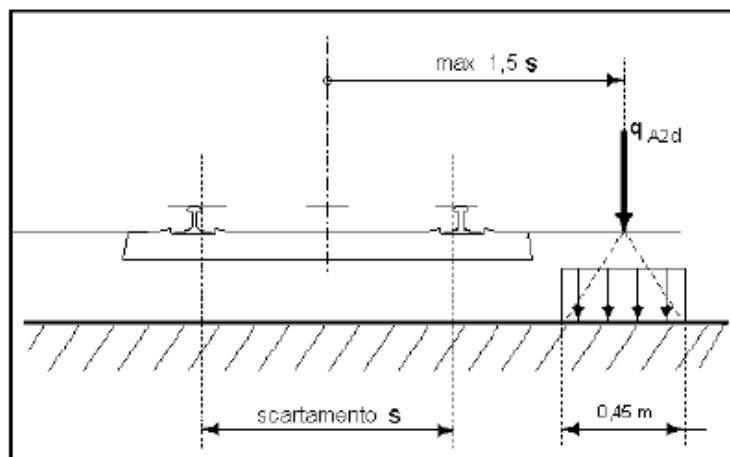
**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>46</b>



**7.6.1.1.2 Caso 2**

Si considera un unico carico lineare  $q_{A2d} = 80 \text{ kN/m} \times 1.4$  esteso per 20,00 m e disposto con una eccentricità massima, lato esterno, di 1,50 s rispetto all'asse del binario (Fig. 5.2.13). Per questa condizione convenzionale di carico andrà verificata la stabilità globale dell'opera, come il ribaltamento d'impalcato, il collasso della soletta, ecc. Per impalcato metallici con armamento diretto, il caso 2 dovrà essere considerato solo per le verifiche globali.

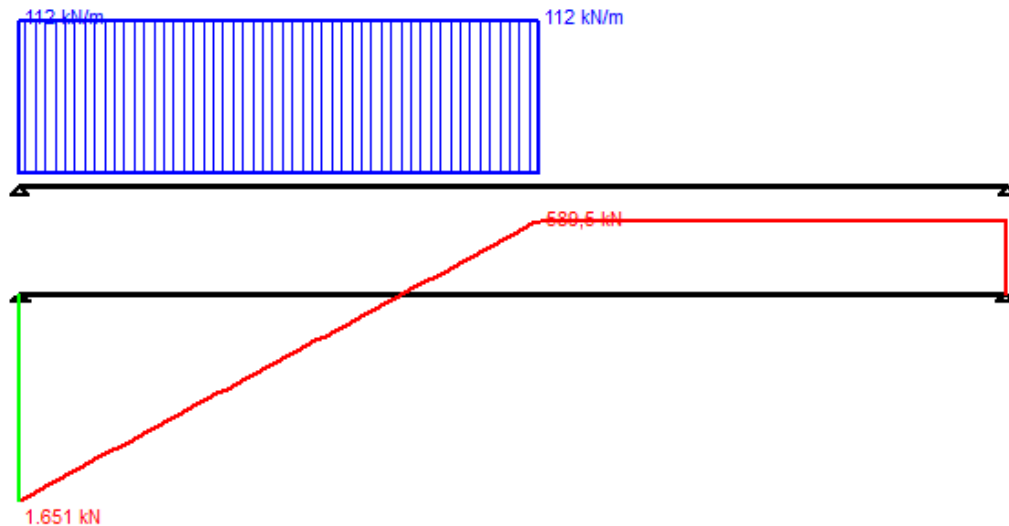


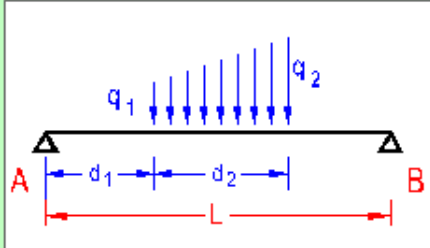
**Figura 5.2.13 - Caso 2**

**Figura 17 – Azione eccezionale da traffico ferroviario – Deragliamento al di sopra del ponte – Caso 2**

MANDATARIA 	MANDANTI 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
		<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 03 04</b>			PROGR <b>001</b>	REV <b>B</b>

Gli effetti sui singoli impalcati indotti dalle azioni da traffico vengono valutati nella condizione di massimo taglio all'appoggio mediante dei carichi equivalenti taglianti, come di seguiti riportato.





**Vincoli**

- App. - App.
- Inc. - Inc.
- Inc. - App.
- Mensola
- Fondazione

**N° Carichi dist. TRAPEZI**

N°	q1	q2	d1	d2
1	112	112	0	20

**N° Carichi CONCENTRATI**

**N° Coppie CONCENTRATE**

Luce  m    J  cm<sup>4</sup>    Sezione

E  MPa     Distanze parziali

**Risultati**

Reazioni vincolari				
MA	kNm	<input type="text" value="0"/>	MB	<input type="text" value="0"/>
RA	kN	<input type="text" value="1.651"/>	RB	<input type="text" value="589,5"/>

ΦA	[rad]	<input type="text" value="0,001675"/>	ΦB	<input type="text" value="0,001329"/>
max M+		<input type="text" value="12,161"/>	x max M+	<input type="text" value="14,82"/>
max M-		<input type="text" value="-0,000125"/>	x max M-	<input type="text" value="38"/>
f max	m	<input type="text" value="0,01804"/>	x f max	<input type="text" value="17,48"/>

**Diagrammi**

**Risultati all'ascissa x**

x	M(x)	V(x)	f(x)
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="1.651"/>	<input type="text" value="0"/>

N° sezioni di calcolo

Figura 18 – Deragliamento al di sopra del ponte – Caso 2

$$V_{\max} = 1651 \text{ kN}$$

$$q'_v = V_{\max} / (L/2) = 1651 / (38.00/2) = 86.9 \text{ kN/m}$$

$$Q_1 = q'_v \cdot L/2 = 86.9 \cdot 38.00/2 = 1651.1 \text{ kN}$$

Carico equivalente tagliante

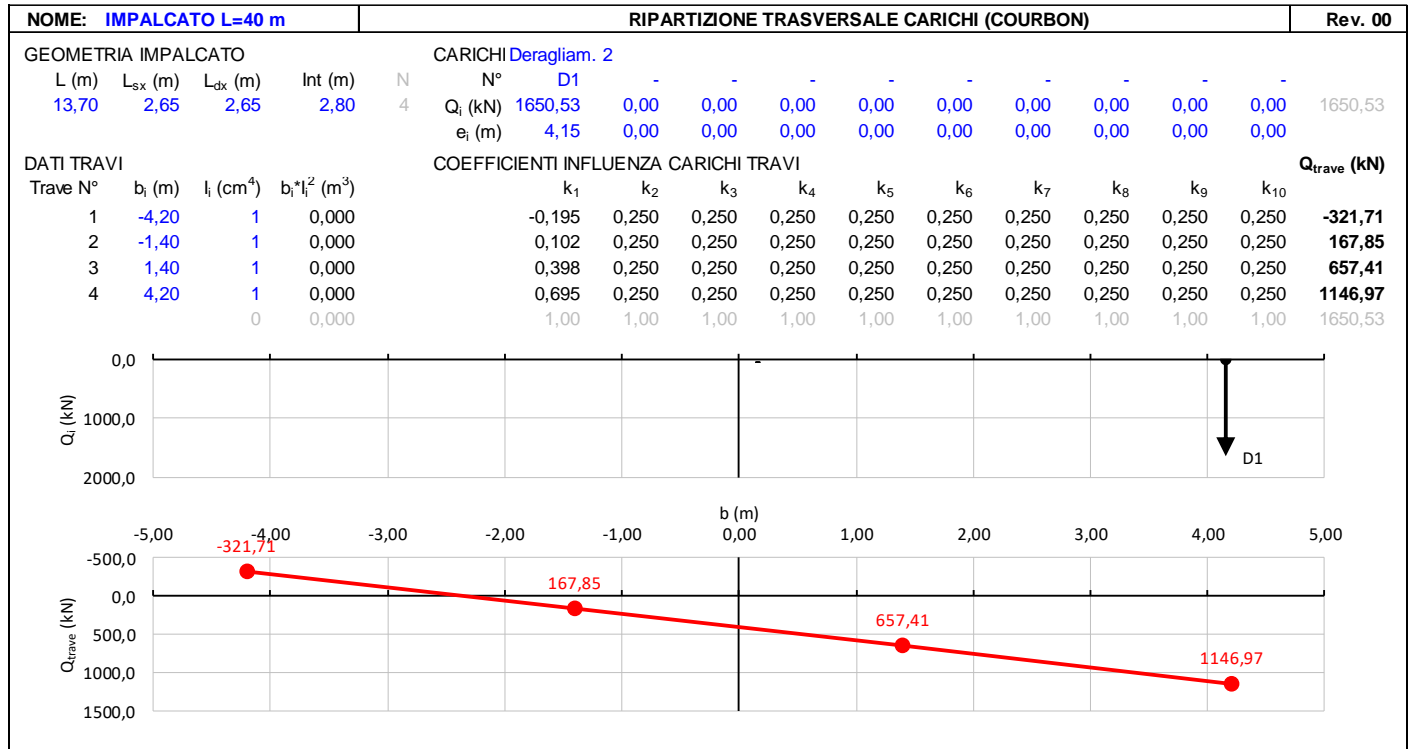
Azione verticale applicata  $e = +2.00 + 1.435 \cdot 1.5 = 4.15 \text{ m}$

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	48



**7.6.1.1.3 Effetti sulla sottostruttura**

Dato che le condizioni di carico previste sono da considerarsi solo per le verifiche eccezionali SLU con coefficiente unitario, mediante analisi preliminari si è accertato che tali combinazioni di azioni sollecitano la sottostruttura all'interno del campo di esercizio delle combinazioni SLU; pertanto, per brevità di trattazione non sono state direttamente esplicitate nei calcoli di dimensionamento dei capitoli successivi.

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	49

## 7.7 AZIONI VARIABILI ORIZZONTALI (Q)

### 7.7.1 Azioni da traffico ferroviario (Q<sub>1</sub>)

Sopra il profilo di monte della spalla si applicano le pressioni verticali derivanti dal transito ferroviario esterno. Come da normativa, si ipotizza come larghezza totale transitabile il tratto di profilo dove i carichi possono interagire con l'opera di sostegno, ovvero al di sopra della fondazione e all'interno del cuneo di spinta del terreno sulla parete.

Considerando caricati entrambi i binari, si valuta come carico accidentale associato una pressione uniforme media, come di seguito esposto:

$$q = \frac{1}{L_T \cdot L_L} \cdot \sum_1^n Q_i$$

pressione uniforme media sull'area caricata  $L_T \cdot L_L$

$$L_L = 6.40 \text{ m}$$

lunghezza longitudinale interessata dai carichi

(lunghezza fondazione di monte spalla, comprensiva del cuneo di spinta del terreno)

$$L_T = 13.50 \text{ m}$$

larghezza trasversale transitabile (larghezza spalla)

Spalla S1

$$q = 1/(6.40 \cdot 13.50) \cdot (4 \cdot 250) \cdot 2 = 23.15 \text{ kPa}$$

Si ha pertanto una spinta a riposo distribuita sull'altezza libera fuori terra della spalla e di larghezza pari alle elevazioni spalle.

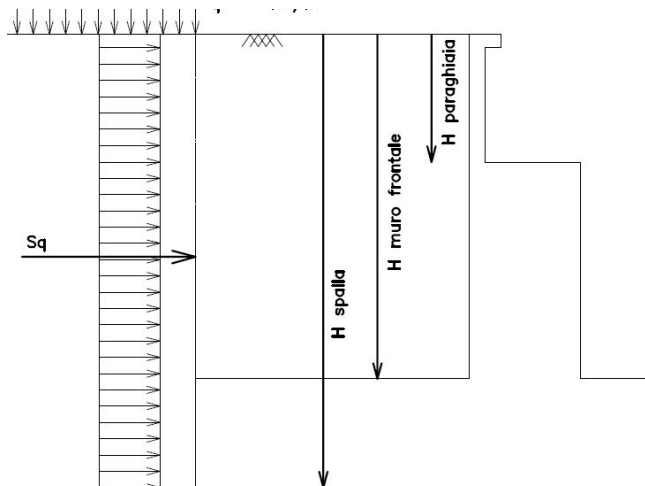


Figura 19: Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	50

### 7.7.1.1 Azione da traffico ferroviario sul muro paraghiaia

Al fine della valutazione degli effetti locali dei carichi verticali ferroviari sul muro paraghiaia è necessario operare una distribuzione degli stessi in direzione trasversale, eseguendo una diffusione del carico, a partire dalla larghezza della traversina ed  $\frac{1}{4}$  attraverso la massiciata, per una lunghezza pari a:

$$b = (0.80 - 0.26) / 4 * 2 + 2.40 = 2.67 \text{ m}$$

laddove si sono considerate le seguenti caratteristiche geometriche:

	[m]
Altezza ballast	0.80
Altezza traversina	0.26
Larghezza traversina	2.40

Si considerano i carichi relativi al modello SW/2 visto che rappresentano una condizione più gravosa rispetto al modello di carico LM71, i cui vengono distribuiti secondo lo schema di Fig. 5.2.4 al §5.2.2.3.1.4 delle NTC2008.

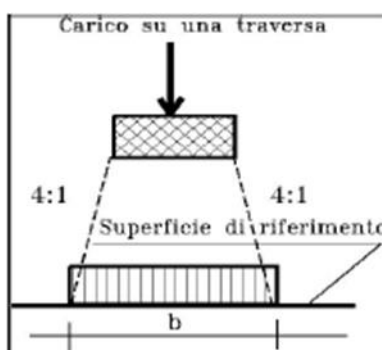


Fig. 5.2.4 - Distribuzione longitudinale dei carichi attraverso il ballast

In accordo con quanto riportato al par. 7.5.1 della presente relazione, si moltiplicano i valori dei carichi per il coefficiente di adattamento, ottenendo quindi:

TRENO SW/2

$$Q1 = 150 \text{ kN/m} * 1.0 = 150.00 \text{ kN/m}$$

Valore amplificato del carico longitudinale  $q_{vk}$

L'eccentricità non è da considerarsi per il caso di treno di carico SW/2, per il quale quindi si effettua la ripartizione semplicemente dividendo il valore  $q_1$  per la lunghezza  $b = 2.67 \text{ m}$ , risultando dunque in una distribuzione di tensioni sul muro paraghiaia pari a:

$$\sigma = 150.00 \text{ kN/m} / 2.67 \text{ m} = 56.18 \text{ kN/m}$$

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	51

## 7.7.2 Forza centrifuga (Q<sub>4</sub>)

Nome	Tipo	Y <sub>Q</sub>	ψ <sub>0</sub>	ψ <sub>1</sub>	ψ <sub>2</sub>
		(Fav / Sfav)			
CENTRIFUGA	Variabili da traffico ferroviario	0.00 / 1.45	0.80	0.50	0.00

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

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

Le forze centrifughe sono valutate in accordo al par. 2.5.1.4.3.1 del "Manuale di progettazione delle opere civili parte II - sezione 2- ponti e strutture: "RFI DTC SI PS MA IFS 001 E".

Il valore caratteristico della forza centrifuga si determinerà in accordo con la seguente espressione:

$$q_{tk} = \frac{V^2}{127 \cdot r} (f \cdot q_{vk})$$

q<sub>tk</sub> valore caratteristico della forza centrifuga, espresso in kN/m

q<sub>vk</sub> valore caratteristico dei carichi verticali ferroviari, espresso in kN/m

V velocità di progetto, espressa in km/h

f fattore di riduzione

R raggio di curvatura, espresso in m

Nel caso in esame essendo V=200 km/h vanno considerati i seguenti casi di calcolo:

Valore di α	Massima velocità della linea [Km/h]	Azione centrifuga basata su:				traffico verticale associato
		V	α	f		
SW/2	≥ 100	100	1	1	1 x 1 x SW/2	Φ x 1 x SW/2
	< 100	V	1	1	1 x 1 x SW/2	
LM71 e SW/0	> 120	V	1	f	1 x f x (LM71''+''SW/0)	Φ x 1 x 1 x (LM71''+''SW/0)
		120	α	1	α x 1 x (LM71''+''SW/0)	Φ x α x 1 x (LM71''+''SW/0)
	≤ 120	V	α	1	α x 1 x (LM71''+''SW/0)	

Tab. 2.5.1.4.3.1-1 - Parametri per determinazione della forza centrifuga

In particolare, per il treno LM71 andrà considerata la condizione più sfavorevole tra le due indicate in tabella. Nel caso in esame il viadotto si sviluppa in rettilineo, pertanto la forza centrifuga è nulla.



MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	52

### 7.7.3 Azione laterale serpeggio ( $Q_5$ )

Nome	Tipo	$\gamma_Q$ (Fav / Sfav)	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
SERPEGGIO	Variabili da traffico ferroviario	0.0 / 1.45	0.80	0.50	0.00

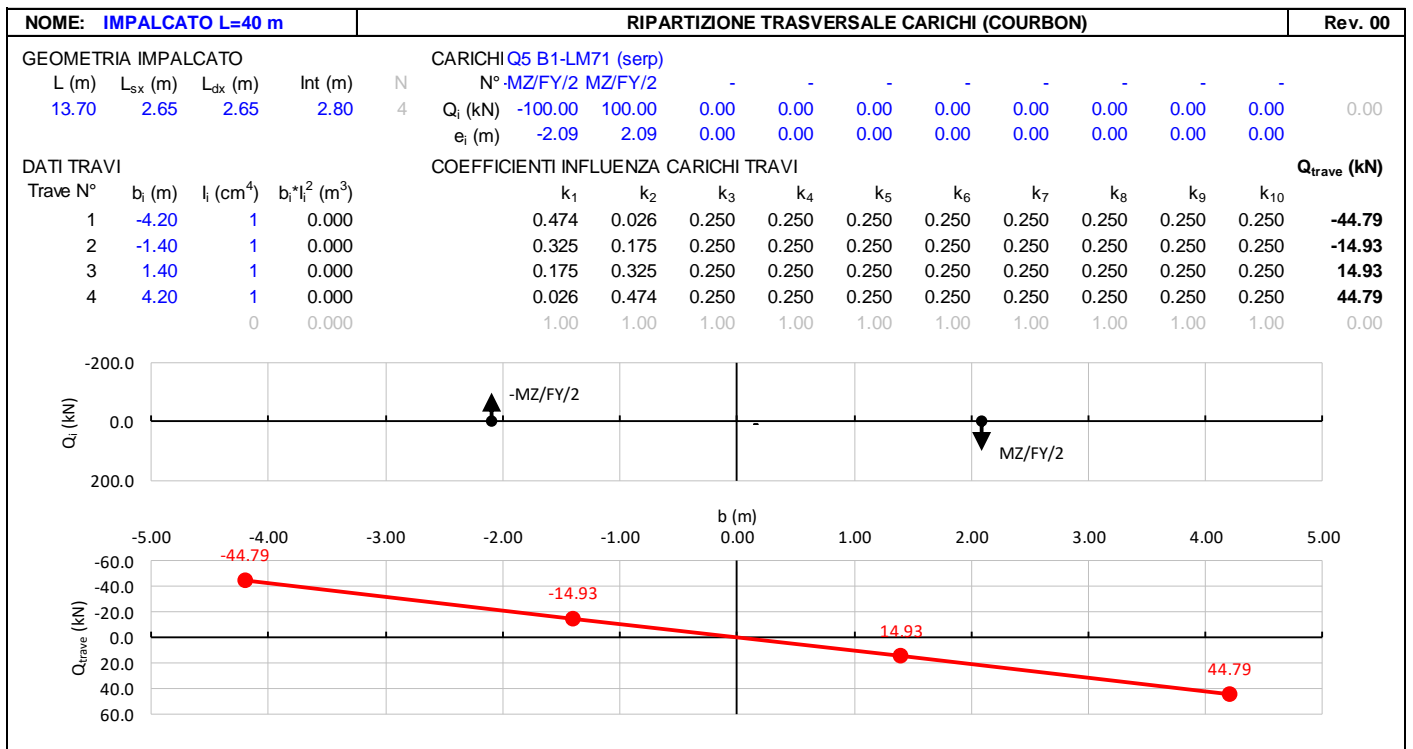
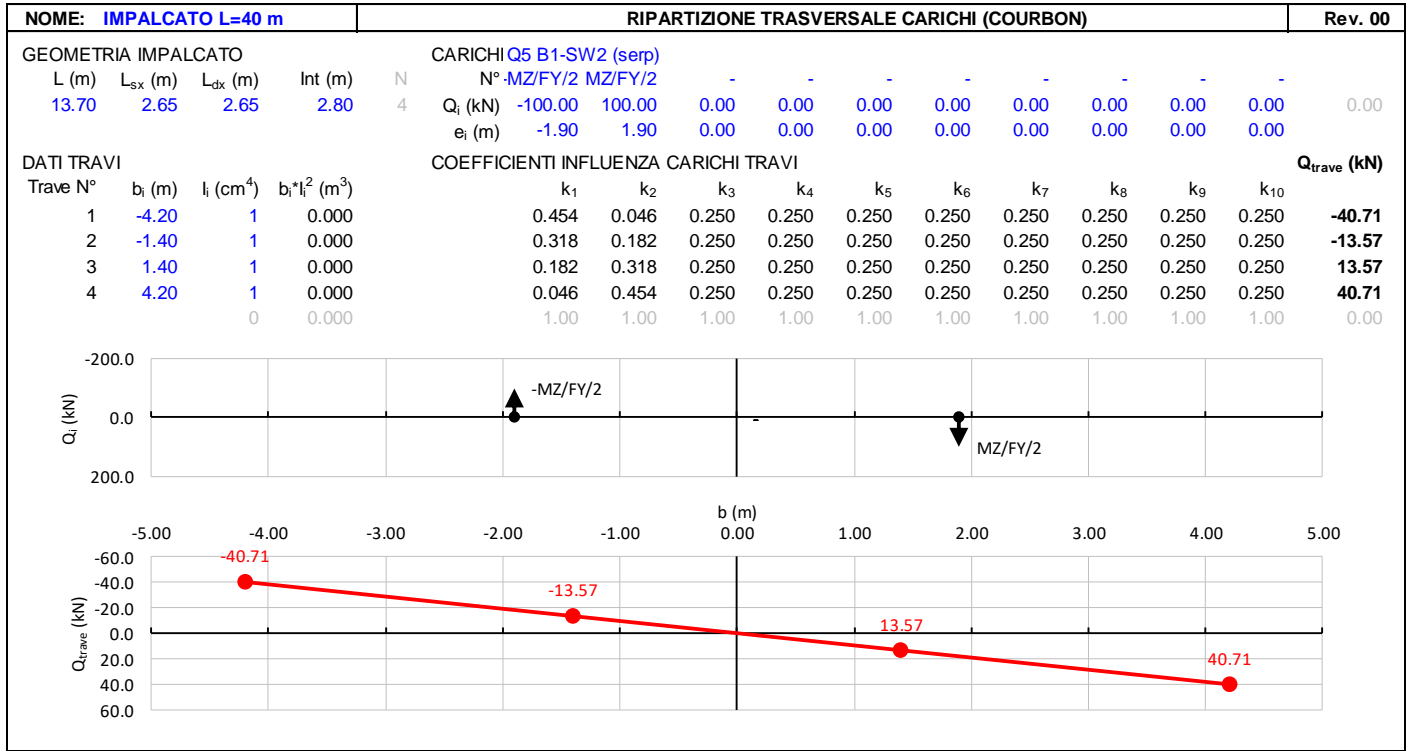
L'azione laterale associata al serpeggio è definita al par. 1.4.3.2 delle Istruzioni per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari, che riprende il par. 5.2.2.4.2 delle NTC 2008, ed equivale ad una forza concentrata agente orizzontalmente, applicata alla sommità della rotaia più alta, perpendicolarmente all'asse del binario, del valore di 100 kN. Tale valore deve essere moltiplicato per il coefficiente di adattamento  $\alpha$ .

Gli effetti sui singoli impalcati indotti dall'azione di serpeggio, nelle varie combinazioni di carico accidentale ferroviario associate, vengono valutati secondo una lunghezza di influenza di mezza campata, distribuendo rigidamente alla Courbon le azioni torcenti (modellate come azioni verticali di 100 kN eccentriche) in prossimità degli appoggi trave, i quali determinano delle reazioni verticali che equilibrano le azioni sollecitanti torcenti generate dai carichi orizzontali.

NOME: IMPALCATO L=40 m		CALCOLO FORZA SERPEGGIO			Rev. 00
$Q_{serp}$ (kN)	100.0	Azione caratteristica di serpeggio	Distanza PF/appoggi (m)	3.80	
TRENO LM71 e SW/0		TRENO SW/2			
$\alpha$ (-)	1.10	$\alpha$ (-)	1.00		
$Q_{sk}$ (kN)	110.0	$Q_{sk}$ (kN)	100.0	Forza serpeggio caratt. trasversale	
$M_{tk}$ (kNm)	418.00	$M_{tk}$ (kNm)	380.00	Momento torcente forza serpeggio caratt.	

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	53



**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	54

NOME: <b>IMPALCATO L=40 m</b>				RIPARTIZIONE TRASVERSALE CARICHI (COURBON)										Rev. 00		
GEOMETRIA IMPALCATO				CARICHI Q5 B2-LM71 (serp)												
L (m)	L <sub>SX</sub> (m)	L <sub>DX</sub> (m)	Int (m)	N	N°	-MZ/FY/2	MZ/FY/2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13.70	2.65	2.65	2.80	4	Q <sub>i</sub> (kN)	-100.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
				e <sub>i</sub> (m)	-2.09	2.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DATI TRAVI				COEFFICIENTI INFLUENZA CARICHI TRAVI												
Trave N°	b <sub>i</sub> (m)	I <sub>i</sub> (cm <sup>4</sup> )	b <sub>i</sub> *I <sub>i</sub> <sup>2</sup> (m <sup>3</sup> )	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>3</sub>	k <sub>4</sub>	k <sub>5</sub>	k <sub>6</sub>	k <sub>7</sub>	k <sub>8</sub>	k <sub>9</sub>	k <sub>10</sub>	Q <sub>trave</sub> (kN)		
1	-4.20	1	0.000	0.474	0.026	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	-44.79		
2	-1.40	1	0.000	0.325	0.175	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	-14.93		
3	1.40	1	0.000	0.175	0.325	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	14.93		
4	4.20	1	0.000	0.026	0.474	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	44.79		
				0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00		

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>55</b>

#### 7.7.4 Azioni di avviamento e frenatura (Q<sub>3</sub>)

L'azione orizzontale associata all'avviamento e alla frenatura dei treni è definita al par. 1.4.3.2 delle Istruzioni per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari, che riprende il par. 5.2.2.4.2 delle NTC 2008, ed equivale ad una forza concentrata agente orizzontalmente, applicata alla sommità della rotaia più alta, parallelamente all'asse del binario.

Nome	Tipo	$\gamma_Q$ (Fav / Sfav)	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
TRAFFICO LM71	Carichi da traffico	0.00 / 1.45	0.80	0.50	0.00
TRAFFICO SW/2	ferroviario	0.00 / 1.45	0.80	0.50	0.00

I valori caratteristici da considerare, da moltiplicare per i coefficienti di adattamento  $\alpha$ , sono:

##### Avviamento

$Q_{3a,k} = 33 \text{ [kN/m]} * L \text{ [m]} \leq 1000 \text{ KN}$       modelli di carico LM71, SW/0, SW/2

##### Frenatura

$Q_{3f,k} = 35 \text{ [kN/m]} * L \text{ [m]}$       modelli di carico SW/2

$Q_{3f,k} = 20 \text{ [kN/m]} * L \text{ [m]} \leq 6000 \text{ KN}$       modelli di carico LM71, SW/0

Nel caso di ponti a doppio binario si devono considerare due treni in transito in versi opposti, uno in fase di avviamento, l'altro in fase di frenatura; pertanto, per ogni binario (B1 o B2) si può avere:

NOME: IMPALCATO L=40 m		CALCOLO FORZA AVVIAMENTO / FRENATURA			Rev. 00
L calcolo (m)	38.00	Lunghezza tra appoggi	Distanza PF/appoggi (m)		3.80
L (m)	40.00	Lunghezza di binario carico			
TRENO LM71 e SW/0		TRENO SW/2			
$\alpha$ (-)	1.10	$\alpha$ (-)	1.00		
$Q_{3f}$ (kN)	880.0	$Q_{3f}$ (kN)	1400.0		
$V_{3f}$ (kNm)	88.0	$V_{3f}$ (kNm)	140.0		
$Q_{3a}$ (kN)	1100.0	$Q_{3a}$ (kN)	1000.0		
$V_{3a}$ (kNm)	110.0	$V_{3a}$ (kNm)	100.0		
				Forza frenatura caratt. longitudinale	
				Forza frenatura caratt. verticale	
				Forza avviamento caratt. longitudinale	
				Forza avviamento caratt. verticale	

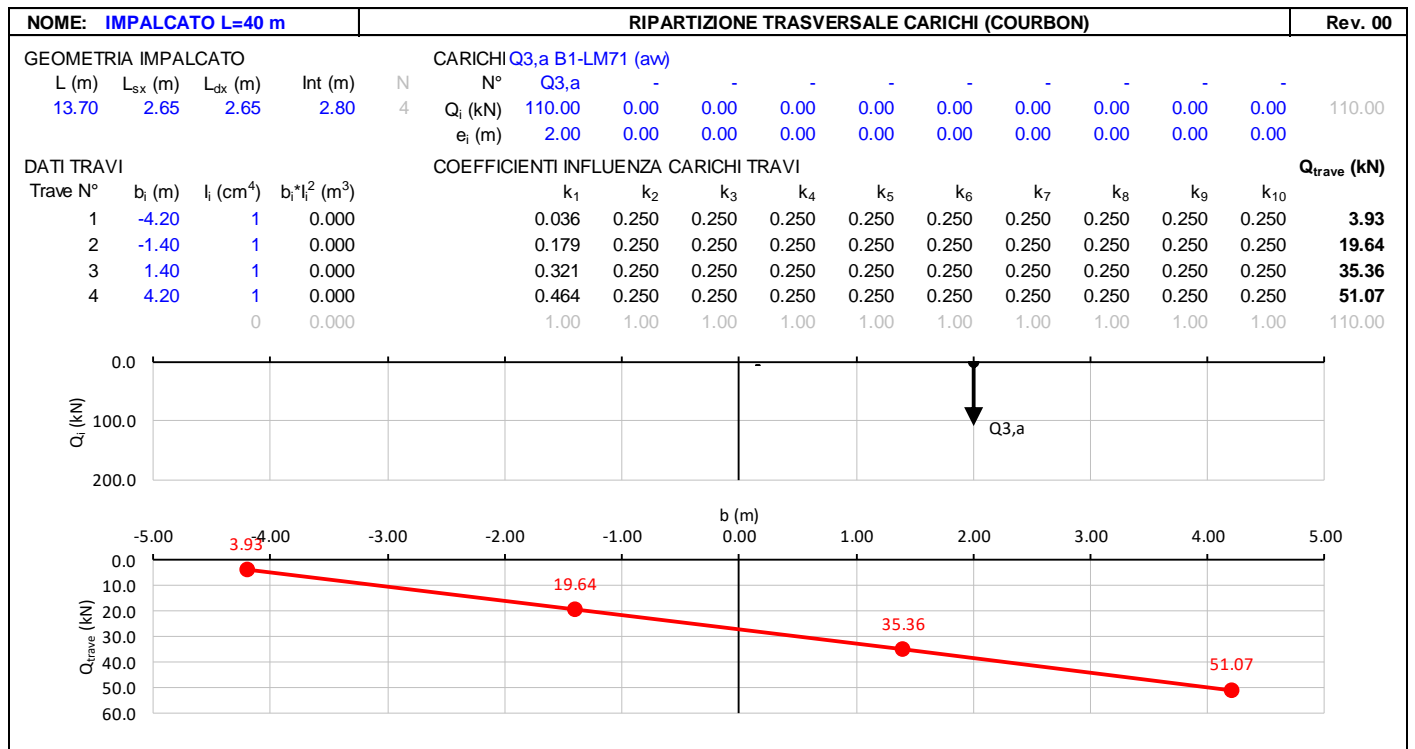
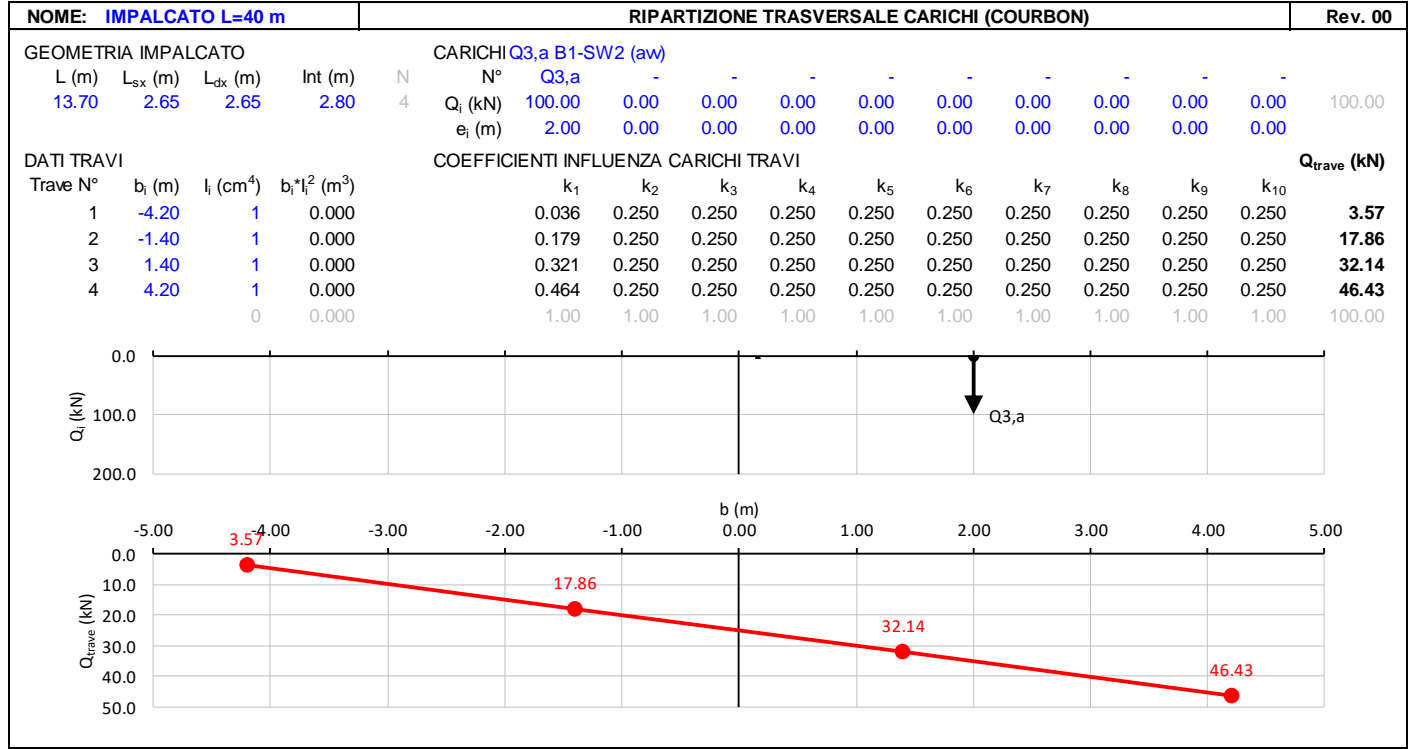
Gli effetti sui singoli impalcati indotti dall'azione di avviamento o frenatura, nelle varie combinazioni di carico accidentale ferroviario associate, vengono valutati secondo una lunghezza di influenza di mezza campata, distribuendo rigidamente alla Courbon le azioni torcenti in prossimità degli appoggi trave, i quali determinano delle reazioni verticali che equilibrano le azioni sollecitanti torcenti generate dai carichi orizzontali.

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

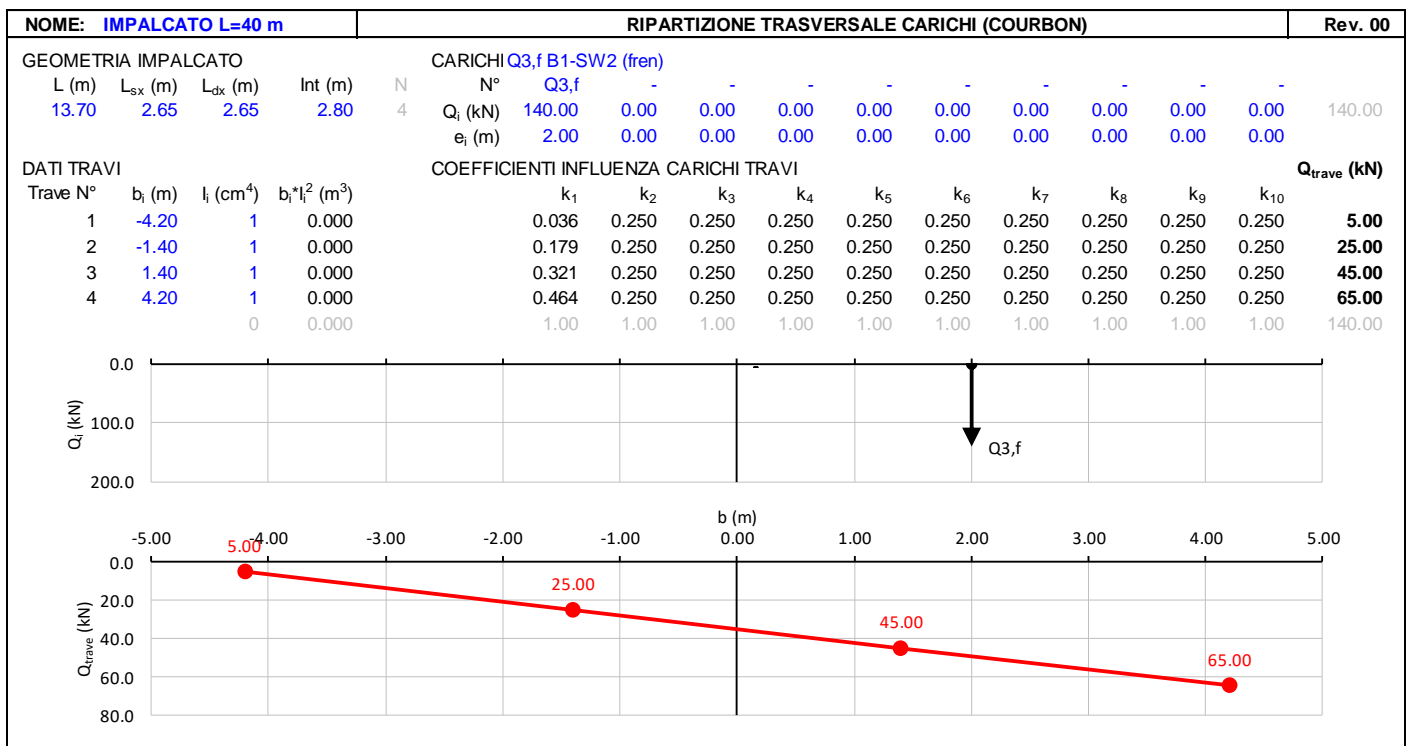
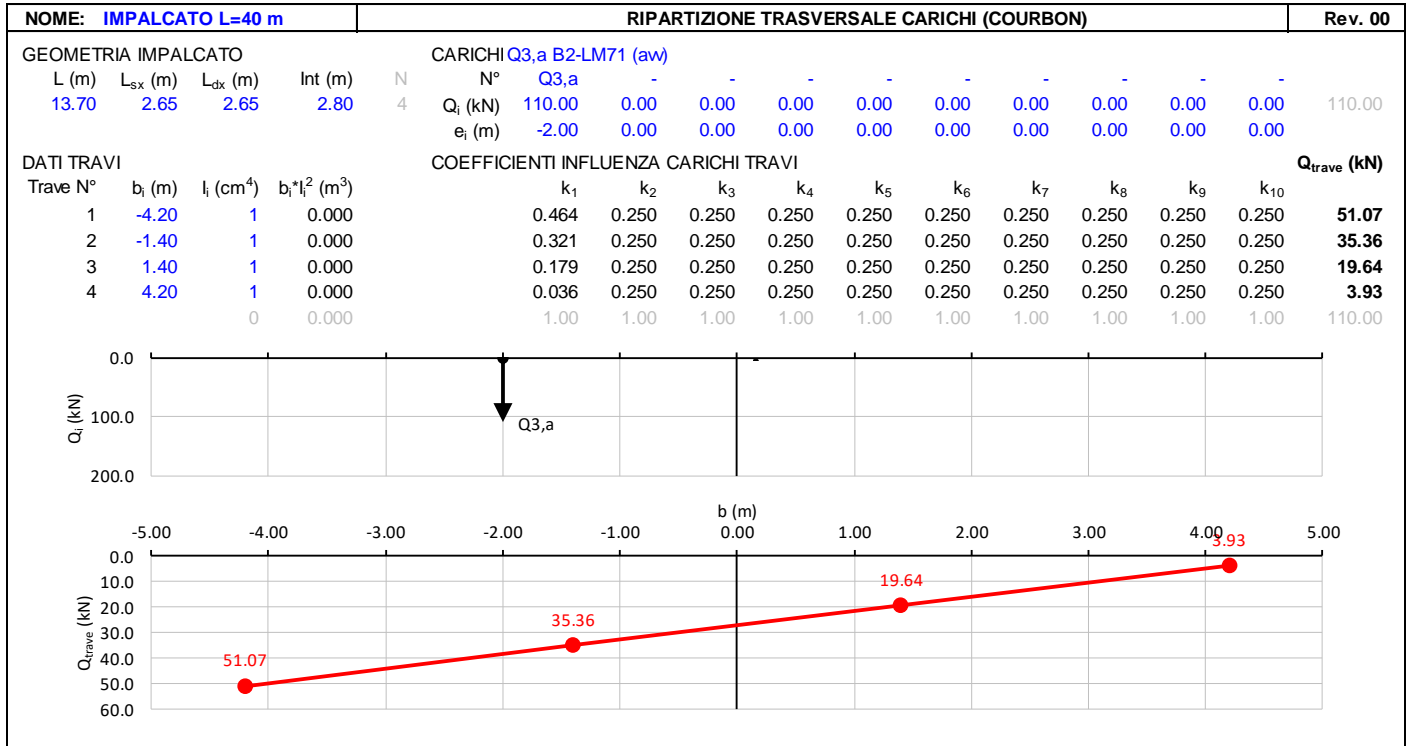
**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	56



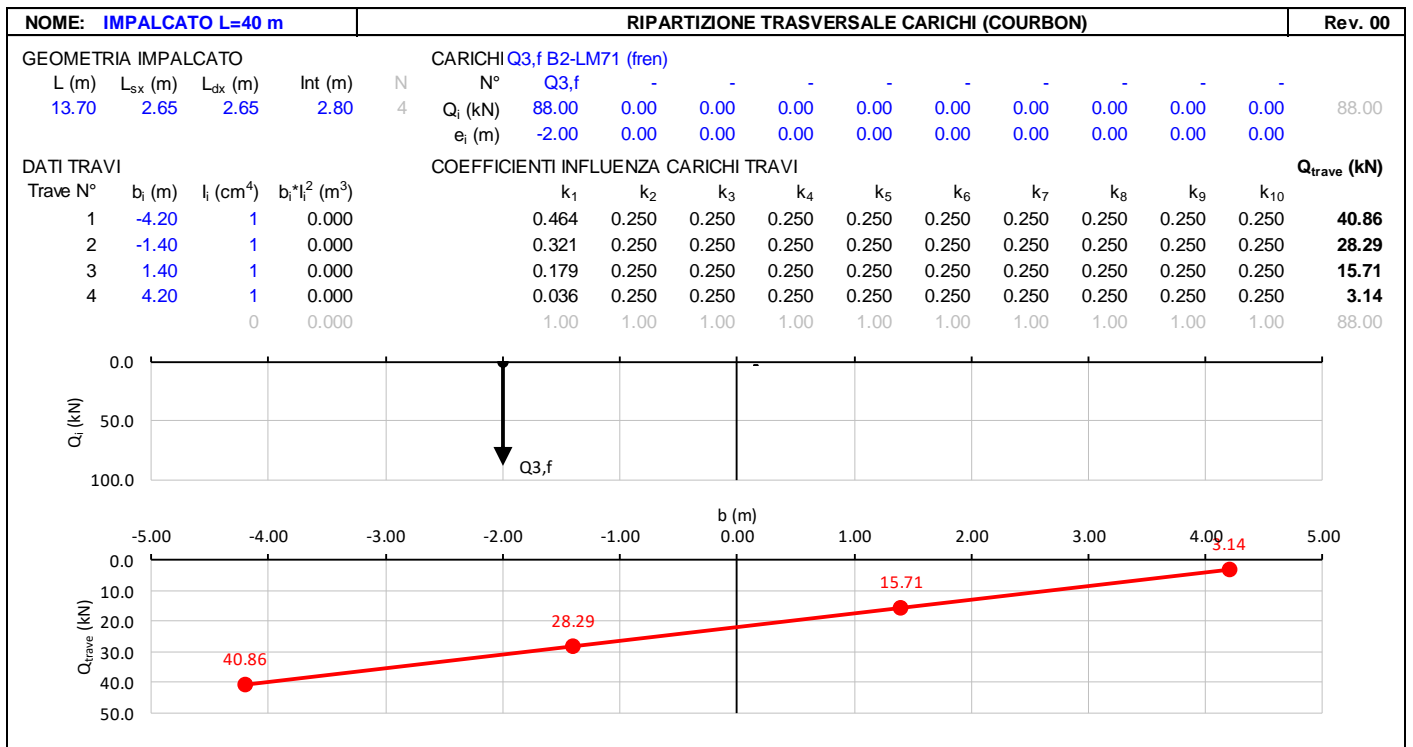
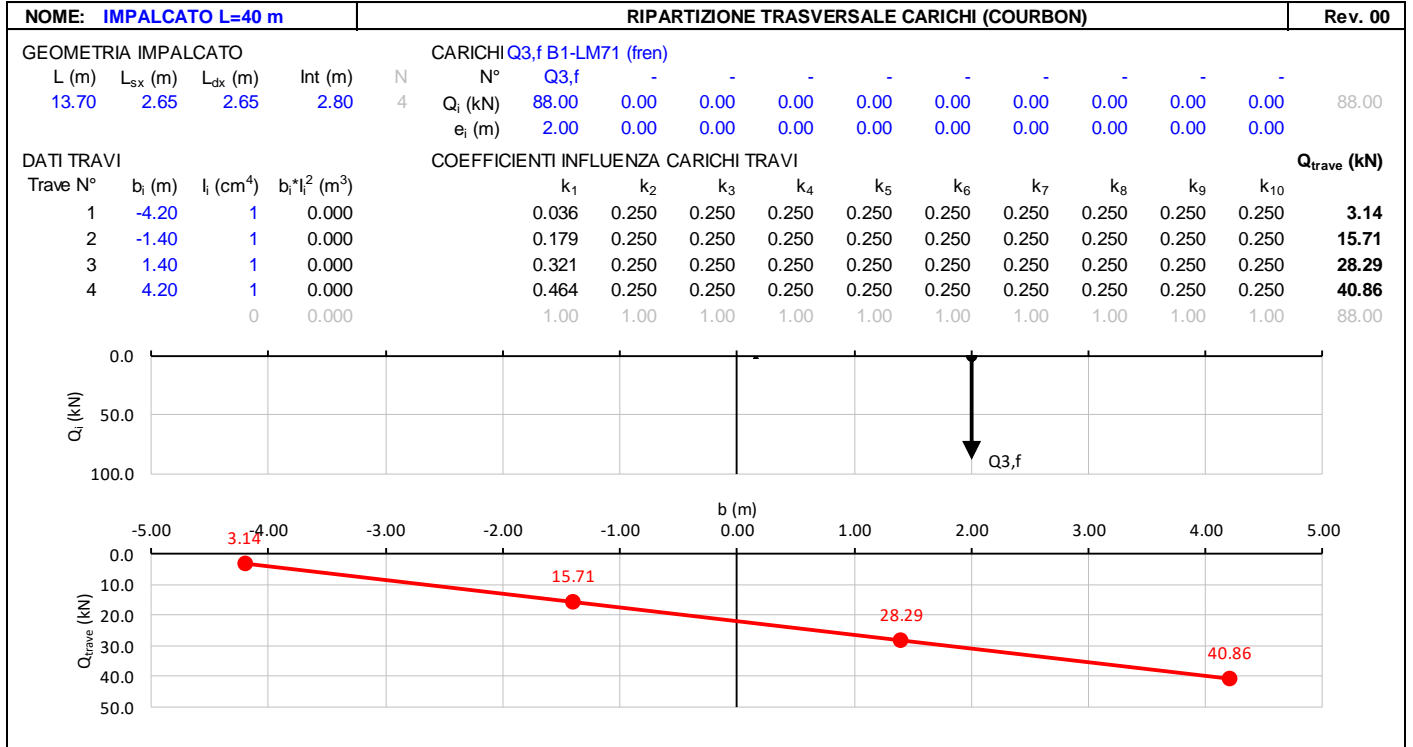
**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>57</b>



**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>58</b>



MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	59

## 7.8 AZIONE DEL VENTO (Q<sub>6</sub>)

Nome	Tipo	Y <sub>Q</sub>	ψ <sub>0</sub>	ψ <sub>1</sub>	ψ <sub>2</sub>
		(Fav / Sfav)			
VENTO	Variabile	EQU 0.00 / 1.50 (A1) 0.00 / 1.50 (A2) 0.00 / 1.30	0.60	0.50	0.00

In accordo con le raccomandazioni CNR DT207 R1/2018, l'azione del vento può essere convenzionalmente assimilata ad un carico statico uniformemente distribuito sulle superfici. La componente ortogonale è calcolata secondo la seguente espressione:

- $q_b(z)$  pressione cinetica di riferimento  
 $c_e(z)$  coefficiente di esposizione  
 $C_{pm}$  coefficiente di forma (o aerodinamico) complessivo

Il coefficiente di esposizione dipende dall'altezza  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno, dalla categoria di esposizione dove sorge la costruzione. Viene calcolato con le seguenti espressioni:

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t(z) \cdot \ln(z/z_0) (7 + c_t(z) \cdot \ln(z/z_0)) \quad Z \geq Z_{min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \quad Z < Z_{min}$$

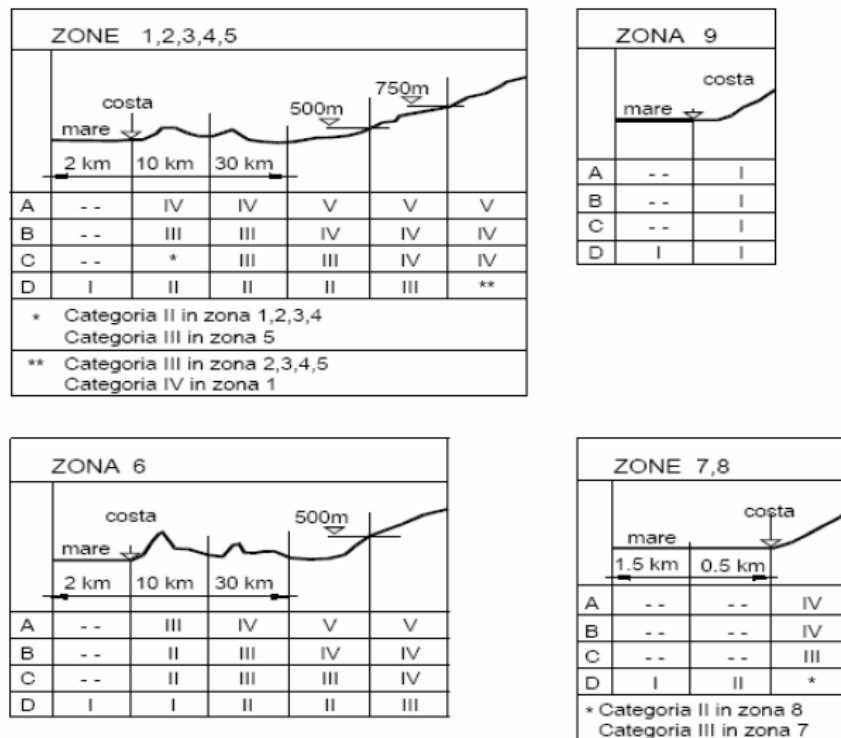


Fig. 3.3.2 - Definizione delle categorie di esposizione



MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 03 04</b>			PROGR <b>001</b>

Tab. 3.3.II - Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

Categoria di esposizione del sito	$K_r$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

Tabella 11 - Criterio di assegnazione della categoria di esposizione per le diverse zone italiane

Tab. 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,....); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa) c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, ....)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Si può assumere che il sito appartenga alla Classe A o B, purché la costruzione si trovi nell'area relativa per non meno di 1 km e comunque per non meno di 20 volte l'altezza della costruzione, per tutti i settori di provenienza del vento ampi almeno 30°. Si deve assumere che il sito appartenga alla Classe D, qualora la costruzione sorga nelle aree indicate con le lettere a) o b), oppure entro un raggio di 1 km da essa vi sia un settore ampio 30°, dove il 90% del terreno sia del tipo indicato con la lettera c). Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, si deve assegnare la classe più sfavorevole (l'azione del vento è in genere minima in Classe A e massima in Classe D).

Tabella 12 - Classi di rugosità del terreno

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	61

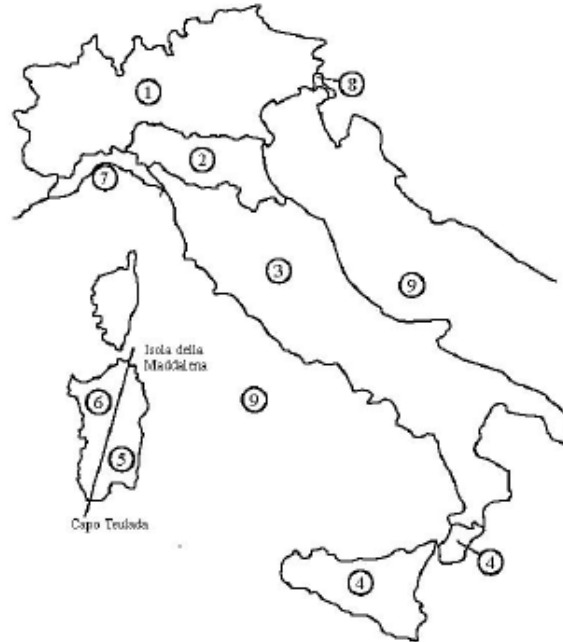


Fig. 3.3.1 - Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

Figura 20 - Zone caratterizzate da diversi valori della velocità di riferimento

Tab. 3.3.I - Valori dei parametri  $v_{b,0}$ ,  $a_0$ ,  $k_s$

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_s$
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32

Tabella 13 - Valori dei parametri  $v_{b,0}$ ,  $a_0$  e  $k_s$  per le diverse zone italiane

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	62

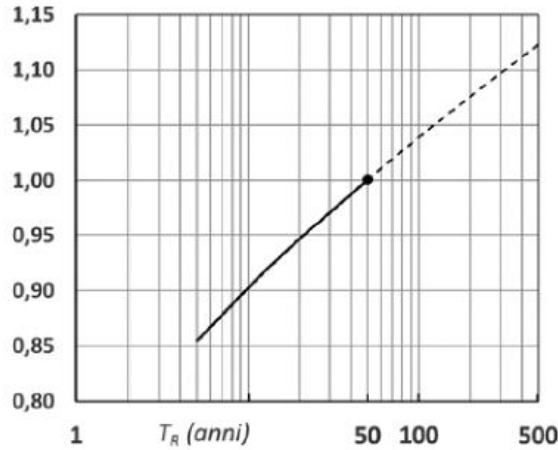


Figura C3.3.1 – Valori del coefficiente  $\alpha_R$  in funzione del periodo di ritorno  $T_R$  (asse in scala logaritmica),

Figura 21 - Diagramma del coefficiente di ritorno  $\alpha_R$  in funzione del periodo di ritorno  $T_R$

### 7.8.1 Azione del vento impalcato

Gli effetti sui singoli impalcati indotti dall'azione del vento vengono valutati secondo una lunghezza di influenza di mezza campata, distribuendo rigidamente alla Courbon le azioni torcenti in prossimità degli appoggi trave, i quali determinano delle reazioni verticali che equilibrano le azioni sollecitanti torcenti generate dai carichi orizzontali.

NOME: IMPALCATO L=40m		CALCOLO AZIONE VENTO IMPALCATO (CNR DT207/2008)				Rev. 00
<b>PARAMETRI VENTO DI PROGETTO</b>		<b>DATI GEOMETRICI IMPALCATO</b>				<b>AZIONI TOTALI IMPALCATO</b>
Zona	3 (Tab.3.I)	$h_{tot}$ (m)	8.30	Altezza impalcato		L influenza (m) 20.00
$v_{b,0}$ (m/s)	27.00 Velocità base liv. mare (Tab.3.I)	d (m)	13.70	Larghezza impalcato		$F_x$ (kN) 409.5
$c_a$	1.00 Coeff. altitudine	d/ $h_{tot}$	1.65 (§G.10.3)			$F_y$ (kN) 326.1
$v_b$ (m/s)	27.00 Velocità base riferimento vento	z (m)	20.00	Altezza dal suolo impalcato		$M_z$ (kNm) 1033.0
$T_R$ (anni)	75 Tempo ritorno vento	$c_e$	2.81	Coeff. esposizione		
$c_r$	1.037 Coeff. tempo ritorno	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	1.25	Massa specifica aria		
$v_r$ (m/s)	27.99 Velocità riferimento vento	$q_p$ (Pa)	1376	Pressione cinetica picco		
$k_a$	0.37 Fattore altitudine (Tab.3.I)	$c_{fx}$	1.79			
$a_s$ (m s.l.m.)	20 Altitudine sito	$c_{fy}$	0.87			
$a_0$ (m s.l.m.)	500 Altitudine base (Tab.3.I)	$c_{mz}$	0.20			
Categoria	2 (Tab. 3.II - 3.III)	$f_x$ (kN/m)	20.48 (§G.10.3)			
$k_r$	0.19 Fattore terreno (Tab.3.II)	$f_y$ (kN/m)	16.31 (§G.11.1)			
$Z_{min}$ (m)	4.00 Altezza minima (Tab.3.II)	$m_z$ (kNm/m)	51.65 (§G.11.1)			
$z_0$ (m)	0.05 Altezza rugosità (Tab.3.II)					
$c_t$	1.00 Coeff. topografico					

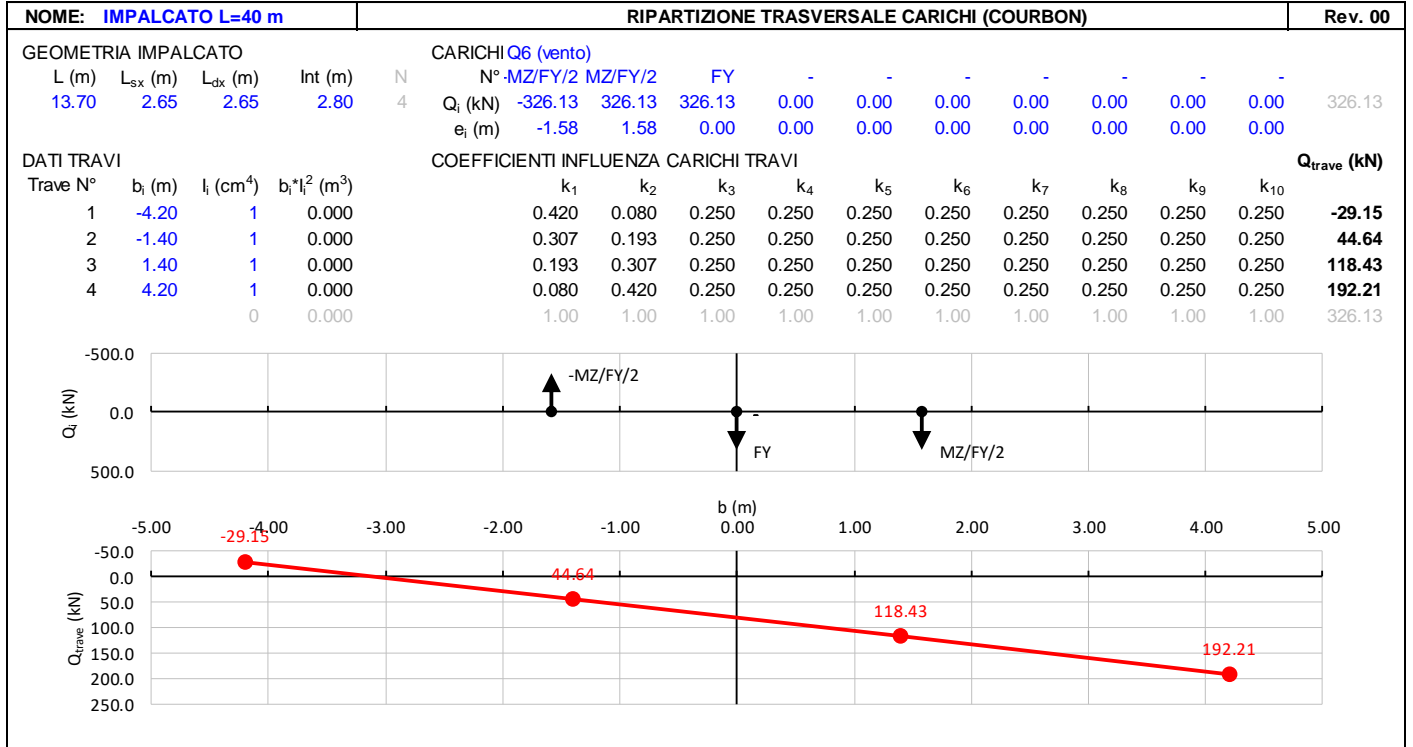
$$f_x(z) = q_p(z) \cdot l \cdot c_{fx}$$

$$f_y(z) = q_p(z) \cdot l \cdot c_{fy}$$

$$m_z(z) = q_p(z) \cdot l^2 \cdot c_{mz}$$

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	63



MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>64</b>

## 7.9 AZIONE SISMICA (E)

Nome	Tipo	$\gamma_E$ ( $F_{av}$ / $S_{fav}$ )	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
SISMA	Sismiche	EQU 0.00 / 1.00 (A1) 0.00 / 1.00 (A2) 0.00 / 1.00	-	-	-

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione, che costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica del sito è definita in termini di:

$a_g$	accelerazione orizzontale massima del terreno
$F_0$	valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
$T_C^*$	periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

L’accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  è riferita in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale di categoria A, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_R$  per ogni stato limite considerato.

I valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_C^*$  relativi alla pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell’intervallo di riferimento sono forniti nelle tabelle riportate nell’ALLEGATO B delle NTC.

### 7.9.1 Stati limite di progetto sismici

L’opera in questione rientra in particolare nell’ambito del Progetto di Raddoppio della tratta Ferroviaria “Linea Pescara - Bari - Raddoppio Termoli - Lesina”, che si sviluppa per circa 25Km, attraversando il territorio di diverse località, tra cui Termoli (CB), Campomarino (CB), Campomarino – Santa Monica (CB), Marina di Chieti / Chieti (FG), Serracapriola- Loc.SS16 (FG).

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	65

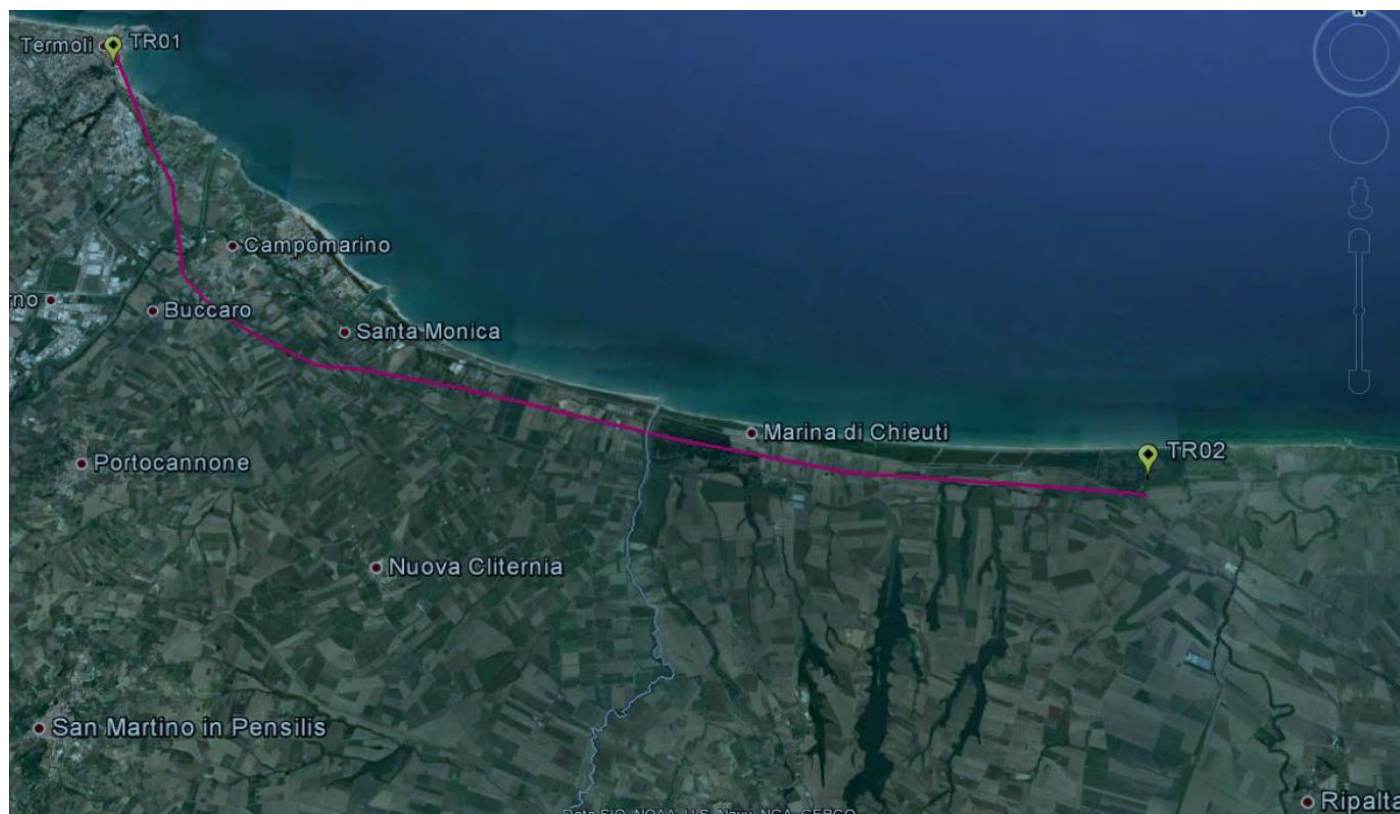


Figura 22- Configurazione planimetrica tracciato

In considerazione della variabilità dei parametri di pericolosità sismica con la localizzazione geografica del sito, ed allo scopo di individuare dei tratti omogenei nell'ambito dei quali assumere costanti detti parametri, si è provveduto a suddividere il tracciato in quattro sottozone sismiche, a seguito di un esame generale del livello pericolosità sismica dell'area che evidenzia un graduale incremento dell'intensità sismica da nord verso sud; nella fattispecie le zone sismiche "omogenee" individuate, sono quelle di seguito elencate:

Progr. Inizio	Progr. Fine	Località di Riferimento Azioni Sismiche	Zona sismica Locale
0	5.250,00	Campomarino(CB)	S1
5.250,00	10.000,00	Campomarino - Santa Monica (CB)	S2
10.000,00	18.650,00	Marina di Chieuti /Chieuti (FG)	S3
18.650,00	24.200,00	Serracapriola- Loc.SS16 (FG)	S4

Tabella 14 - Tabella di riepilogo località di riferimento per la valutazione delle azioni sismiche per il progetto delle opere

La vita nominale  $V_N$  delle infrastrutture ferroviarie può, di norma, assumersi come indicato nella seguente tabella:



MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	66

TIPO DI COSTRUZIONE <sup>(1)</sup>	Vita Nominale $V_N$ [Anni] <sup>(1)</sup>
OPERE NUOVE SU INFRASTRUTTURE FERROVIARIE PROGETTATE CON LE NORME VIGENTI PRIMA DEL DM 14.01.2008 A VELOCITÀ CONVENZIONALE ( $V < 250$ Km/h)	50
ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITÀ $V < 250$ Km/h	75
ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITÀ $V \geq 250$ km/h	100
OPERE DI GRANDI DIMENSIONI: PONTI E VIADOTTI CON CAMPATE DI LUCE MAGGIORE DI 150 m	$\geq 100$ <sup>(2)</sup>
(1) – La stessa $V_N$ si applica anche ad apparecchi di appoggio, coprigiunti e impermeabilizzazione delle stesse opere. (2) - Da definirsi per il singolo progetto a cura di FERROVIE.	

Per le opere definitive e tenendo conto delle indicazioni precedenti, si ha il periodo di riferimento della struttura  $V_R = 112.5$  anni, si possono pertanto individuare i seguenti stati limite:

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	68	0,066	2,494	0,324
SLD	113	0,082	2,548	0,332
SLV	1068	0,195	2,532	0,375
SLC	2193	0,253	2,507	0,382

Tabella 15 - Parametri sismici per i vari stati limite di progetto

Con riferimento al §7 delle NTC 2008, le costruzioni caratterizzate nei confronti dello SLV, da  $a_g S \leq 0.075g$ , possono essere progettate e verificate con la sola verifica nei confronti dello SLV.

Con riferimento alle caratteristiche dell'opera, si sono analizzati i seguenti stati limite di progetto:

- *Stato limite di danno (SLD)*: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature

Probabilità di superamento

$$P_{VR} = 63\%$$

Tempo di ritorno

$$T_R = -V_R / \ln(1-P_{VR}) = -112.5 / \ln(1-0.63) = 113 \text{ anni}$$

- *Stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV)*: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	67

invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali

Probabilità di superamento

$$P_{VR} = 10\%$$

Tempo di ritorno

$$T_R = -V_R / \ln(1-P_{VR}) = -112.5 / \ln(1-0.10) = 1068 \text{ anni}$$

### 7.9.2 Spettri di risposta

Per il sito in esame, in base alle caratteristiche geotecniche di riferimento e dalla morfologia del terreno descritti nei capitoli precedenti, il sottosuolo può essere classificato come:

Categoria sottosuolo

“C”

*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s*

Categoria topografica

“T1”

Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$

Lo spettro di risposta elastico orizzontale  $S_e(T)$  del sisma è definito dalle espressioni seguenti:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \cdot \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T_C}{T} \right]$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T_D \cdot T_C}{T^2} \right]$$

T periodo di vibrazione orizzontale [s]

$S_e(T)$  accelerazione spettrale orizzontale [ $m/s^2$ ]

$S = S_S \cdot S_T$  coefficiente della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche

$S_S$  coefficiente di amplificazione stratigrafica (vedi tabella seguente)

$S_T$  coefficiente di amplificazione topografica (vedi tabella seguente)

$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55$  fattore che altera lo spettro elastico per smorzamento viscosi diversi dal 5%

$\xi$  coefficiente di smorzamento viscoso [%]

$F_0$  fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima

$T_C = C_C \cdot T_C^*$  periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro

$C_C$  coefficiente definito nella tabella seguente

$T_B = T_C/3$  periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante

$T_D = 4 \cdot a_g/g + 1,6$  periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro

Categoria sottosuolo	$S_S$	$C_C$
A	1.00	1.00
B	$1.0 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1.20$	$1.10 \cdot (T_C^*)^{-0.20}$



MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>68</b>

C	$1.0 \leq 1.70 - 0.6 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.50$	$1.05 \cdot (T_c^*)^{-0.33}$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.80$	$1.25 \cdot (T_c^*)^{-0.50}$
E	$1.0 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T_c^*)^{-0.40}$

Tabella 16 - Coefficienti di amplificazione stratigrafica orizzontale

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S <sub>T</sub>
T1	-	1.0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.4

Tabella 17 - Coefficienti di amplificazione topografica

Lo spettro di risposta elastico verticale  $S_{ve}(T)$  del sisma è definito dalle espressioni seguenti:

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

$$T_B \leq T < T_C \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T_C}{T} \right]$$

$$T_D \leq T \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T_D \cdot T_C}{T^2} \right]$$

T periodo di vibrazione verticale [s]

$S_{ve}(T)$  accelerazione spettrale verticale [m/s<sup>2</sup>]

$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot (a_g/g)^{0.5}$  fattore che quantifica l'accelerazione spettrale massima

I parametri  $S_s$ ,  $T_B$ ,  $T_C$  e  $T_D$  per la definizione dello spettro verticale sono indipendenti dalla categoria di suolo e assumono i valori riportati nella tabella seguente.

Categoria sottosuolo	S <sub>s</sub>	T <sub>B</sub>	T <sub>C</sub>	T <sub>D</sub>
A, B, C, D, E	1.0	0.05 s	0.15 s	1.0 s

Tabella 18 - Coefficienti di amplificazione stratigrafica verticale

Le capacità dissipative della struttura possono essere considerate nella fase di analisi attraverso una riduzione delle forze elastiche, che tiene conto in modo semplificato della capacità dissipativa anelastica della struttura, della sua sovraresistenza, dell'incremento del suo periodo proprio a seguito delle plasticizzazioni. In tal caso, lo spettro di progetto  $S_d(T)$  da utilizzare è lo spettro elastico ridotto sostituendo nelle formule corrispondenti  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. Si assume comunque  $S_d(T) \geq 0,2a_g$ .

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	69

Il valore del fattore di struttura  $q$  da utilizzare per ciascuna direzione della azione sismica dipende dalla tipologia strutturale, dal suo grado di iperstaticità e dai criteri di progettazione adottati e prende in conto le non linearità di materiale. Esso può essere calcolato tramite la seguente espressione:

$$q = q_0 \cdot K_R$$

$q_0$  valore massimo del fattore di struttura che dipende dal livello di duttilità attesa, dalla tipologia strutturale e dal rapporto  $\alpha_u/\alpha_1$  tra il valore dell'azione sismica per il quale si verifica la formazione di un numero di cerniere plastiche tali da rendere la struttura labile e quello per il quale il primo elemento strutturale raggiunge la plasticizzazione a flessione

$K_R$  fattore riduttivo che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione

Il valore di  $q$  utilizzato per la componente verticale dell'azione sismica allo SLV, a meno di adeguate analisi giustificative, è  $q = 1.50$  per qualunque tipologia strutturale e di materiale, tranne che per i ponti per i quali è  $q = 1.00$ .

#### 7.9.2.1 Pile e spalle da ponte

Le capacità dissipative delle singole sottostrutture sono variabili a seconda di che si tratti delle pile o delle spalle.

Nel caso di comportamento strutturale non dissipativo, la capacità delle membrature e dei collegamenti deve essere valutata in accordo con le regole di cui al Capitolo 4, senza nessun requisito aggiuntivo, a condizione che: per le strutture di calcestruzzo armato, nessuna sezione superi la curvatura convenzionale di prima plasticizzazione, come definita al § 7.4.4.1.2; per le strutture di calcestruzzo armato precompresso e per le strutture in carpenteria metallica, nessun materiale superi la deformazione di snervamento di progetto.

Nel caso di comportamento strutturale dissipativo, la struttura del ponte deve essere concepita e dimensionata in modo tale che, sotto l'azione sismica relativa allo SLV, essa dia luogo alla formazione di un meccanismo dissipativo stabile nel quale la dissipazione sia limitata alle pile.

Ai soli fini del progetto dei pali di fondazione, con riferimento al §7.2.5, è possibile considerare una limitata capacità dissipativa, dividendo per 1.50 le sollecitazioni sismiche sui pali derivanti dall'analisi strutturale con comportamento non dissipativo. In questo caso, per una lunghezza pari a 10 diametri dalla sommità del palo, devono applicarsi i dettagli costruttivi di cui al §7.9.6.1 relativi alla CD"B".

Gli elementi ai quali non è mai richiesta capacità dissipativa devono mantenere un comportamento sostanzialmente elastico; essi sono: gli elementi progettati per avere un comportamento non dissipativo, le porzioni esterne alle zone dissipative delle pile, l'impalcato, gli apparecchi di appoggio, le strutture di fondazione, le spalle, le pile che non scambiano azioni orizzontali con l'impalcato.

Per le due componenti orizzontali dell'azione sismica, nel caso di comportamento strutturale non dissipativo  $q_0 = 1.00$ , mentre per comportamento strutturale dissipativo i valori di  $q_0$  sono quelli di Tab. 7.3.II con le seguenti:

$$\lambda(\alpha) = \begin{cases} 1.00 & \alpha \geq 3.00 \\ (\alpha/3)^{0.5} & 3.00 > \alpha \geq 1.00 \end{cases}$$

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	70

$$\alpha = L/H$$

L distanza della sezione di cerniera plastica dalla sezione di momento nullo

H dimensione della sezione nel piano di inflessione della cerniera plastica

Per gli elementi duttili di calcestruzzo armato si ha che per la scelta dei valori di  $q_0$  si ha:

$$v_k < 0.30$$

$q_0 =$  valori di Tab. 7.3.II

$$0.30 < v_k < 0.60$$

$$q_0(v_k) = q_0(v_k=0.3) - (v_k / 0.3 - 1) * (q_0(v_k=0.3) - 1)$$

$$v_k = N_{Ed} / (A_c * f_{ck}) < 0.30$$

sollecitazione di compressione normalizzata

$N_{Ed}$

sforzo di progetto

$A_c * f_{ck}$

resistenza a compressione semplice della sezione

In accordo al §7.9.2 delle NTC 2008, per le verifiche strutturali delle pile si considera classe di duttilità CD“B” e coefficiente di struttura  $q_0 = 1.50$ , per le spalle si considera coefficiente di struttura  $q_0 = 1.50$ .

VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	71

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0,195 g
$F_a$	2,532
$T_c$	0,375 s
$S_s$	1,404
$C_c$	1,451
$S_T$	1,000
$q$	1,000

**Parametri dipendenti**

$S$	1,404
$\eta$	1,000
$T_B$	0,181 s
$T_C$	0,544 s
$T_D$	2,380 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

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

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

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

$$T_C = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

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

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

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

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

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,274
$T_B$	0,181	0,693
$T_C$	0,544	0,693
	0,632	0,597
	0,719	0,524
	0,806	0,468
	0,894	0,422
	0,981	0,384
	1,069	0,353
	1,156	0,326
	1,243	0,303
	1,331	0,283
	1,418	0,266
	1,506	0,250
	1,593	0,237
	1,680	0,224
	1,768	0,213
	1,855	0,203
	1,943	0,194
	2,030	0,186
	2,117	0,178
	2,205	0,171
	2,292	0,164
$T_D$	2,380	0,158
	2,457	0,149
	2,534	0,140
	2,611	0,132
	2,688	0,124
	2,765	0,117
	2,843	0,111
	2,920	0,105
	2,997	0,100
	3,074	0,095
	3,151	0,090
	3,228	0,086
	3,306	0,082
	3,383	0,078
	3,460	0,075
	3,537	0,072
	3,614	0,069
	3,691	0,066
	3,769	0,063
	3,846	0,061
	3,923	0,058
	4,000	0,056

Tabella 19 - Opere definitive - Parametri dello spettro di risposta orizzontale allo SLV

VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	72

**Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limiteSLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_{av}$	0,116 g
$S_s$	1,000
$S_T$	1,000
q	1,000
$T_B$	0,050 s
$T_C$	0,150 s
$T_D$	1,000 s

**Parametri dipendenti**

$F_v$	1,509
S	1,000
$\eta$	1,000

**Espressioni dei parametri dipendenti**

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

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_o \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)**

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

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

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

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

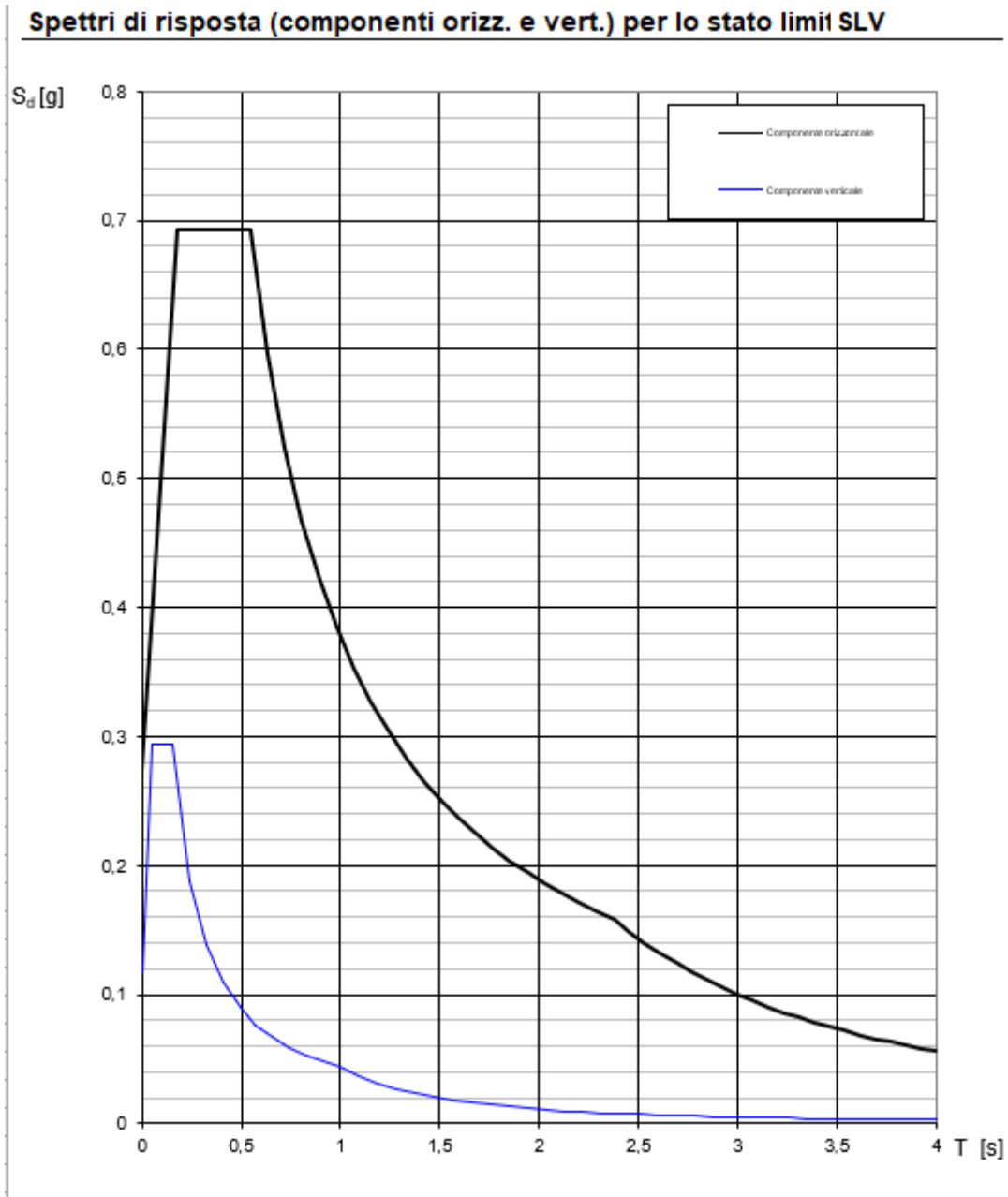
**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,116
$T_B \leftarrow$	0,050	0,294
$T_C \leftarrow$	0,150	0,294
	0,235	0,188
	0,320	0,138
	0,405	0,109
	0,490	0,090
	0,575	0,077
	0,660	0,067
	0,745	0,059
	0,830	0,053
	0,915	0,048
$T_D \leftarrow$	1,000	0,044
	1,094	0,037
	1,188	0,031
	1,281	0,027
	1,375	0,023
	1,469	0,020
	1,563	0,018
	1,656	0,016
	1,750	0,014
	1,844	0,013
	1,938	0,012
	2,031	0,011
	2,125	0,010
	2,219	0,009
	2,313	0,008
	2,406	0,008
	2,500	0,007
	2,594	0,007
	2,688	0,006
	2,781	0,006
	2,875	0,005
	2,969	0,005
	3,063	0,005
	3,156	0,004
	3,250	0,004
	3,344	0,004
	3,438	0,004
	3,531	0,004
	3,625	0,003
	3,719	0,003
	3,813	0,003
	3,906	0,003
	4,000	0,003

Tabella 20 - Opere definitive - Parametri dello spettro di risposta verticale allo SLV

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	73



*Figura 23 – Spettri di risposta elastici (componente orizzontale e verticale)*

In accordo con le prescrizioni normative, lo spettro di risposta elastico è stato considerato solo ai fini della valutazione delle azioni in fondazione e per la valutazione delle azioni sugli apparecchi di appoggio.

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	74

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

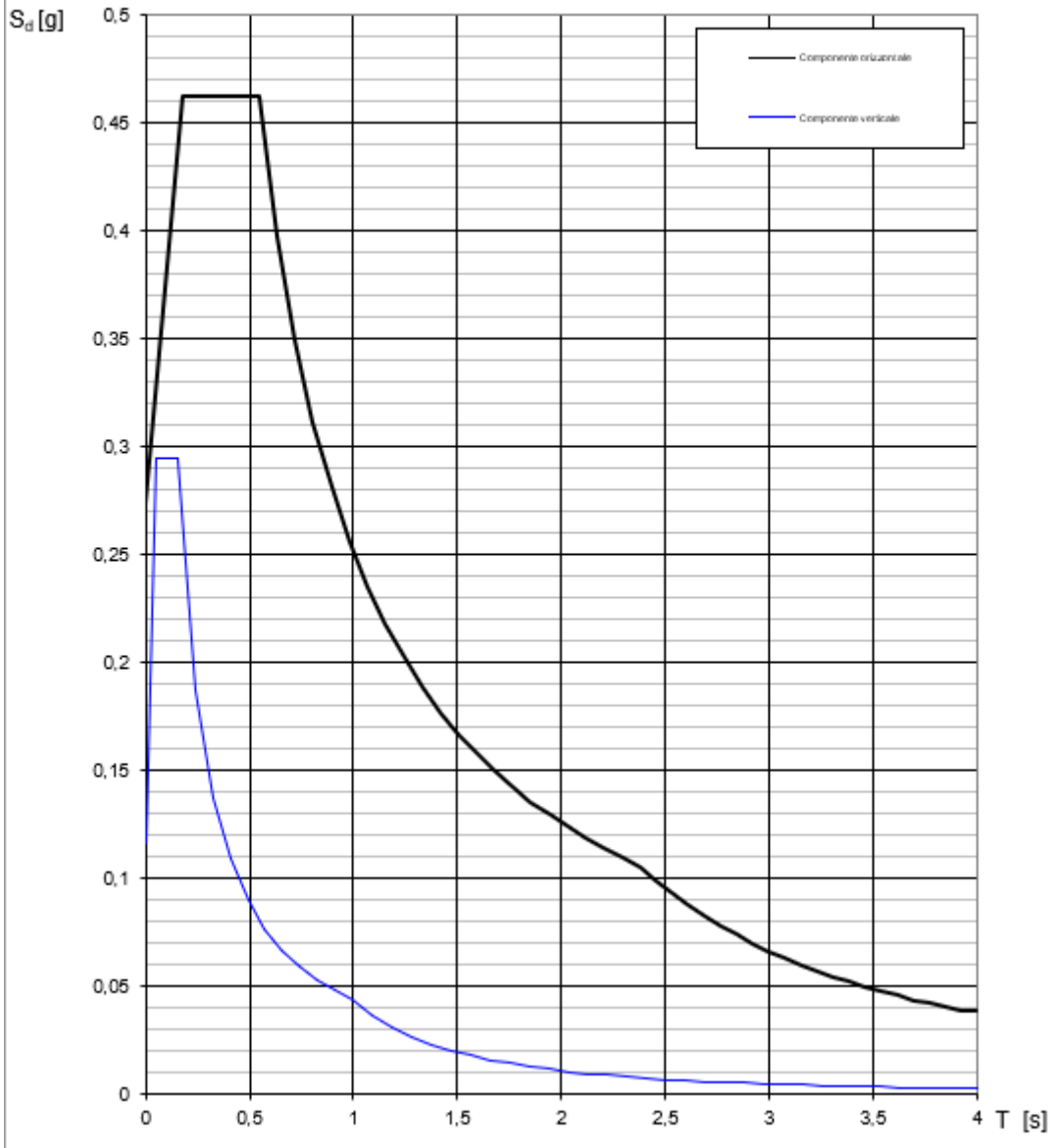


Figura 24 - Spettri di risposta di progetto (componente orizzontale e verticale)

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	75

## 7.9.3 Amplificazione sismica di progetto

### 7.9.3.1 Metodo pseudostatico per muri

Con riferimento al § 7.11.6.2 delle NTC 2008 si esegue l'analisi con il metodo pseudostatico, dove l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

La deformabilità della parete viene tenuta in conto mediante dei coefficienti riduttivi correlati al massimo spostamento  $u_s$  che l'opera di altezza complessiva  $H$ , può ammettere senza riduzioni di resistenza ( $u_{s,max}$ ) e tale per cui sia verificata l'ipotesi di riduzione dell'azione sismica per duttilità strutturale ( $u_{s,min}$ ).

$k_v = \beta_m \cdot S_s \cdot S_T \cdot a_g / g$	coefficiente sismico orizzontale
$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$	coefficiente sismico verticale (di solito non considerato nelle paratie)
$S_s = 1.404$	coefficiente di amplificazione stratigrafica orizzontale
$S_T = 1.00$	coefficiente di amplificazione topografica
$a_g$	accelerazione massima attesa al sito per lo Stato Limite considerato
$g = 9.81 \text{ m/s}^2$	accelerazione di gravità
$\beta_m = 1.00$	(per muri non liberi di seguire spostamenti relativi rispetto al terreno, vedi §7.11.6.2.1 delle NTC2008)

Si aggiunge che, secondo le NTC2018, i valori del coefficiente  $\beta_m$  possono eventualmente essere incrementati in ragione di particolari caratteristiche prestazionali del muro, prendendo a riferimento il diagramma di Figura 7.11.3 di cui al successivo §7.11.6.3.2 (coefficiente delle spinte  $\beta_m$  vs spostamenti orizzontali massimi  $u_s$ ).

Secondo il §3.10.3.1 del MdP del Corpo Stradale si ha infatti che:

*“Nelle analisi di muri su pali eseguite con il metodo pseudostatico, i valori dei coefficienti sismici orizzontali e verticali, nelle verifiche allo stato limite ultimo, potranno essere assunti come definito al paragrafo 7.11.6.2.1 delle NTC 2018 adottando coefficiente  $\beta_m$  unitario.”*

### 7.9.3.2 Azioni inerziali masse

Le azioni inerziali  $E_h$  e  $E_v$  associate alle masse degli elementi strutturali dei carichi permanenti strutturali e non strutturali sono determinati incrementando le masse schematizzate nel modello di calcolo secondo gli spettri di progetto secondo le seguenti relazioni:

$E_h = G \cdot S_e(T)$	azione inerziale orizzontale
$E_v = G \cdot S_{ve}(T)$	azione inerziale verticale

Con riferimento a §3.2.4 delle NTC 2008, si considera in fase sismica il contributo delle azioni accidentali come previsto per i ponti ferroviari, pari al 20% del sovraccarico nominale:

$$G = G_1 + G_2 + \sum \psi_{2j} \cdot Q_{kj}$$

$G$	massa totale efficace
$G_1$	masse dei pesi propri strutturali
$G_2$	masse dei carichi permanenti non strutturali (permanentemente, terreno)
$Q_{kj}$	masse dei carichi accidentali



MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	76

$\Psi_{2j} = 0.2$  se ponti ferroviari (§5.2.2.8) o ponti stradali alto traffico (§5.1.3.12)

Le azioni inerziali orizzontali  $E_x$  e verticali  $E_y$  delle masse efficaci sono determinate incrementando i pesi propri  $G$  con accelerazioni verticali e orizzontali definite dai coefficienti di amplificazione dinamica  $k_h$  e  $k_v$ :

$E_x = G \cdot k_h$  azione inerziale orizzontale

$E_y = G \cdot k_v$  azione inerziale verticale

$G = G_1 + G_2 + \Psi_{2j} \cdot Q$  masse efficaci sismiche

## 7.9.4 Sovrappinte dinamiche del terreno

I valori delle spinte vengono computate automaticamente dai software secondo le metodologie seguenti, per ulteriori approfondimenti si rimanda direttamente al manuale d'uso.

### 7.9.4.1 Azioni inerziali masse

Le sovrappinte  $\Delta S_{ah,E}$  sono calcolate in spinta attiva secondo il metodo di Mononome-Okabe:

$$\Delta S_{ah,E} = S_{ahE} - S_{ah}$$

$$S_{ah} = \frac{1}{2} \cdot \gamma^* \cdot H^{*2} \cdot K_a \quad \text{spinta attiva statica sulla parete}$$

$$S_{ahE} = \frac{1}{2} \cdot \gamma^* \cdot (1 \pm k_v) \cdot H^{*2} \cdot K_{aE} \quad \text{spinta attiva sismica sulla parete}$$

$$K_{aE} = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi - \theta)}{\cos\theta \cdot \text{sen}^2\psi \cdot \text{sen}(\psi - \theta - \delta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\rho + \delta) \cdot \text{sen}(\rho - \beta - \theta)}{\text{sen}(\psi - \theta - \delta) \cdot \text{sen}(\psi + \beta)}} \right]^2} \quad \text{coeff. spinta att. sismica (M-O)}$$

$K_a$  coefficiente di spinta attiva statico

$H^* = H + \Delta H$  altezza della parete di spinta dal fondo scavo

$\Delta H = 0$  incremento dell'altezza della parete di spinta dal fondo scavo

$\gamma^*(z)$  peso specifico del terreno

$\varphi$  angolo attrito del terreno

$\delta$  attrito tra terreno e parete

$\psi = 90^\circ$  angolo tra parete di spinta e piano orizzontale

$\beta$  angolo inclinazione tra profilo e piano orizzontale

$k_h$  coefficiente di amplificazione orizzontale

$k_v$  coefficiente di amplificazione verticale

$\Theta = \arctan(k_h / (1 \pm k_v))$  terreni sopra falda  $\gamma^* = \gamma_{sat}$

$\Theta = \arctan(k_h / (1 \pm k_v)) \cdot (\gamma_{sat} / (\gamma_{sat} - \gamma_w))$  terreni sotto falda  $\gamma^* = \gamma'$

Restando a favore della sicurezza, la risultante  $\Delta S_{ah,E}$  viene applicata su tutta l'altezza  $H^*$  come una pressione orizzontale distribuita  $\Delta \sigma_{h,E}$  pari a:

$$\Delta \sigma_{h,E} = \Delta S_{ah,E} / H^*$$

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	77

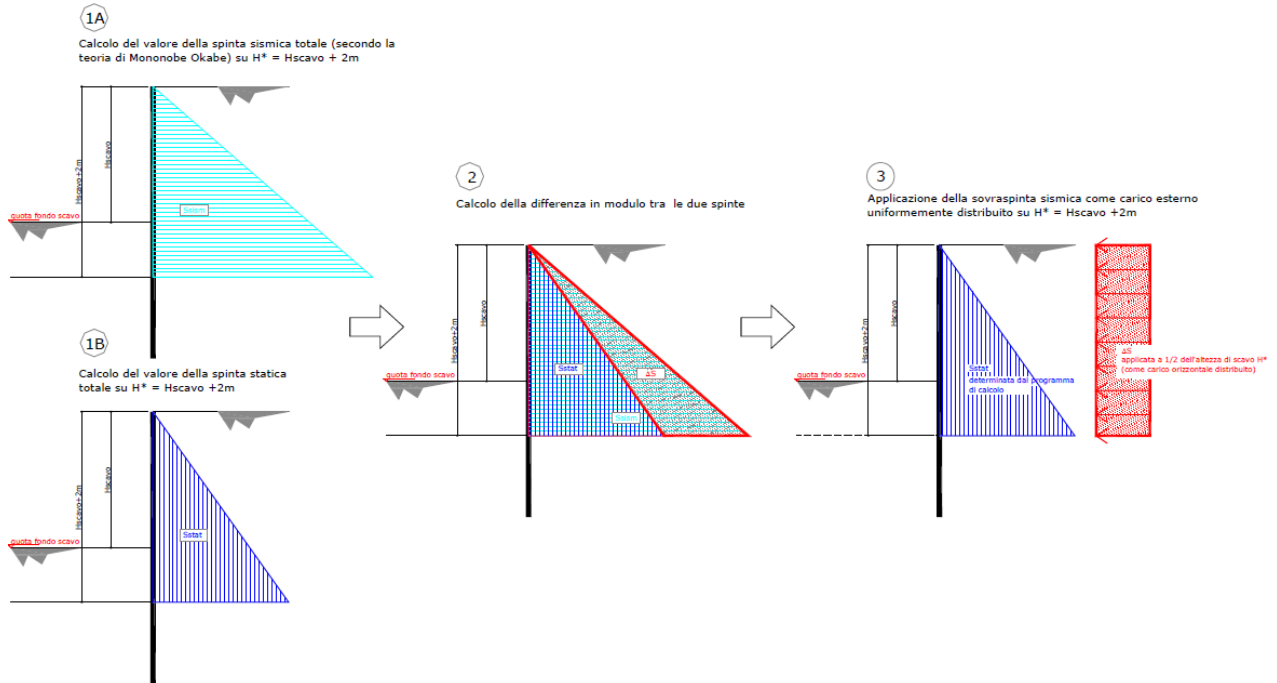


Figura 25 - Schema di calcolo sovraspinte dinamiche terreno

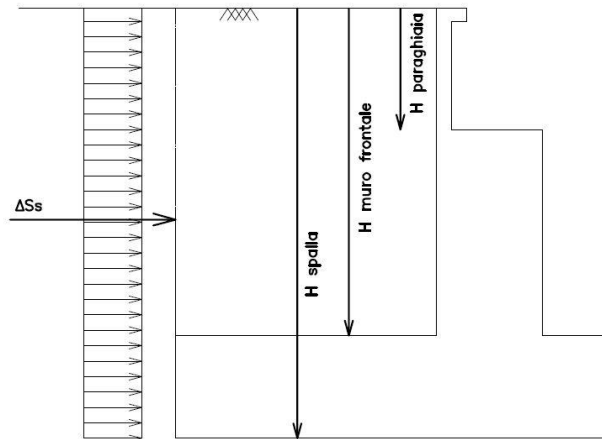


Figura 26: Schema per il calcolo degli effetti della sovraspinta sismica

#### 7.9.4.2 Spinta attiva in Excel®

Si adotta la formulazione del metodo di Mononome-Okabe prima descritto.

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	78

## 7.10 VARIAZIONI TERMICHE (Q<sub>7</sub>)

Essendo le campate isostatiche, tale azione non rientra direttamente nel calcolo delle sottostrutture, ma viene inclusa indirettamente nelle valutazioni sulle azioni agli appoggi (escursioni ed attriti meccanici).

La variazione termica è definita secondo quanto riportato nel § 2.5.1.4.4.1 del “Manuale di progettazione delle opere civili parte II - sezione 2- ponti e strutture” che riprende il § 5.2.2.5.2 delle NTC08.

La variazione termica uniforme volumetrica da considerare per l’impalcato risulta  $\pm 15^\circ$ , ai fini della valutazione delle escursioni dei giunti e degli appoggi mobili viene incrementata del 50% per una variazione totale di calcolo di  $\pm 22.5^\circ\text{C}$ .

## 7.11 ATTRITO (Q<sub>8</sub>)

Nome	Tipo	$\gamma_E$ (Fav / Sfav)	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
ATTRITO PERM	Permanenti non strutturali	1.00 / 1.50	-	-	-
ATTRITO VAR	Variabili traffico ferroviario	EQU 0.00 / 1.45 (A1) 0.00 / 1.45 (A2) 0.00 / 1.25	0.80	0.50	0.00

Gli effetti dell’attrito sono valutati associando, in corrispondenza degli appoggi scorrevoli, alle reazioni verticali dovute a carichi permanenti ( $V_G$ ) e quelle dovute a carichi accidentali ( $V_Q$ ) le seguenti forze orizzontali in direzione longitudinale, dove il coefficiente di attrito  $f = 3\%$ .

$$Q_8 F_{a,G} = f \cdot (\sum V_{G,i})$$

$$Q_8 F_{a,Q} = f \cdot (\sum V_{Q,i})$$

Per le forze orizzontali associate ubicate ai singoli appoggi, vedi tabella scarichi impalcato.

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	79

## 7.12 SCARICHI AGLI APPOGGI

Dalle valutazioni sui carichi derivanti dagli impalcati in appoggio, effettuate mediante metodi semplificati e riportate nei capitoli precedenti per le varie tipologie di azione, si sono considerati i valori nominali degli scarichi riepilogati nella tabella seguente.

Tali scarichi sono stati confrontati rispetto alle calcolazioni di dettaglio effettuate mediante analisi FEM sui singoli impalcati, alle cui relazioni di calcolo si rimanda per ulteriori verifiche di confronto.

IMPALCATO ACCIAIO L=40m	Lato Appoggi Scorrevoli											
	Appoggio 5 (M)			Appoggio 6 (UL)			Appoggio 7 (M)			Appoggio 8 (M)		
	y (m)	x (m)	z (m)	y (m)	x (m)	z (m)	y (m)	x (m)	z (m)	y (m)	x (m)	z (m)
	0,00	-4,20	-0,60	0,00	-1,40	-0,60	0,00	1,40	-0,60	0,00	4,20	-0,60
	Long.	Trasv.	Vert.	Long.	Trasv.	Vert.	Long.	Trasv.	Vert.	Long.	Trasv.	Vert.
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
<b>Permanenti</b>												
G1 (peso proprio)	0	0	1075	0	0	475	0	0	475	0	0	1075
<b>Ballast</b>												
G2,1 (ballast)	0	0	325	0	0	500	0	0	500	0	0	325
<b>Perm. non strutturali</b>												
G2,2 (velette)	0	0	225	0	0	-138	0	0	-138	0	0	225
G2,3 (arredi)	0	0	425	0	0	-225	0	0	-225	0	0	425
G2,4 (barriere)	0	0	575	0	0	-325	0	0	-325	0	0	575
Q8 Fa,G (attrito)	79	0	0	9	0	0	9	0	0	79	0	0
<b>Accidentali da traffico</b>												
Q1 LM71_B1 (traffico)	0	0	61	0	0	395	0	0	728	0	0	1062
Q1 LM71_B2 (traffico)	0	0	1062	0	0	728	0	0	395	0	0	61
Q1 SW2_B1 (traffico)	0	0	92	0	0	462	0	0	832	0	0	1201
Q3,a B1-SW2 (avv)	0	0	0	0	0	20	0	0	40	0	0	60
Q3,a B1-LM71 (avv)	0	0	0	0	0	22	0	0	44	0	0	66
Q3,a B2-LM71 (avv)	0	0	66	0	0	44	0	0	22	0	0	0
Q3,f B1-SW2 (fren)	0	0	0	0	0	21	0	0	42	0	0	63
Q3,f B1-LM71 (fren)	0	0	0	0	0	13	0	0	27	0	0	40
Q3,f B2-LM71 (fren)	0	0	40	0	0	27	0	0	13	0	0	0
Q4 B1-SW2 (centr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q4 B1-LM71 (centr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q4 B2-LM71 (centr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q5 B1-SW2 (serp)	0	0	-41	0	100	-14	0	0	14	0	0	41
Q5 B1-LM71 (serp)	0	0	-45	0	110	-15	0	0	15	0	0	45
Q5 B2-LM71 (serp)	0	0	-45	0	110	-15	0	0	15	0	0	45
Q8 Fa,Q (attrito)	24	0	0	16	0	0	17	0	0	25	0	0
<b>Effetti ambientali</b>												
Q6 (vento)	0	0	-29	0	234	25	0	0	78	0	0	132

Tabella 21 – Scarichi caratteristici agli appoggi della spalla mobile

VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	80

SPALLA S1

SPALLA S2

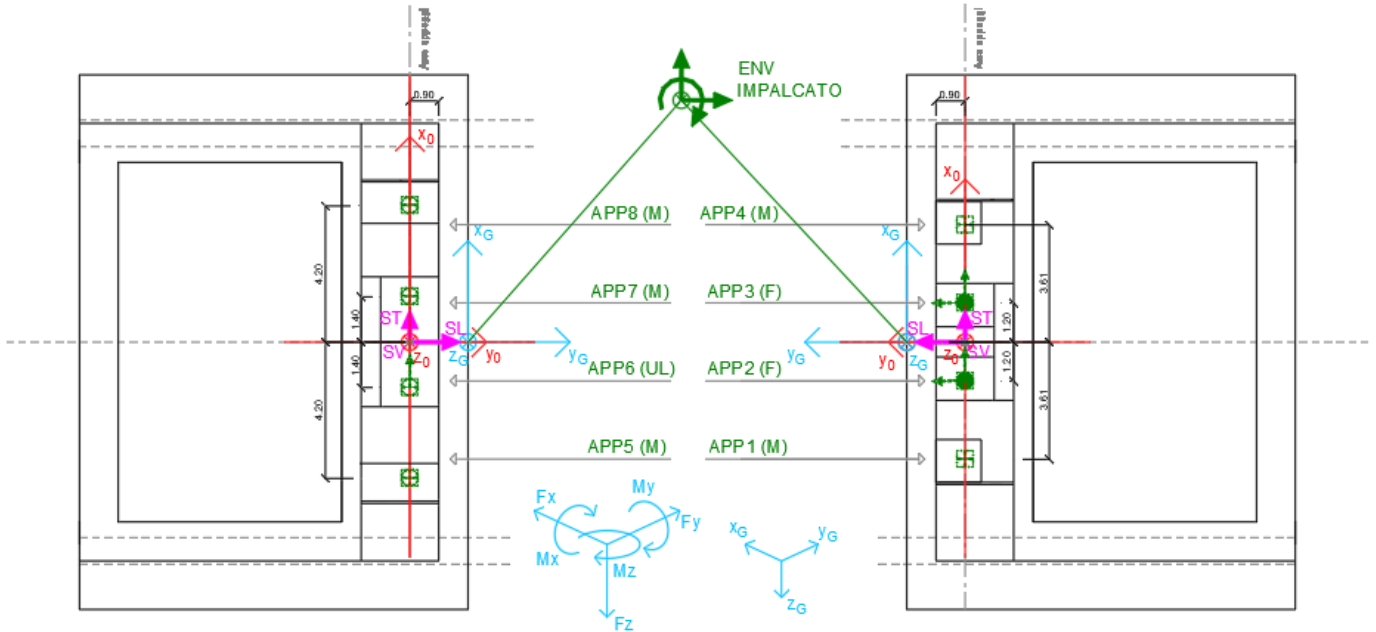


Figura 27- - Schema dei vincoli a terra impalcato

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>81</b>

## 8. COMBINAZIONI DI CARICO

Le singole azioni elementari vengono combinate utilizzando i coefficienti parziali di sicurezza  $\gamma_i$  e i coefficienti di combinazione  $\psi_i$  di seguito riportati:

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 <sup>(5)</sup>	0,20 <sup>(5)</sup>
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(6)</sup>	1,00 <sup>(7)</sup>	1,00	1,00	1,00

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.  
<sup>(2)</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.  
<sup>(3)</sup> Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.  
<sup>(4)</sup> Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.  
<sup>(5)</sup> Aliquota di carico da traffico da considerare.  
<sup>(6)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna  
<sup>(7)</sup> 1,20 per effetti locali

Azioni		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Azioni singole	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
da traffico	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
	gr <sub>1</sub>	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(2)</sup>	0,0
Gruppi di carico	gr <sub>2</sub>	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(2)</sup>	-
	gr <sub>3</sub>	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(2)</sup>	0,0
	gr <sub>4</sub>	1,00	1,00 <sup>(2)</sup>	0,0
	Azioni del vento	F <sub>wk</sub>	0,60	0,50
Azioni da neve	in fase di esecuzione SLU e SLE	0,80 0,0	0,0 0,0	0,0 0,0
Azioni termiche	T <sub>k</sub>	0,60	0,60	0,50

<sup>(1)</sup> 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

<sup>(2)</sup> Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Tabella 22 – Combinazioni di carico

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	82

### 8.1.1 Gruppi di carico considerati

Gli effetti dei carichi verticali dovuti alla presenza dei convogli vanno sempre combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario, adottando i coefficienti indicati in Tab. 5.2.IV. Il carico verticale, nel caso di ponti con più binari, è quello che si ottiene con i treni specificati nella Tab. 5.2.III di NTC 08.

Nella valutazione degli effetti di interazione, alle azioni conseguenti all'applicazione dei carichi da traffico ferroviario si adotteranno gli stessi coefficienti parziali dei carichi che li generano.

Tab. 5.2.IV -Valutazione dei carichi da traffico

TIPO DI CARICO	Azioni verticali		Azioni orizzontali			Commenti
	Carico verticale (1)	Treno scarico	Frenatura e avviamento	Centrifuga	Serpeggio	
Gruppo 1 (2)	1,0	-	0,5 (0,0)	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	massima azione verticale e laterale
Gruppo 2 (2)	-	1,0	0,0	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	stabilità laterale
Gruppo 3 (2)	1,0 (0,5)	-	1,0	0,5 (0,0)	0,5 (0,0)	massima azione longitudinale
Gruppo 4	0,8 (0,6;0,4)	-	0,8 (0,6;0,4)	0,8 (0,6;0,4)	0,8 (0,6;0,4)	Fessurazione

(1) Includendo tutti i valori (F; a; etc..)

(2) La simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1.0), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1,2 e 3 senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali

I valori campiti in grigio rappresentano l'azione dominante.

Tabella 23 – Schema dei gruppi di combinazioni per azioni di traffico – Ponti ferroviari

I valori fra parentesi indicati nella Tab. 5.2.IV vanno assunti quando l'azione risulta favorevole nei riguardi della verifica che si sta svolgendo.

Il gruppo 4 è da considerarsi esclusivamente per le verifiche a fessurazione. I valori indicati fra parentesi si assumono pari a: (0,6) per impalcati con 2 binari caricati e (0,4) per impalcati con tre o più binari caricati.

Per la valutazione delle azioni verticali da traffico ferroviario, è stato considerato il gruppo 1, definendo i seguenti:

Caso 1) LM71 sul binario 1, assunto con una eccentricità alla destra dell'asse del binario;

Caso 2) LM71 sul binario 1, assunto con eccentricità a sinistra dell'asse del binario;

Caso 3) SW/2 sul binario 1;

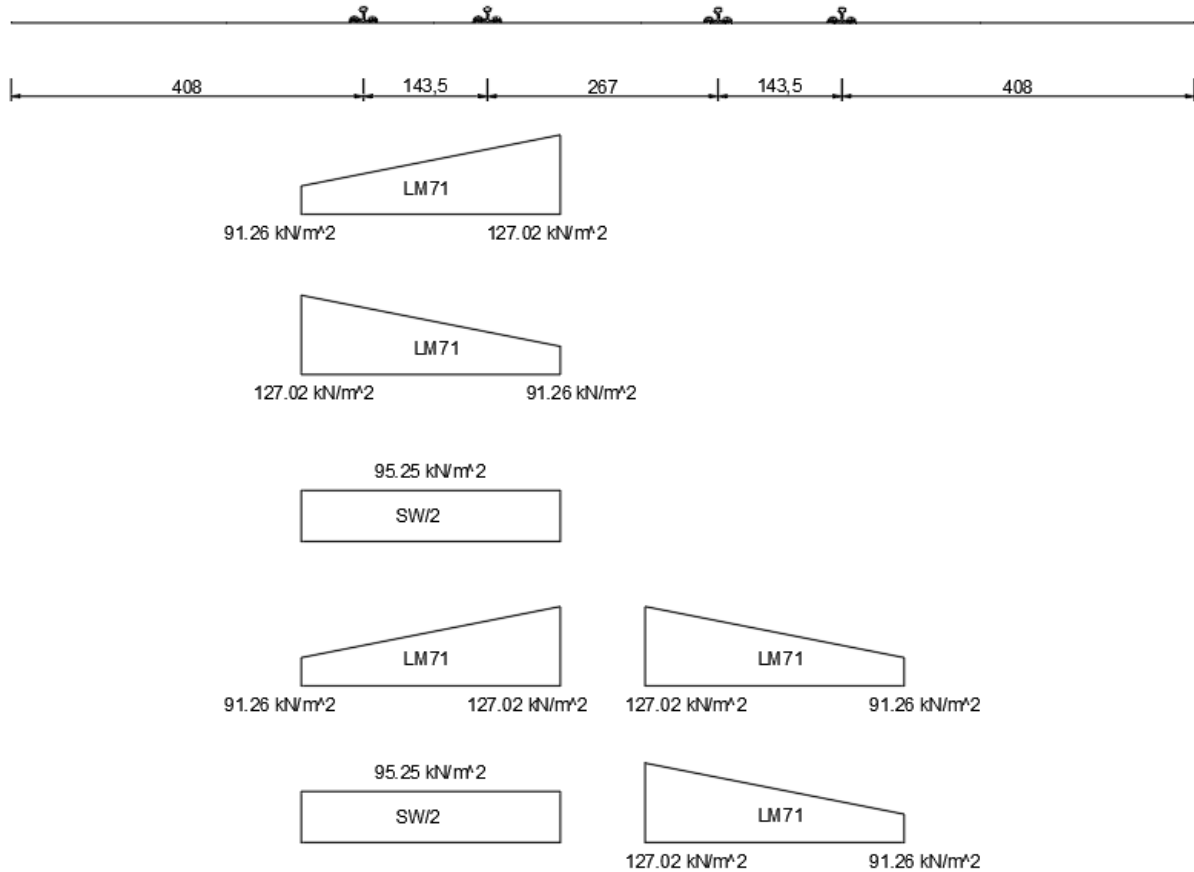
Caso 4) LM71 con eccentricità a destra dell'asse del binario "+" LM71 con eccentricità a sinistra dell'asse, rispettivamente sul binario 1 e 2;

Caso 5) SW/2 sul binario 1 "+" LM71 con eccentricità a sinistra dell'asse del binario.

Data la simmetria della struttura, è stata considerato sufficiente l'adozione delle suddette configurazioni di carico, la cui distribuzione viene illustrata nella figura seguente.

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	83



## 8.2 COMBINAZIONI DI CARICO ADOTTATE

Per la determinazione degli effetti delle azioni da traffico si fa riferimento ai gruppi di carico da 1 a 4 secondo la tabella riportata di seguito:

TIPO DI CARICO	Azioni verticali		Azioni orizzontali			Commenti
	Gruppo di carico	Carico verticale (1)	Treno scarico	Frenatura e avviamento	Centrifuga	
Gruppo 1 (2)	1,00	-	0,5 (0,0)	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	massima azione verticale e laterale
Gruppo 2 (2)	-	1,00	0,00	1,0 (0,0)	1,0(0,0)	stabilità laterale
Gruppo 3 (2)	1,0 (0,5)	-	1,00	0,5 (0,0)	0,5 (0,0)	massima azione longitudinale
Gruppo 4	0,8 (0,6; 0,4)	-	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	fessurazione

■ Azione dominante  
 (1) Includendo tutti i fattori ad essi relativi ( $\Phi, \alpha$ , ecc.)  
 (2) La simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1, 2, 3 senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali.



MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>84</b>

Nel caso in esame, le azioni agenti sull'impalcato sono state combinate secondo i gruppi 1 e 3 che comportano le maggiori sollecitazioni per le strutture in elevazione e in fondazione.

Nella figura successiva vengono esplicitate le tipologie di combinazioni utilizzate:

- Tipo Comb
- 1  $1,35^*Gk1+1,50^*Gk2b+1,35^*Gk2v+0,73^*Qk3a,i+0,73^*Qk3f,i+1,45^*Qk4,i+1,45^*Qk5,i+0,9^*Qk6+1,45^*Qk1,i+1,35^*Qk2g+1,45^*Qk2q$
  - 2  $1,35^*Gk1+1,50^*Gk2b+1,35^*Gk2v+1,45^*Qk3a,i+1,45^*Qk3f,i+0,73^*Qk4,i+0,73^*Qk5,i+0,9^*Qk6+1,45^*Qk1,i+1,35^*Qk2g+1,45^*Qk2q$
  - 3  $1,00^*Gk1+1,00^*Gk2b+1,00^*Gk2v+0,73^*Qk3a,i+0,73^*Qk3f,i+1,45^*Qk4,i+1,45^*Qk5,i+0,9^*Qk6+1,45^*Qk1,i+1,35^*Qk2g+1,45^*Qk2q$
  - 4  $1,00^*Gk1+1,00^*Gk2b+1,00^*Gk2v+1,45^*Qk3a,i+1,45^*Qk3f,i+0,73^*Qk4,i+0,73^*Qk5,i+0,9^*Qk6+1,45^*Qk1,i+1,35^*Qk2g+1,45^*Qk2q$
  - 5  $1,00^*Gk1+1,00^*Gk2b+1,00^*Gk2v+1,50^*Qk6+1,00^*Qk2g$
  - 6  $1,00^*Gk1+1,00^*Gk2b+1,00^*Gk2v+1,00^*Qk2g+0,73^*Qk2q$
  - 7  $1,00^*Gk1+1,00^*Gk2b+1,00^*Gk2v+0,8^*Qk3a,i+0,8^*Qk3f,i+1,00^*Qk4+1,00^*Qk5+0,6^*Qk6+1,00^*Qk1+1,00^*Qk2g+1,00^*Qk2q$
  - 8  $1,00^*Gk1+1,00^*Gk2b+1,00^*Gk2v+1,00^*Qk3a,i+1,00^*Qk3f,i+0,8^*Qk4+0,8^*Qk5+0,6^*Qk6+1,00^*Qk1+1,00^*Qk2g+1,00^*Qk2q$
  - 9  $1,00^*Gk1+1,00^*Gk2b+1,00^*Gk2v+1,00^*Qk6+1,00^*Qk2g$
  - 10  $1,00^*Gk1+1,00^*Gk2b+1,00^*Gk2v$
  - 11  $1,00^*Gk1+1,00^*Gk2b+1,00^*Gk2v+1,00^*Qk2g$

*Figura 28 - Tipologie di combinazioni di carico*

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>85</b>

NomeEnv:	TipoComb:	NumComb:	Comb:	Gk1 Perm. Str.-G1 (peso proprio)	Gk2b Ballast-G2,1 (ballast)	Gk2v-Perm. non str. vari	Gk3a-Traffico 1	Gk3a-Traffico 2	Gk3a-Traffico 3	Gk3f-Traffico 1	Gk3f-Traffico 2	Gk3f-Traffico 3	Gk4-Traffico 1	Gk4-Traffico 2	Gk4-Traffico 3	Gk5-Traffico 1	Gk5-Traffico 2	Gk5-Traffico 3	Gk6 vento-Q6 (vento)	Gk1-Traffico 1	Gk1-Traffico 2	Gk1-Traffico 3	Gk2g attrito-Q8 Fa.G (attrito)	Gk2q attrito-Q8 Fa.Q (attrito)
SLU	1	1	SLU1	1,35	1,50	1,35	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,90	1,45	0,00	0,00	1,35	1,45
SLU	2	2	SLU2	1,35	1,50	1,35	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,90	1,45	0,00	0,00	1,35	1,45
SLU	1	3	SLU3	1,35	1,50	1,35	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,90	0,00	1,45	0,00	1,35	1,45
SLU	2	4	SLU4	1,35	1,50	1,35	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,90	0,00	1,45	0,00	1,35	1,45
SLU	1	5	SLU5	1,35	1,50	1,35	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,90	0,00	0,00	1,45	1,35	1,45
SLU	2	6	SLU6	1,35	1,50	1,35	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,90	0,00	0,00	1,45	1,35	1,45
SLU	3	7	SLU7	1,00	1,00	1,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,90	1,45	0,00	0,00	1,35	1,45
SLU	4	8	SLU8	1,00	1,00	1,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,90	1,45	0,00	0,00	1,35	1,45
SLU	3	9	SLU9	1,00	1,00	1,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,90	0,00	1,45	0,00	1,35	1,45
SLU	4	10	SLU10	1,00	1,00	1,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,90	0,00	1,45	0,00	1,35	1,45
SLU	3	11	SLU11	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,90	0,00	0,00	1,45	1,35	1,45
SLU	4	12	SLU12	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,90	0,00	0,00	1,45	1,35	1,45
SLU	5	13	SLU13	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	1,50	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
SLU	5	14	SLU14	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	1,50	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
SLU	5	15	SLU15	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	-1,50	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
SLU	5	16	SLU16	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	-1,50	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
SLU	6	17	SLU17	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	1,00	0,73
SLU	6	18	SLU18	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	-1,00	-0,73
SLE RA	7	19	RA1	1,00	1,00	1,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,60	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00
SLE RA	8	20	RA2	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,60	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00
SLE RA	7	21	RA3	1,00	1,00	1,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,60	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00
SLE RA	8	22	RA4	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,60	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00
SLE RA	7	23	RA5	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,60	0,00	0,00	1,00	1,00	0,50
SLE RA	8	24	RA6	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,60	0,00	0,00	1,00	1,00	0,50
SLE RA	7	25	RA7	1,00	1,00	1,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,60	1,00	0,00	0,00	-1,00	-1,00
SLE RA	8	26	RA8	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,60	1,00	0,00	0,00	-1,00	-1,00
SLE RA	7	27	RA9	1,00	1,00	1,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,60	0,00	1,00	0,00	-1,00	-1,00
SLE RA	8	28	RA10	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,60	0,00	1,00	0,00	-1,00	-1,00
SLE RA	7	29	RA11	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,60	0,00	0,00	1,00	-1,00	-0,50
SLE RA	8	30	RA12	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,60	0,00	0,00	1,00	-1,00	-0,50
SLE RA	9	31	RA13	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	1,00	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
SLE RA	9	32	RA14	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	-1,00	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
SLE RA	9	33	RA15	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	1,00	1,00
SLE QP	10	34	QP1	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
SLE QP	11	35	QP2	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	-1,00	0,00
SLE QP	11	36	QP3	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	1,00	0,00

Tabella 24 – Combinazioni di carico Spalla (fondazione ed elevazione)

LINEA PESCARA - BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA

LOTTO 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA

VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:

Relazione di calcolo Spalla S1

Table with columns: COMMESSA, LOTTO, FASE, ENTE, TIPO DOC, OPERA 7 DISCIPLINA, PROGR, REV, FOGLIO. Values: LI0B, 02, E, ZZ, CL, VI, 03, 04, 001, B, 86

Nelle figure successive vengono esplicitate le combinazioni utilizzate per l'analisi trasversale spalla:

Large data table with columns for various structural parameters (e.g., S1U1-S1U24, S2Barrere, S3Barrere) and rows for different components like PP soletta, PP muri laterali, PNNS corbello, etc.













MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	92

Nelle figure successive vengono esplicitate le combinazioni utilizzate per l'analisi dei muri posteriori:

	SLU				SLV				SLE RA		SLE QP	
	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLV1	SLV2	SLV3	SLV4	RA1	RA2	QP1	QP2
1: PP Muro Posteriore	1,35	1,35	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2: Carico orizzontale Ballast	1,50	1,50	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
3: Sovraccarico long	0,00	1,45	1,45	1,45	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00
4: SV Muro Posteriore	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	-1,00	0,30	-0,30	0,00	0,00	0,00	0,00
5: ST Muro Posteriore	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,30	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6: ST Carico orizzontale Ballast	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,30	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**Figura 31 - Combinazioni di carico (Muro posteriore dietro alla spalla)**

	SLU							SLV				SLE RA				SLE QP	
	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6	SLU7	SLV1	SLV2	SLV3	SLV4	RA1	RA2	RA3	RA4	QP1	QP2
1: PP Muro Posteriore	1,35	1,35	1,00	1,00	1,35	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2: Carico orizzontale Ballast	1,50	1,50	1,50	0,00	1,50	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
3: Sovraccarico long	0,00	0,00	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
4: Spinta terreno	1,50	0,00	0,00	0,00	1,50	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5: SV Muro Posteriore	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	-1,00	0,30	-0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6: ST Muro Posteriore	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,30	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7: ST Carico orizzontale Ballast	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,30	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8: ST Spinta terreno	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,30	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**Figura 32 - Combinazioni di carico (Muro posteriore dietro alla struttura scatolare)**

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>93</b>

## 9. VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

### 9.1 ELEMENTI IN CEMENTO ARMATO

#### 9.1.1 Stati Limite Ultimi strutturali (SLU STR)

Come riportato al §2.3 delle NTC 2008, per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

$E_d = E(Y_F \cdot F_k; X_k / Y_M; a_d)$  Valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione

$R_d = R(Y_F \cdot F_k; X_k / Y_M; a_d)$  Valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico

$Y_F \cdot F_k$  Azioni di progetto

$X_k / Y_M$  Proprietà del materiale di progetto

$a_d$  Geometria di progetto

$Y_M$  Coefficiente parziale di sicurezza del materiale

##### 9.1.1.1 Verifica a presso/tenso flessione

Come previsto al §4.1.2.1.2.4 delle [12] con riferimento alla generica sezione, la verifica di resistenza allo SLU si esegue controllando che:

$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed}$$

$M_{Rd}$  Valore di calcolo del momento resistente corrispondente a  $N_{Ed}$

$N_{Ed}$  Valore di calcolo della componente assiale (sforzo normale)

$M_{Ed}$  Valore di calcolo della componente flettente dell'azione

##### 9.1.1.2 Verifica a taglio

Secondo quanto previsto §4.1.2.1.3 delle [12], indicato con  $V_{Ed}$  il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente allo SLU, si verifica in generale che risulti:

$$V_{Ed} < V_{Rd}$$

*Elementi senza armature resistenti a taglio*

$$V_{Rd,c} = \max \left\{ \left( 0.18 \cdot k \cdot \frac{\sqrt[3]{100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck}}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right) \cdot b_w \cdot d; (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\} \quad \text{Resistenza di calcolo a taglio}$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2$$

$$v_{min} = 0.035 \cdot \sqrt{k^3} \cdot \sqrt{f_{ck}}$$

$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0.02$  Rapporto percentuale armatura in zona tesa  $A_{sl}$

$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} \leq 0.2 \cdot f_{cd}$  Tensione media di compressione nella sezione

$d$  Altezza utile della sezione (mm)

$b_w$  Larghezza minima della sezione (mm)

*Elementi provvisti di armature resistenti a taglio*

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	94

$$V_{Rd} = \min(V_{Rd,s}; V_{Rd,max})$$

$$V_{Rd,s} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rd,max} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot \frac{(\cot \alpha + \cot \theta)}{1 + \cot^2 \theta}$$

$$\theta$$

$$\cot \theta \leq 2.5)$$

$\alpha$

$A_{sw}$

$s$

$$f'_{cd} = 0.5 \cdot f_{cd}$$

$\alpha_c$

Resistenza di calcolo a taglio

Resistenza a taglio-trazione

Resistenza a taglio-compressione

Inclinazione puntoni di cls rispetto asse elemento ( $1 \leq$

Inclinazione dell'armatura trasversale rispetto asse elemento

Area dell'armatura trasversale

Interasse tra due armature trasversali consecutive

Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima

Coefficienti maggiorativi pari a:

1 per membrature non compresse

$1 + \sigma_{cp}/f_{cd}$  per  $0 \leq \sigma_{cp} < 0.25 \cdot f_{cd}$

1.25 per  $0.25 \cdot f_{cd} \leq \sigma_{cp} < 0.50 \cdot f_{cd}$

$2.5 \cdot (1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$  per  $0.50 \cdot f_{cd} \leq \sigma_{cp} < f_{cd}$

### 9.1.1.3 Verifica a punzonamento

In corrispondenza del collegamento tra setti, pilastri o pali di fondazione ed elementi piani (plinti, solette) si hanno sollecitazioni concentrate, con meccanismo resistente a taglio in condizioni di rottura SLU dipendente dalla geometria locale tra i due elementi e le loro condizioni al contorno.

Le verifiche a taglio-punzonamento vengono eseguite in accordo con le UNI EN 1992-1-1: 2005, dove il taglio sollecitante unitario  $v_{Ed}$  si assume distribuito sul perimetro  $u_i$  del cono di rottura:

$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_i \cdot d}$$

$\beta$  coeff. posizioni reciproche tra aree di carico (pilastro interno 1.15, spigolo 1.50, bordo 1.40)

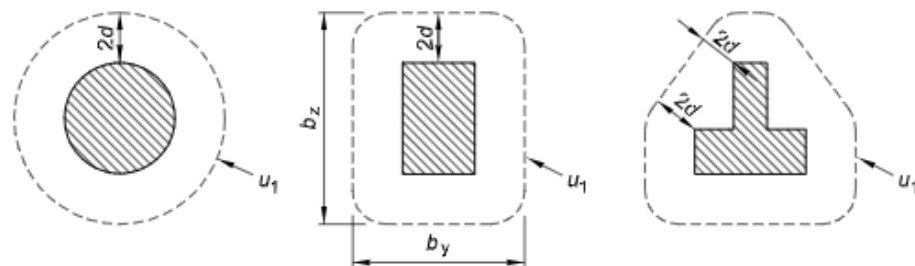
$V_{Ed}$  azione sollecitante di progetto

$u_i$  perimetro della sezione di verifica

$d = \frac{d_y + d_z}{2}$  altezza utile della sezione

$d_y, d_z$  altezze utili delle armature disposte nelle due direzioni principali

figura 6.13 Perimetri di verifica di base tipici intorno ad aree caricate



VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	95

figura 6.15 Perimetro di verifica di base per aree caricate in prossimità di bordi o di angoli

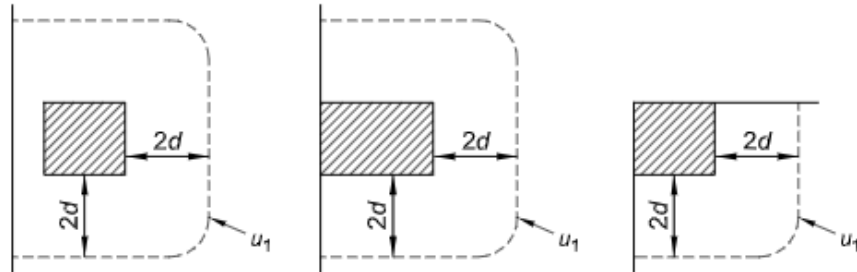


Figura 33 - Schemi aree di carico per diverse geometrie

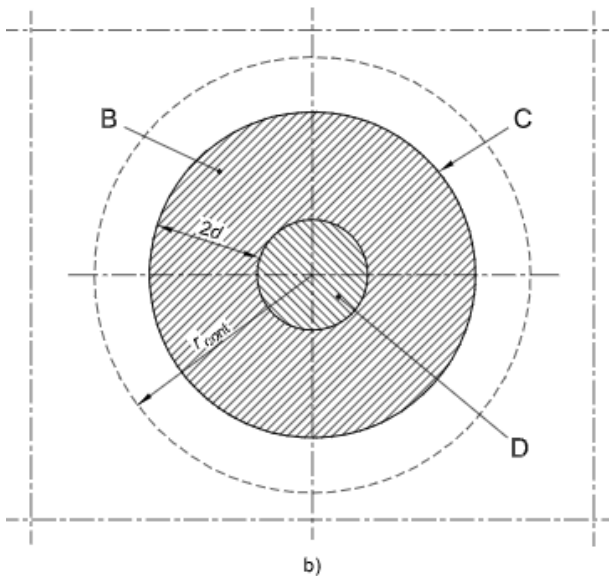
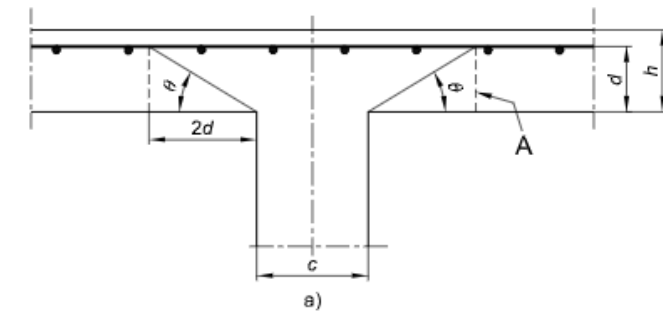


figura 6.12 Modello di verifica a punzonamento allo stato limite ultimo

Legenda

- a) Sezione
- b) Pianta
- A Sezione di base per la verifica
- B Area di verifica di base  $A_{cont}$
- C Perimetro di verifica di base,  $u_1$
- D Area caricata  $A_{load}$
- $r_{cont}$  Ulteriore perimetro di verifica
- $\theta = \arctan(1/2)$   
 $= 26,6^\circ$

Figura 34 – Modello di verifica a punzonamento SLU

Per un elemento a piastra e lungo le sezioni di verifica considerate, si definiscono le seguenti resistenze di progetto a taglio-punzonamento:

$$V_{Rd,c} = \max \left( C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}; V_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right) \quad \text{per piastra senza armature a punzonamento}$$

$$V_{Rd,cs} = 0.75 \cdot V_{Rd,c} + 1.5 \cdot \left( \frac{d}{s_r} \right) \cdot A_{sw} \cdot f_{ywd,ef} \cdot \frac{1}{u_1 \cdot d} \cdot \sin \alpha \quad \text{per piastra con armature a punzonamento}$$

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	96

$$V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot f_{cd}$$

valore massimo assoluto

$$C_{Rd,c} = \frac{0.18}{\gamma_c}$$

$$k = \min \left( 1 + \sqrt{\frac{200}{d}}; 2 \right)$$

$$\rho_1 = \min \left( \sqrt{\rho_{1y} \cdot \rho_{1z}}; 0.02 \right)$$

$\rho_{1y}, \rho_{1z}$

percentuale di armatura longitudinale nelle due direzioni principali

$$\sigma_{cp} = \frac{\sigma_{cy} + \sigma_{cz}}{2}$$

$$\sigma_{c,y} = \frac{N_{Ed,y}}{A_{cy}}, \quad \sigma_{c,z} = \frac{N_{Ed,z}}{A_{cz}}$$

tensioni normali nelle due direzioni principali

$N_{Ed,y}, N_{Ed,z}$

azioni normali nelle due direzioni principali

$A_{cy}, A_{cz}$

aree delle due direzioni principali

$$v_{min} = 0.035 \cdot \sqrt{k^3 \cdot f_{ck}}$$

$$k_1 = 0.1$$

(annesso italiano all'Eurocodice)

$s_r$

passo radiale perimetri di armatura a taglio-punzonamento

$A_{sw}$

area armatura a taglio-punzonamento all'interno del perimetro di verifica

$$f_{ywd,ef} = \min(f_{ywd}; 250 + 0.25 \cdot d)$$

resistenza di progetto efficace dell'armatura a taglio-punzonamento

$\alpha$

angolo compreso tra l'armatura a taglio e il piano della piastra

La verifica da effettuare lungo il perimetro del pilastro  $u_0$ , descritto dall'area caricata  $A_{load}$ , è la seguente:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,max}$$

$u_0$	= sviluppo del perimetro pilastro	pilastro interno
	= $c_2 + 3d \leq c_2 + 2 \cdot c_1$	pilastro di bordo
	= $3d \leq c_1 + c_2$	pilastro d'angolo

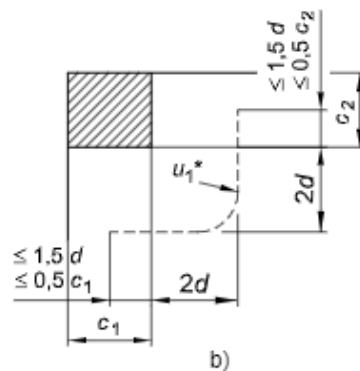
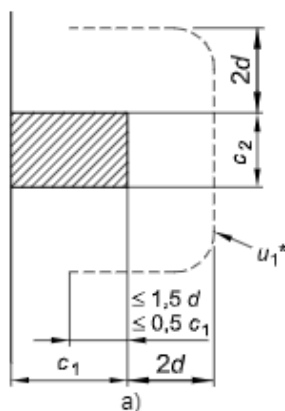


figura 6.20

**Perimetro di verifica equivalente  $u_1$ .**

Legenda

- a) Pilastro di bordo
- b) Pilastro d'angolo

**Figura 35 – Geometria dei perimetri pilastri per elementi d'angolo e di bordo**

Le verifiche da effettuare lungo il perimetro di base  $u_1$  sono le seguenti:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} \quad \text{piastra senza armature a taglio-punzonamento}$$

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,cs} \quad \text{piastra con armature a taglio-punzonamento}$$

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	97

## 9.1.2 Stati Limite Ultimi di esercizio (SLE STR, SLD)

### 9.1.2.1 Limiti tensionali in esercizio

Come riportato al §6.2.4.3 e §5.1.4.2 delle NTC 2008, la verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio si esprime controllando aspetti di funzionalità e stato tensionale. Si dovrà verificare che sia:

$$E_d \leq C_d$$

$$E_d = E(Y_F \cdot F_k; X_k / Y_M; a_d) \quad \text{Valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione}$$

$$C_d = C(Y_F \cdot F_k; X_k / Y_M; a_d) \quad \text{Valore nominale o funzione di certe proprietà dei materiali legate agli effetti progettuali delle azioni considerate}$$

Le verifiche si risolvono nel controllare che i valori di tensione nei materiali siano inferiori ai valori limite delle tensioni riportati al paragrafo 2.5.1.8.3.2.1 del MdP ITF:

	Combinazione quasi permanente	$\sigma_c < 0.40 \cdot f_{ck}$
Acciaio teso	Combinazione rara	$\sigma_s < 0.75 \cdot f_{yk}$

### 9.1.2.2 Verifiche agli Stati Limite di Fessurazione

Viene eseguita la verifica allo stato limite di apertura delle fessure con riferimento al §4.1.2.2.4 delle NTC 2008. Prima di procedere alle verifiche a fessurazione è necessario definire delle apposite combinazioni di carico ed effettuare una valutazione relativa al grado di protezione delle armature metalliche contro la corrosione (in termini di condizioni ambientali e sensibilità delle armature stesse alla corrosione). Si distinguono i seguenti casi:

Combinazioni di azioni	Rara (RA) Quasi Permanente (QP)
Condizioni ambientali	Ordinarie (Gruppo A) Aggressive (Gruppo B) Molto aggressive (Gruppo C)
Sensibilità delle armature alla corrosione	Sensibili (acciai da precompresso) Poco sensibili (acciai ordinari)
Stato limite	Apertura fessure (AF) Formazione fessure (FF) Decompressione (D)
Apertura delle fessure	$w_1 = 0.20 \text{ mm}$ $w_2 = 0.30 \text{ mm}$ $w_3 = 0.40 \text{ mm}$

Tab. 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tabella 25 - Condizioni ambientali e classi di esposizione secondo NTC 2008

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>98</b>

Tab. 4.1.IV - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di Esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	$w_k$	Stato limite	$w_k$
A	Ordinarie	frequente	apertura fessure	$\leq w_2$	apertura fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
B	Aggressive	frequente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$
C	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	apertura fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$

Tabella 26 - Stati limite di fessurazione secondo NTC 2008

Il calcolo, condotto con riferimento alla procedura analitica prevista al §C4.1.2.2.4 del [15], prevede i seguenti passaggi:

- Valutazione della distanza media tra le fessure ( $\Delta_{sm}$ );
- Valutazione della deformazione media delle barre d'armatura ( $\varepsilon_{sm}$ );
- Valutazione dell'ampiezza delle fessure (valore medio  $w_m$  e valore di calcolo  $w_k$ ).

Come riportato al paragrafo 2.5.1.8.3.2.4 del MdP ITF, la verifica allo stato limite di apertura delle fessure viene calcolata con la combinazione caratteristica (rara) nei riguardi dello stato limite di esercizio. I limiti per l'apertura convenzionale delle fessure vengono valutati secondo le condizioni ambientali della struttura.

La verifica dell'ampiezza di fessurazione può anche essere condotta senza calcolo diretto, limitando la tensione di trazione nell'armatura, valutata nella sezione parzializzata per la combinazione di carico pertinente, ad un massimo correlato al diametro delle barre ed alla loro spaziatura. Si distinguono i seguenti casi:

Elemento strutturale	Classi di esposizione	Gruppo di esigenza	Condizioni ambientali	Combinaz. di azioni	Stato limite	$w_k$
Elevazioni	XC4 – XS1	B	Aggressive	RA	AF	$\leq w_1 = 0.20$ mm
Fondazioni	XC2	A	Ordinarie	RA	AF	$\leq w_2 = 0.30$ mm

Tabella 27 – Riepilogo stati limite di fessurazione di verifica

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	99

## 10. MODELLI DI CALCOLO

Per il dimensionamento delle strutture di spalla sono stati adottati i seguenti diversi modelli di calcolo:

- 1) modello generale della spalla, implementato in un foglio di calcolo Excel, specifico per ricavare le sollecitazioni globali sulle fondazioni partendo dagli scarichi appoggi dell'impalcato; sono considerati i pesi propri degli elementi strutturali, del terreno di riempimento della spalla, le spinte del terreno di rilevato e, in condizioni sismiche, le masse, secondo le ipotesi illustrate nell'analisi dei carichi; il solettone di fondazione viene considerato come una piastra rigida su pali;
  - a. modello locale del muro frontale, implementato in un foglio di calcolo Excel, considerando uno schema strutturale di mensola incastrata alla base;
  - b. modello locale del paraghiaia, implementato in un foglio di calcolo Excel, considerando uno schema strutturale di mensola incastrata alla base;
  - c. modello locale in direzione longitudinale della fondazione, implementato in un foglio di calcolo Excel, dove vengono calcolate le sollecitazioni del plinto in direzione longitudinale a partire dagli scarichi sui pali, desunti dalla relazione geotecnica;
- 2) modello trasversale della spalla, implementato come un telaio piano e discretizzato con un modello agli elementi finiti, dove vengono valutate le sollecitazioni in direzione trasversale del solettone, dei muri laterali e del plinto in direzione trasversale;
- 3) modello locale del muro posteriore di chiusura della struttura scatolare della spalla, implementato come un telaio piano e discretizzato con un modello agli elementi finiti;
- 4) modello trasversale dei muri scatolari esterni, implementato come un telaio piano e discretizzato con un modello agli elementi finiti dove vengono valutate le sollecitazioni in direzione trasversale del solettone, dei muri laterali, del muro centrale e del plinto in direzione trasversale;
- 5) modello locale del muro posteriore di chiusura dei muri scatolari esterni, implementato come un telaio piano e discretizzato con un modello agli elementi finiti;

Per il terreno di riempimento si considera lo standard per rilevati ferroviari e si assegnano le seguenti caratteristiche meccaniche:

Parametri Geotecnici		
$\gamma$	$\varphi'$	$c'$
[kN/m <sup>3</sup> ]	[°]	[kPa]
20	38	0

Tabella 28 – Parametri geotecnici terreno di riempimento

Tutte le azioni e le combinazioni di carico considerate per le verifiche strutturali e geotecniche sono state sviluppate nell'ipotesi A1-M1.

### 10.1.1 Condizioni statiche

Le spinte del terreno a monte degli elementi verticali della spalla sono calcolate con la teoria di Rankine, con distribuzione triangolare delle tensioni e conseguente risultante della spinta.



MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	100

Si deve notare che essendo presente una fondazione su pali si ipotizza che la spalla sia impedita di traslare rispetto al terreno; pertanto, la spinta in condizioni di esercizio viene calcolata con il coefficiente di spinta in quiete  $k_0$ .

Per considerare la presenza di un sovraccarico da traffico gravante sulla spalla e tergo di essa, si considera un carico uniformemente distribuito di lunghezza indefinita con valore equivalente pari ad entrambi i binari caricati con dei modelli di carico LM71, non amplificato per il coefficiente dinamico.

### 10.1.2 Condizioni sismiche

In condizione sismica si considera un incremento della spinta del terreno rispetto alla condizione statica in esercizio. La sovraspinta sismica viene calcolata con la teoria di Mononome-Okabe con  $\beta_m = 1.00$ , in quanto si considera la spalla debolmente deformabile in condizione sismica.

In fase sismica si considerano inoltre le azioni orizzontali e verticali dovute all'inerzia delle parti in calcestruzzo e del rinterro compreso tra i muri andatori.

VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	101

## 11. ANALISI GENERALE SPALLA MOBILE S1

### 11.1 AZIONE IMPALCATI

Mediante l'ausilio di un foglio di calcolo, si sono valutate le singole azioni caratteristiche permanenti strutturali ( $G_{k1}$ ), non strutturali ( $G_{k2}$ ) e accidentali ( $Q_{ki}$ ) derivanti dagli scarichi degli impalcati in appoggio, secondo le azioni descritte nei capitoli precedenti di analisi dei carichi.

Tutte le azioni elementari caratteristiche, accorpate per gruppi omogenei dello stesso tipo, sono state valutate come forze  $F_x$  (trasversali),  $F_y$  (longitudinali),  $F_z$  (verticali) e momenti  $M_x$  (longitudinali),  $M_y$  (trasversali),  $M_z$  (torcenti) rispetto al punto G, posto al centro della elevazione spalla, secondo lo schema di riferimento, a quota estradosso muro frontale, e i rispettivi assi x, y, z come riportato nella figura seguente.

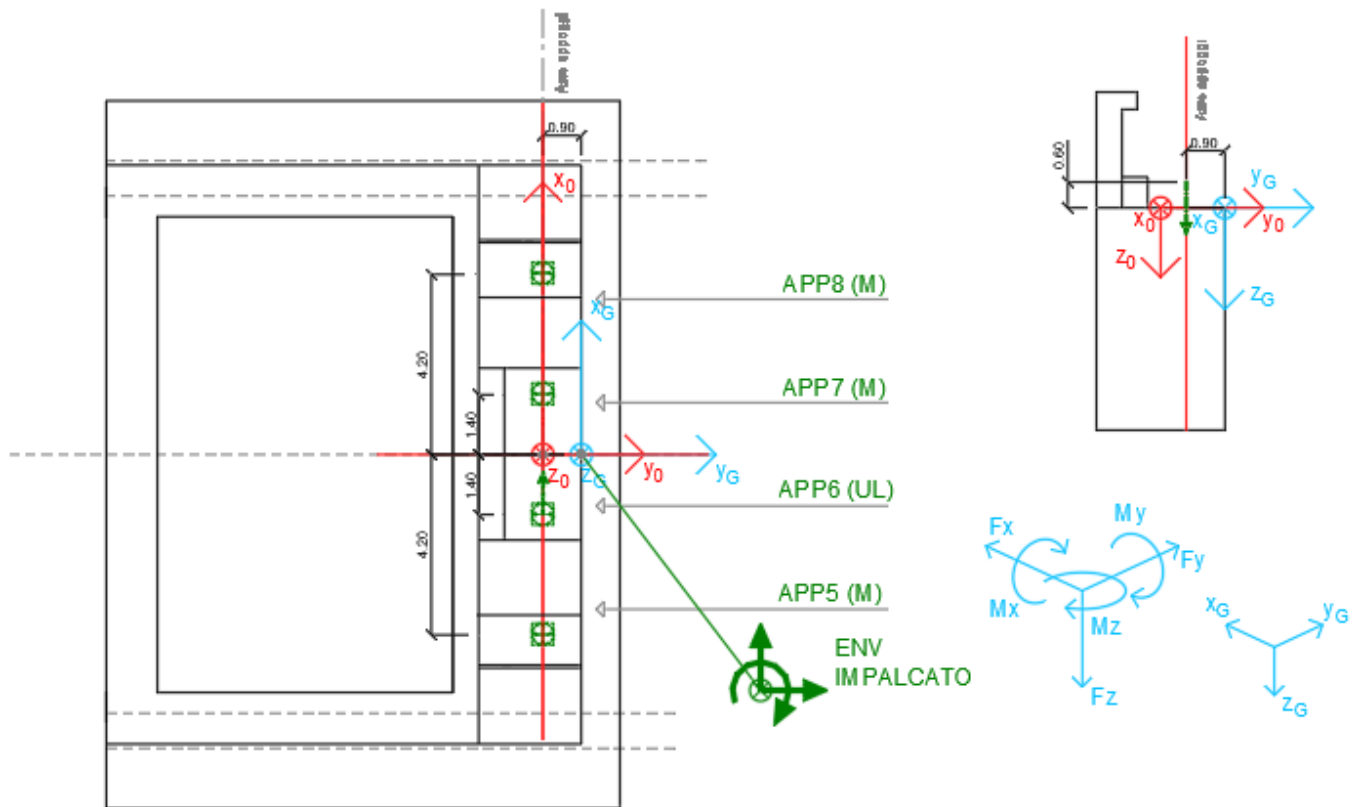


Figura 36 – Schema e sistema di riferimento utilizzato per il calcolo delle azioni applicate

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>102</b>

NOME: SPALLA 1		CALCOLO AZIONI DA IMPALCATO													
LATI APPOGGI SCORREVOLI (IMPALCATO ACCIAIO L=40m)															
APPOGGIO 5 (M)	F <sub>x0</sub> (kN)	F <sub>y0</sub> (kN)	F <sub>z0</sub> (kN)	x <sub>0</sub> (m)	y <sub>0</sub> (m)	z <sub>0</sub> (m)	M <sub>x0</sub> (kNm)	M <sub>y0</sub> (kNm)	M <sub>z0</sub> (kNm)	F <sub>xG</sub> (m)	F <sub>yG</sub> (m)	F <sub>zG</sub> (m)	M <sub>xG</sub> (kNm)	M <sub>yG</sub> (kNm)	M <sub>zG</sub> (kNm)
G1 (peso proprio)	0	0	1075	-4,20	0,00	-0,60	0	4516	0	0	0	1075	-968	4516	0
G2,1 (ballast)	0	0	325	-4,20	0,00	-0,60	0	1365	0	0	0	325	-293	1365	0
G2,2 (velette)	0	0	225	-4,20	0,00	-0,60	0	945	0	0	0	225	-203	945	0
G2,3 (arredi)	0	0	425	-4,20	0,00	-0,60	0	1785	0	0	0	425	-383	1785	0
G2,4 (barriere)	0	0	575	-4,20	0,00	-0,60	0	2415	0	0	0	575	-518	2415	0
Q3,a B1-SW2 (aw)	0	0	0	-4,20	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q3,a B1-LM71 (aw)	0	0	0	-4,20	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q3,a B2-LM71 (aw)	0	0	66	-4,20	0,00	-0,60	0	276	0	0	0	66	-59	276	0
Q3,f B1-SW2 (fren)	0	0	0	-4,20	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q3,f B1-LM71 (fren)	0	0	0	-4,20	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q3,f B2-LM71 (fren)	0	0	40	-4,20	0,00	-0,60	0	167	0	0	0	40	-36	167	0
Q4 B1-SW2 (centr)	0	0	0	-4,20	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q4 B1-LM71 (centr)	0	0	0	-4,20	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q4 B2-LM71 (centr)	0	0	0	-4,20	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q5 B1-SW2 (serp)	0	0	-41	-4,20	0,00	-0,60	0	-173	0	0	0	-41	37	-173	0
Q5 B1-LM71 (serp)	0	0	-45	-4,20	0,00	-0,60	0	-191	0	0	0	-45	41	-191	0
Q5 B2-LM71 (serp)	0	0	-45	-4,20	0,00	-0,60	0	-191	0	0	0	-45	41	-191	0
Q6 (vento)	0	0	-29	-4,20	0,00	-0,60	0	-123	0	0	0	-29	26	-123	0
Q1 LM71_B1 (traffico)	0	0	61	-4,20	0,00	-0,60	0	256	0	0	0	61	-55	256	0
Q1 LM71_B2 (traffico)	0	0	1062	-4,20	0,00	-0,60	0	4460	0	0	0	1062	-956	4460	0
Q1 SW2_B1 (traffico)	0	0	92	-4,20	0,00	-0,60	0	388	0	0	0	92	-83	388	0
Q8 Fa,G (attrito)	0	79	0	-4,20	0,00	-0,60	47	0	-331	0	79	0	47	0	-331
Q8 Fa,Q (attrito)	0	24	0	-4,20	0,00	-0,60	14	0	-99	0	24	0	14	0	-99
APPOGGIO 6 (UL)	F <sub>x0</sub> (kN)	F <sub>y0</sub> (kN)	F <sub>z0</sub> (kN)	x <sub>0</sub> (m)	y <sub>0</sub> (m)	z <sub>0</sub> (m)	M <sub>x0</sub> (kNm)	M <sub>y0</sub> (kNm)	M <sub>z0</sub> (kNm)	F <sub>xG</sub> (m)	F <sub>yG</sub> (m)	F <sub>zG</sub> (m)	M <sub>xG</sub> (kNm)	M <sub>yG</sub> (kNm)	M <sub>zG</sub> (kNm)
G1 (peso proprio)	0	0	475	-1,40	0,00	-0,60	0	665	0	0	0	475	-428	665	0
G2,1 (ballast)	0	0	500	-1,40	0,00	-0,60	0	700	0	0	0	500	-450	700	0
G2,2 (velette)	0	0	-138	-1,40	0,00	-0,60	0	-193	0	0	0	-138	124	-193	0
G2,3 (arredi)	0	0	-225	-1,40	0,00	-0,60	0	-315	0	0	0	-225	203	-315	0
G2,4 (barriere)	0	0	-325	-1,40	0,00	-0,60	0	-455	0	0	0	-325	293	-455	0
Q3,a B1-SW2 (aw)	0	0	20	-1,40	0,00	-0,60	0	28	0	0	0	20	-18	28	0
Q3,a B1-LM71 (aw)	0	0	22	-1,40	0,00	-0,60	0	31	0	0	0	22	-20	31	0
Q3,a B2-LM71 (aw)	0	0	44	-1,40	0,00	-0,60	0	61	0	0	0	44	-39	61	0
Q3,f B1-SW2 (fren)	0	0	21	-1,40	0,00	-0,60	0	30	0	0	0	21	-19	30	0
Q3,f B1-LM71 (fren)	0	0	13	-1,40	0,00	-0,60	0	19	0	0	0	13	-12	19	0
Q3,f B2-LM71 (fren)	0	0	27	-1,40	0,00	-0,60	0	37	0	0	0	27	-24	37	0
Q4 B1-SW2 (centr)	0	0	0	-1,40	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q4 B1-LM71 (centr)	0	0	0	-1,40	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q4 B2-LM71 (centr)	0	0	0	-1,40	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q5 B1-SW2 (serp)	100	0	-14	-1,40	0,00	-0,60	0	-79	0	100	0	-14	12	-79	90
Q5 B1-LM71 (serp)	110	0	-15	-1,40	0,00	-0,60	0	-87	0	110	0	-15	14	-87	99
Q5 B2-LM71 (serp)	110	0	-15	-1,40	0,00	-0,60	0	-87	0	110	0	-15	14	-87	99
Q6 (vento)	234	0	25	-1,40	0,00	-0,60	0	-106	0	234	0	25	-22	-106	211
Q1 LM71_B1 (traffico)	0	0	395	-1,40	0,00	-0,60	0	553	0	0	0	395	-355	553	0
Q1 LM71_B2 (traffico)	0	0	728	-1,40	0,00	-0,60	0	1020	0	0	0	728	-656	1020	0
Q1 SW2_B1 (traffico)	0	0	462	-1,40	0,00	-0,60	0	647	0	0	0	462	-416	647	0
Q8 Fa,G (attrito)	0	9	0	-1,40	0,00	-0,60	5	0	-12	0	9	0	5	0	-12
Q8 Fa,Q (attrito)	0	16	0	-1,40	0,00	-0,60	9	0	-22	0	16	0	9	0	-22
APPOGGIO 7 (M)	F <sub>x0</sub> (kN)	F <sub>y0</sub> (kN)	F <sub>z0</sub> (kN)	x <sub>0</sub> (m)	y <sub>0</sub> (m)	z <sub>0</sub> (m)	M <sub>x0</sub> (kNm)	M <sub>y0</sub> (kNm)	M <sub>z0</sub> (kNm)	F <sub>xG</sub> (m)	F <sub>yG</sub> (m)	F <sub>zG</sub> (m)	M <sub>xG</sub> (kNm)	M <sub>yG</sub> (kNm)	M <sub>zG</sub> (kNm)
G1 (peso proprio)	0	0	475	1,40	0,00	-0,60	0	-665	0	0	0	475	-428	-665	0
G2,1 (ballast)	0	0	500	1,40	0,00	-0,60	0	-700	0	0	0	500	-450	-700	0
G2,2 (velette)	0	0	-138	1,40	0,00	-0,60	0	193	0	0	0	-138	124	193	0
G2,3 (arredi)	0	0	-225	1,40	0,00	-0,60	0	315	0	0	0	-225	203	315	0
G2,4 (barriere)	0	0	-325	1,40	0,00	-0,60	0	455	0	0	0	-325	293	455	0
Q3,a B1-SW2 (aw)	0	0	40	1,40	0,00	-0,60	0	-56	0	0	0	40	-36	-56	0
Q3,a B1-LM71 (aw)	0	0	44	1,40	0,00	-0,60	0	-61	0	0	0	44	-39	-61	0
Q3,a B2-LM71 (aw)	0	0	22	1,40	0,00	-0,60	0	-31	0	0	0	22	-20	-31	0
Q3,f B1-SW2 (fren)	0	0	42	1,40	0,00	-0,60	0	-59	0	0	0	42	-38	-59	0
Q3,f B1-LM71 (fren)	0	0	27	1,40	0,00	-0,60	0	-37	0	0	0	27	-24	-37	0
Q3,f B2-LM71 (fren)	0	0	13	1,40	0,00	-0,60	0	-19	0	0	0	13	-12	-19	0
Q4 B1-SW2 (centr)	0	0	0	1,40	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q4 B1-LM71 (centr)	0	0	0	1,40	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q4 B2-LM71 (centr)	0	0	0	1,40	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q5 B1-SW2 (serp)	0	0	14	1,40	0,00	-0,60	0	-19	0	0	0	14	-12	-19	0
Q5 B1-LM71 (serp)	0	0	15	1,40	0,00	-0,60	0	-21	0	0	0	15	-14	-21	0
Q5 B2-LM71 (serp)	0	0	15	1,40	0,00	-0,60	0	-21	0	0	0	15	-14	-21	0
Q6 (vento)	0	0	78	1,40	0,00	-0,60	0	-110	0	0	0	78	-71	-110	0
Q1 LM71_B1 (traffico)	0	0	728	1,40	0,00	-0,60	0	-1020	0	0	0	728	-656	-1020	0
Q1 LM71_B2 (traffico)	0	0	395	1,40	0,00	-0,60	0	-553	0	0	0	395	-355	-553	0
Q1 SW2_B1 (traffico)	0	0	832	1,40	0,00	-0,60	0	-1164	0	0	0	832	-749	-1164	0
Q8 Fa,G (attrito)	0	9	0	1,40	0,00	-0,60	5	0	12	0	9	0	5	0	12
Q8 Fa,Q (attrito)	0	17	0	1,40	0,00	-0,60	10	0	24	0	17	0	10	0	24

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>103</b>

APPOGGIO 8 (M)	F <sub>x0</sub> (kN)	F <sub>y0</sub> (kN)	F <sub>z0</sub> (kN)	x <sub>0</sub> (m)	y <sub>0</sub> (m)	z <sub>0</sub> (m)	M <sub>x0</sub> (kNm)	M <sub>y0</sub> (kNm)	M <sub>z0</sub> (kNm)	F <sub>xG</sub> (m)	F <sub>yG</sub> (m)	F <sub>zG</sub> (m)	M <sub>xG</sub> (kNm)	M <sub>yG</sub> (kNm)	M <sub>zG</sub> (kNm)
G1 (peso proprio)	0	0	1075	4,20	0,00	-0,60	0	-4516	0	0	0	1075	-968	-4516	0
G2,1 (ballast)	0	0	325	4,20	0,00	-0,60	0	-1365	0	0	0	325	-293	-1365	0
G2,2 (velette)	0	0	225	4,20	0,00	-0,60	0	-945	0	0	0	225	-203	-945	0
G2,3 (arredi)	0	0	425	4,20	0,00	-0,60	0	-1785	0	0	0	425	-383	-1785	0
G2,4 (barriere)	0	0	575	4,20	0,00	-0,60	0	-2415	0	0	0	575	-518	-2415	0
Q3,a B1-SW2 (aw)	0	0	60	4,20	0,00	-0,60	0	-251	0	0	0	60	-54	-251	0
Q3,a B1-LM71 (aw)	0	0	66	4,20	0,00	-0,60	0	-276	0	0	0	66	-59	-276	0
Q3,a B2-LM71 (aw)	0	0	0	4,20	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q3,f B1-SW2 (fren)	0	0	63	4,20	0,00	-0,60	0	-266	0	0	0	63	-57	-266	0
Q3,f B1-LM71 (fren)	0	0	40	4,20	0,00	-0,60	0	-167	0	0	0	40	-36	-167	0
Q3,f B2-LM71 (fren)	0	0	0	4,20	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q4 B1-SW2 (centr)	0	0	0	4,20	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q4 B1-LM71 (centr)	0	0	0	4,20	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q4 B2-LM71 (centr)	0	0	0	4,20	0,00	-0,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q5 B1-SW2 (serp)	0	0	41	4,20	0,00	-0,60	0	-173	0	0	0	41	-37	-173	0
Q5 B1-LM71 (serp)	0	0	45	4,20	0,00	-0,60	0	-191	0	0	0	45	-41	-191	0
Q5 B2-LM71 (serp)	0	0	45	4,20	0,00	-0,60	0	-191	0	0	0	45	-41	-191	0
Q6 (vento)	0	0	132	4,20	0,00	-0,60	0	-556	0	0	0	132	-119	-556	0
Q1 LM71_B1 (traffico)	0	0	1062	4,20	0,00	-0,60	0	-4460	0	0	0	1062	-956	-4460	0
Q1 LM71_B2 (traffico)	0	0	61	4,20	0,00	-0,60	0	-256	0	0	0	61	-55	-256	0
Q1 SW2_B1 (traffico)	0	0	1201	4,20	0,00	-0,60	0	-5046	0	0	0	1201	-1081	-5046	0
Q8 Fa,G (attrito)	0	79	0	4,20	0,00	-0,60	47	0	331	0	79	0	47	0	331
Q8 Fa,Q (attrito)	0	25	0	4,20	0,00	-0,60	15	0	107	0	25	0	15	0	107

Tabella 29 - Riepilogo azioni elementari derivanti dagli scarichi degli impalcati

Tipo azione	Descrizione azione	V <sub>trav</sub>		V <sub>long</sub>		N <sub>vert</sub>		M <sub>long</sub>		M <sub>trav</sub>		M <sub>torc</sub>	
		F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>y</sub> [kN]	F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>y</sub> [kN]	F <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]	
Gk1 Perm. Str.	G1 (peso proprio)	0	0	3101	-2791	0	0						
Gk2b Ballast	G2,1 (ballast)	0	0	1650	-1485	0	0						
Gk2v	G2,2 (arredi vari)	0	0	1075	-968	0	0						
Qk3a Avviamento	Traffico 1	0	0	131	-118	-306	0						
	Traffico 2	0	0	119	-107	-279	0						
	Traffico 3	0	0	119	-107	-279	0						
Qk3f Frenatura	Traffico 1	0	0	80	-72	186	0						
	Traffico 2	0	0	80	-72	186	0						
	Traffico 3	0	0	127	-114	-295	0						
Qk4 Centrifuga	Traffico 1	0	0	0	0	0	0						
	Traffico 2	0	0	0	0	0	0						
	Traffico 3	0	0	0	0	0	0						
Qk5 Serpeggio	Traffico 1	220	0	0	0	-979	198						
	Traffico 2	210	0	0	0	-935	189						
	Traffico 3	100	0	0	0	-445	90						
Qk6 vento	Q6 (vento)	234	0	206	-186	-894	211						
Qk1 Treno	Traffico 1	0	0	4492	-4043	0	0						
	Traffico 2	0	0	4834	-4350	-504	0						
	Traffico 3	0	0	2588	-2329	-5175	0						
Qk2g attrito	Q8 Fa,G (attrito)	0	175	0	105	0	0						
Qk2q attrito	Q8 Fa,Q (attrito)	0	82	0	49	0	9						

Tabella 30 - Risultanti azioni elementari al centro dell'elevazione G (quota estradosso muro frontale)

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>104</b>

NomeEnv:	TipoComb:	NumComb:	Comb:	Gk1 Perm. Str.-G1 (peso proprio)	Gk2b Ballast-G2,1 (ballast)	Gk2v-Perm. non str. vari	Gk3a-Traffico 1	Gk3a-Traffico 2	Gk3a-Traffico 3	Gk3f-Traffico 1	Gk3f-Traffico 2	Gk3f-Traffico 3	Gk4-Traffico 1	Gk4-Traffico 2	Gk4-Traffico 3	Gk5-Traffico 1	Gk5-Traffico 2	Gk5-Traffico 3	Gk6 vento-Q6 (vento)	Gk1-Traffico 1	Gk1-Traffico 2	Gk1-Traffico 3	Gk2g attrito-Q8 Fa.G (attrito)	Gk2q attrito-Q8 Fa.Q (attrito)
SLU	1	1	SLU1	1,35	1,50	1,35	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,90	1,45	0,00	0,00	1,35	1,45
SLU	2	2	SLU2	1,35	1,50	1,35	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,90	1,45	0,00	0,00	1,35	1,45
SLU	1	3	SLU3	1,35	1,50	1,35	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,90	0,00	1,45	0,00	1,35	1,45
SLU	2	4	SLU4	1,35	1,50	1,35	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,90	0,00	1,45	0,00	1,35	1,45
SLU	1	5	SLU5	1,35	1,50	1,35	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,90	0,00	0,00	1,45	1,35	1,45
SLU	2	6	SLU6	1,35	1,50	1,35	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,90	0,00	0,00	1,45	1,35	1,45
SLU	3	7	SLU7	1,00	1,00	1,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,90	1,45	0,00	0,00	1,35	1,45
SLU	4	8	SLU8	1,00	1,00	1,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,90	1,45	0,00	0,00	1,35	1,45
SLU	3	9	SLU9	1,00	1,00	1,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,90	0,00	1,45	0,00	1,35	1,45
SLU	4	10	SLU10	1,00	1,00	1,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,90	0,00	1,45	0,00	1,35	1,45
SLU	3	11	SLU11	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,90	0,00	0,00	1,45	1,35	1,45
SLU	4	12	SLU12	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,73	0,90	0,00	0,00	1,45	1,35	1,45
SLU	5	13	SLU13	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	1,50	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
SLU	5	14	SLU14	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	1,50	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
SLU	5	15	SLU15	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	-1,50	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
SLU	5	16	SLU16	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	-1,50	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
SLU	6	17	SLU17	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	1,00	0,73
SLU	6	18	SLU18	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	-1,00	-0,73
SLE RA	7	19	RA1	1,00	1,00	1,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,60	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00
SLE RA	8	20	RA2	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,60	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00
SLE RA	7	21	RA3	1,00	1,00	1,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,60	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00
SLE RA	8	22	RA4	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,60	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00
SLE RA	7	23	RA5	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,60	0,00	0,00	1,00	1,00	0,50
SLE RA	8	24	RA6	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,60	0,00	0,00	1,00	1,00	0,50
SLE RA	7	25	RA7	1,00	1,00	1,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,60	1,00	0,00	0,00	-1,00	-1,00
SLE RA	8	26	RA8	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,60	1,00	0,00	0,00	-1,00	-1,00
SLE RA	7	27	RA9	1,00	1,00	1,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,60	0,00	1,00	0,00	-1,00	-1,00
SLE RA	8	28	RA10	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,60	0,00	1,00	0,00	-1,00	-1,00
SLE RA	7	29	RA11	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,60	0,00	0,00	1,00	-1,00	-0,50
SLE RA	8	30	RA12	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80	0,60	0,00	0,00	1,00	-1,00	-0,50
SLE RA	9	31	RA13	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	1,00	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
SLE RA	9	32	RA14	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	-1,00	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
SLE RA	9	33	RA15	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	1,00	1,00
SLE QP	10	34	QP1	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
SLE QP	11	35	QP2	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	-1,00	0,00
SLE QP	11	36	QP3	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	1,00	0,00

Tabella 31 – Combinazioni di carico adottate

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	105

INVILUPPO: SLU		N <sub>vert</sub>	V <sub>trasv</sub>	M <sub>long</sub>	V <sub>long</sub>	M <sub>trasv</sub>	M <sub>torc</sub>
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	Mx (kNm)	Fy (kN)	My (kNm)	Mz (kNm)
N <sub>vert</sub> Max	SLU4	15595	363	-2347	354	-13823	340
N <sub>vert</sub> Min	SLU15	5517	-351	1341	175	-4860	-316
V <sub>trasv</sub> Max	SLU7	12678	530	-2312	354	-11198	490
V <sub>trasv</sub> Min	SLU16	5517	-351	1341	-175	-5070	-316
M <sub>long</sub> Max	SLU15	5517	-351	1341	175	-4860	-316
M <sub>long</sub> Min	SLU6	12407	283	-9463	354	-10954	268
V <sub>long</sub> Max	SLU11	9942	356	-9370	354	-8735	334
V <sub>long</sub> Min	SLU18	5826	0	0	-234	-5384	-7
M <sub>trasv</sub> Max	SLU15	5517	-351	1341	175	-4860	-316
M <sub>trasv</sub> Min	SLU4	15595	363	-2347	354	-13823	340
M <sub>torc</sub> Max	SLU7	12678	530	-2312	354	-11198	490
M <sub>torc</sub> Min	SLU16	5517	-351	1341	-175	-5070	-316

*Tabella 32 – ENV SLU - Azioni totali involuppo*

INVILUPPO: SLE RA		N <sub>vert</sub>	V <sub>trasv</sub>	M <sub>long</sub>	V <sub>long</sub>	M <sub>trasv</sub>	M <sub>torc</sub>
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	Mx (kNm)	Fy (kN)	My (kNm)	Mz (kNm)
N <sub>vert</sub> Max	RA4	10982	308	-1881	256	-9730	287
N <sub>vert</sub> Min	RA14	5620	-234	894	-175	-5163	-211
V <sub>trasv</sub> Max	RA1	10611	360	-1612	256	-9396	334
V <sub>trasv</sub> Min	RA14	5620	-234	894	-175	-5163	-211
M <sub>long</sub> Max	RA14	5620	-234	894	-175	-5163	-211
M <sub>long</sub> Min	RA12	8783	220	-6641	-216	-8034	194
V <sub>long</sub> Max	RA15	5826	0	0	256	-5090	9
V <sub>long</sub> Min	RA10	10982	308	-1881	-256	-10038	268
M <sub>trasv</sub> Max	RA15	5826	0	0	256	-5090	9
M <sub>trasv</sub> Min	RA10	10982	308	-1881	-256	-10038	268
M <sub>torc</sub> Max	RA1	10611	360	-1612	256	-9396	334
M <sub>torc</sub> Min	RA14	5620	-234	894	-175	-5163	-211
INVILUPPO: SLE QP		N <sub>vert</sub>	V <sub>trasv</sub>	M <sub>trasv</sub>	V <sub>long</sub>	M <sub>long</sub>	M <sub>torc</sub>
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)	Fy (kN)	Mx (kNm)	Mz (kNm)
N <sub>vert</sub> Max	QP3	5826	0	0	175	-5139	0
N <sub>vert</sub> Min	QP2	5826	0	0	-175	-5348	0
V <sub>trasv</sub> Max	QP3	5826	0	0	175	-5139	0
V <sub>trasv</sub> Min	QP2	5826	0	0	-175	-5348	0
M <sub>long</sub> Max	QP3	5826	0	0	175	-5139	0
M <sub>long</sub> Min	QP2	5826	0	0	-175	-5348	0

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	106

V <sub>long</sub> Max	QP3	5826	0	0	175	-5139	0
V <sub>long</sub> Min	QP2	5826	0	0	-175	-5348	0
M <sub>trasv</sub> Max	QP3	5826	0	0	175	-5139	0
M <sub>trasv</sub> Min	QP2	5826	0	0	-175	-5348	0
M <sub>torc</sub> Max	QP3	5826	0	0	175	-5139	0
M <sub>torc</sub> Min	QP2	5826	0	0	-175	-5348	0

*Tabella 33 – ENV SLE RA, SLE QP - Azioni totali involucro*

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	107

## 11.2 SOLLECITAZIONI ELEVAZIONE

In analogia con quanto svolto per gli scarichi di impalcato, sempre mediante foglio di calcolo, si sono valutate le singole azioni caratteristiche permanenti strutturali ( $G_{k1}$ ), non strutturali ( $G_{k2}$ ) e accidentali ( $Q_{ki}$ ) applicate all'elevazione spalla, secondo le azioni descritte nei capitoli precedenti di analisi dei carichi, combinandole opportunamente con gli involuppi di azioni totali ricavate a testa elevazione.

Tutte le azioni elementari caratteristiche sopra descritte, accorpate per gruppi omogenei dello stesso tipo, sono state valutate come forze  $F_x$  (trasversali),  $F_y$  (longitudinali),  $F_z$  (verticali) e momenti  $M_x$  (longitudinali),  $M_y$  (trasversali),  $M_z$  (torcenti) rispetto al punto G, posto al centro della elevazione pila a quota estradosso fondazione, e i rispettivi assi x, y, z come riportato nella figura seguente.

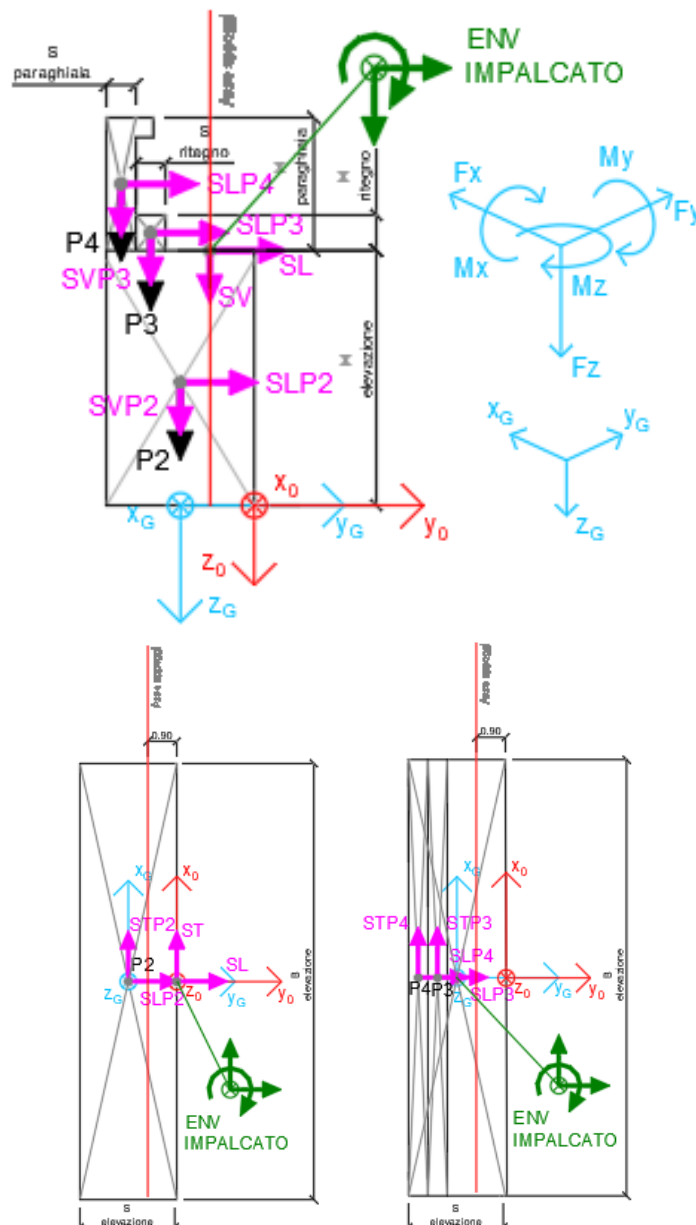


Figura 23 – Schema e sistema di riferimento utilizzato per il calcolo delle azioni applicate



MANDATARIA  	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	108

### 11.2.1 Analisi statica (SLU, SLE) e sismica (SLV)

Nel seguito vengono riportati i dettagli dei calcoli effettuati per la valutazione delle risultanti delle combinazioni statiche SLU / SLE e sismiche SLV, secondo le combinazioni di carico descritte nei capitoli precedenti.

NOME: ELEVAZIONE SPALLA 1		CALCOLO SPETTRO SISMICO DI PROGETTO														
PGA orizzontale $a_g$ (g)	0,195	Coeff. sismico orizz. $k_h$					0,2738	Coeff. spinta attiva sismica $k_{aE}$					0,3834			
Coeff. stratigrafico $S_s$	1,404	Coeff. sismico vert. $k_v$					0,1369									
NOME: ELEVAZIONE SPALLA 1		CALCOLO AZIONI SISMICHE CORPO SPALLA														
		$F_{xO}$ (kN)	$F_{yO}$ (kN)	$F_{zO}$ (kN)	$x_O$ (m)	$y_O$ (m)	$z_O$ (m)	$M_{xO}$ (kNm)	$M_{yO}$ (kNm)	$M_{zO}$ (kNm)	$F_{xG}$ (m)	$F_{yG}$ (m)	$F_{zG}$ (m)	$M_{xG}$ (kNm)	$M_{yG}$ (kNm)	$M_{zG}$ (kNm)
Sisma long	SLP2	0	1109	0	0,00	-1,50	-2,00	2218	0	0						
	SLP3	0	51	0	0,00	-2,10	-4,46	227	0	0						
	SLP4	0	172	0	0,00	-2,70	-5,55	954	0	0						
			0	1332	0				3399	0	0	0	1332	0	3399	0
Sisma trasv	STP2	1109	0	0	0,00	-1,50	-2,00	0	-2218	1663						
	STP3	51	0	0	0,00	-2,10	-4,46	0	-227	107						
	STP4	172	0	0	0,00	-2,70	-5,55	0	-954	464						
			1332	0	0				0	-3399	2234	1332	0	0	0	-3399
Sisma vert	SVP2	0	0	554	0,00	-1,50	-2,00	-832	0	0						
	SVP3	0	0	26	0,00	-2,10	-4,46	-54	0	0						
	SVP4	0	0	86	0,00	-2,70	-5,55	-232	0	0						
			0	0	666				-1117	0	0	0	0	666	-118	0
Sisma ballast long	SGBH	0	0	0	0,00	-3,00	-3,55	0	0	0						
		0	0	0				0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sisma terreno long	STHL	0	0	0	0,00	-3,00	-3,55	0	0	0						
		0	0	0				0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sisma impalcato long	SL	0	0	0	0,00	0,00	-4,00	0	0	0						
		0	0	0				0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sisma impalcato trasv	ST	2918	0	0	0,00	0,00	-4,00	0	-11673	0						
		2918	0	0				0	-11673	0	2918	0	0	0	-11673	-4378
Sisma impalcato vert	SV	0	0	1459	0,00	0,00	-4,00	0	0	0						
		0	0	1459				0	0	0	0	0	1459	2189	0	0

Tabella 34 – Calcolo spettri sismici risposta strutturale e riepilogo azioni elementari sismiche

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>109</b>

NOME: ELEVAZIONE SPALLA 1				PARAMETRI DI CALCOLO ELEVAZIONE											
H paraghiaia (m)	3,10	H elevazione (m)	4,00	Peso terreno (kN/m <sup>3</sup> )		20,00		Carico variab. Q LM71 (kPa)			23,15				
S paraghiaia (m)	0,60	S elevazione (m)	3,00	Angolo di attrito terreno (°)		38,00		X <sub>G</sub> elevazione			0,00				
H ritegno (m)	0,92	B elevazione (m)	13,50	Coeff. spinta attiva statica k <sub>a</sub>		0,2379		Y <sub>G</sub> elevazione			-1,50				
S ritegno (m)	0,60	Carico perm. Gb ballast (kPa)	9,72	Coeff. spinta riposo statica k <sub>0</sub>		0,3843		Z <sub>G</sub> elevazione			0,00				
NOME: ELEVAZIONE SPALLA 1				CALCOLO AZIONI CORPO SPALLA											
	F <sub>xO</sub> (kN)	F <sub>yO</sub> (kN)	F <sub>zO</sub> (kN)	x <sub>O</sub> (m)	y <sub>O</sub> (m)	z <sub>O</sub> (m)	M <sub>xO</sub> (kNm)	M <sub>yO</sub> (kNm)	M <sub>zO</sub> (kNm)	F <sub>xG</sub> (m)	F <sub>yG</sub> (m)	F <sub>zG</sub> (m)	M <sub>xG</sub> (kNm)	M <sub>yG</sub> (kNm)	M <sub>zG</sub> (kNm)
Peso proprio	P2	0	0	4050	0,00	-1,50	-2,00	-6075	0	0	0	0	4864	-865	0
	P3	0	0	186	0,00	-2,10	-4,46	-391	0	0	0	0	0	0	0
	P4	0	0	628	0,00	-2,70	-5,55	-1695	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	4864	0,00	-3,00	-3,55	-8161	0	0	0	0	4864	-865	0
Ballast	GBH	0	0	0	0,00	-3,00	-3,55	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0,00	-3,00	-2,37	0	0	0	0	0	0	0	0
Spinta terreno	THL	0	0	0	0,00	-3,00	-2,37	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0,00	-3,00	-3,55	0	0	0	0	0	0	0	0
Sovraccarico long	Q1	0	0	0	0,00	-3,00	-3,55	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0,00	-3,00	-3,55	0	0	0	0	0	0	0	0
NOME: ELEVAZIONE SPALLA 1				CALCOLO AZIONI DA IMPALCATO											
	F <sub>xO</sub> (kN)	F <sub>yO</sub> (kN)	F <sub>zO</sub> (kN)	x <sub>O</sub> (m)	y <sub>O</sub> (m)	z <sub>O</sub> (m)	M <sub>xO</sub> (kNm)	M <sub>yO</sub> (kNm)	M <sub>zO</sub> (kNm)	F <sub>xG</sub> (m)	F <sub>yG</sub> (m)	F <sub>zG</sub> (m)	M <sub>xG</sub> (kNm)	M <sub>yG</sub> (kNm)	M <sub>zG</sub> (kNm)
ENV	Nvert Max	363	354	15595	0,00	0,00	-4,00	-13823	-2347	340	363	354	15595	10987	-3799
	Nvert Min	-351	175	5517	0,00	0,00	-4,00	-4860	1341	-316	-351	175	5517	4114	2746
SLU	Vtrasv Max	530	354	12678	0,00	0,00	-4,00	-11198	-2312	490	530	354	12678	9237	-4431
	Vtrasv Min	-351	-175	5517	0,00	0,00	-4,00	-5070	1341	-316	-351	-175	5517	2506	2746
	Mlong Max	-351	175	5517	0,00	0,00	-4,00	-4860	1341	-316	-351	175	5517	4114	2746
	Mlong Min	363	354	15595	0,00	0,00	-4,00	-13823	-2347	340	363	354	15595	10987	-3799
	Vlong Max	356	354	9942	0,00	0,00	-4,00	-8735	-9370	334	356	354	9942	7595	-10792
	Vlong Min	0	-234	5826	0,00	0,00	-4,00	-5384	0	-7	0	-234	5826	2419	0
	Mtrasv Max	-351	175	5517	0,00	0,00	-4,00	-4860	1341	-316	-351	175	5517	4114	2746
	Mtrasv Min	283	354	12407	0,00	0,00	-4,00	-10954	-9463	268	283	354	12407	9074	-10596
	Mtorc Max	530	354	12678	0,00	0,00	-4,00	-11198	-2312	490	530	354	12678	9237	-4431
	Mtorc Min	-351	-175	5517	0,00	0,00	-4,00	-5070	1341	-316	-351	-175	5517	2506	2746
		F <sub>xO</sub> (kN)	F <sub>yO</sub> (kN)	F <sub>zO</sub> (kN)	x <sub>O</sub> (m)	y <sub>O</sub> (m)	z <sub>O</sub> (m)	M <sub>xO</sub> (kNm)	M <sub>yO</sub> (kNm)	M <sub>zO</sub> (kNm)	F <sub>xG</sub> (m)	F <sub>yG</sub> (m)	F <sub>zG</sub> (m)	M <sub>xG</sub> (kNm)	M <sub>yG</sub> (kNm)
ENV	Nvert Max	308	256	10982	0,00	0,00	-4,00	-9730	-1881	287	308	256	10982	7769	-3115
	Nvert Min	-234	-175	5620	0,00	0,00	-4,00	-5163	894	-211	-234	-175	5620	2568	1830
SLE RA	Vtrasv Max	360	256	10611	0,00	0,00	-4,00	-9396	-1612	334	360	256	10611	7546	-3054
	Vtrasv Min	-234	-175	5620	0,00	0,00	-4,00	-5163	894	-211	-234	-175	5620	2568	1830
	Mtrasv Max	-234	-175	5620	0,00	0,00	-4,00	-5163	894	-211	-234	-175	5620	2568	1830
	Mtrasv Min	220	-216	8783	0,00	0,00	-4,00	-8034	-6641	194	220	-216	8783	4278	-7523
	Vlong Max	0	256	5826	0,00	0,00	-4,00	-5090	0	9	0	256	5826	4675	0
	Vlong Min	308	-256	10982	0,00	0,00	-4,00	-10038	-1881	268	308	-256	10982	5410	-3115
	Mlong Max	0	256	5826	0,00	0,00	-4,00	-5090	0	9	0	256	5826	4675	0
	Mlong Min	308	-256	10982	0,00	0,00	-4,00	-10038	-1881	268	308	-256	10982	5410	-3115
	Mtorc Max	360	256	10611	0,00	0,00	-4,00	-9396	-1612	334	360	256	10611	7546	-3054
	Mtorc Min	-234	-175	5620	0,00	0,00	-4,00	-5163	894	-211	-234	-175	5620	2568	1830
		F <sub>xO</sub> (kN)	F <sub>yO</sub> (kN)	F <sub>zO</sub> (kN)	x <sub>O</sub> (m)	y <sub>O</sub> (m)	z <sub>O</sub> (m)	M <sub>xO</sub> (kNm)	M <sub>yO</sub> (kNm)	M <sub>zO</sub> (kNm)	F <sub>xG</sub> (m)	F <sub>yG</sub> (m)	F <sub>zG</sub> (m)	M <sub>xG</sub> (kNm)	M <sub>yG</sub> (kNm)
ENV	Nvert Max	0	175	5826	0,00	0,00	-4,00	-5139	0	0	0	175	5826	4300	0
	Nvert Min	0	-175	5826	0,00	0,00	-4,00	-5348	0	0	0	-175	5826	2692	0
SLE QP	Vtrasv Max	0	175	5826	0,00	0,00	-4,00	-5139	0	0	0	175	5826	4300	0
	Vtrasv Min	0	-175	5826	0,00	0,00	-4,00	-5348	0	0	0	-175	5826	2692	0
	Mtrasv Max	0	175	5826	0,00	0,00	-4,00	-5139	0	0	0	175	5826	4300	0
	Mtrasv Min	0	-175	5826	0,00	0,00	-4,00	-5348	0	0	0	-175	5826	2692	0
	Vlong Max	0	175	5826	0,00	0,00	-4,00	-5139	0	0	0	175	5826	4300	0
	Vlong Min	0	-175	5826	0,00	0,00	-4,00	-5348	0	0	0	-175	5826	2692	0
	Mlong Max	0	175	5826	0,00	0,00	-4,00	-5139	0	0	0	175	5826	4300	0
	Mlong Min	0	-175	5826	0,00	0,00	-4,00	-5348	0	0	0	-175	5826	2692	0
	Mtorc Max	0	175	5826	0,00	0,00	-4,00	-5139	0	0	0	175	5826	4300	0
	Mtorc Min	0	-175	5826	0,00	0,00	-4,00	-5348	0	0	0	-175	5826	2692	0

Tabella 35 – Riepilogo azioni elementari statiche

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	110

Tipo azione	Descrizione azione	V <sub>trasv</sub>		V <sub>long</sub>		N <sub>vert</sub>		M <sub>long</sub>		M <sub>trasv</sub>		M <sub>torc</sub>	
		F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>y</sub> [kN]	F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>y</sub> [kN]	F <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]	M <sub>x</sub> [kNm]
Gk1 Perm. Str.	G1 (peso proprio)	0	0	0	0	4864	-865	0	0	0	0	0	0
Gk2b Ballast	G2,1 (ballast)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gk2 Perm. Non Str.	G2,2 (terreno)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU Impalcato	Nvert Max	363	354	15595	10987	-3799	-204						
	Nvert Min	-351	175	5517	4114	2746	211						
	Vtrasv Max	530	354	12678	9237	-4431	-304						
	Vtrasv Min	-351	-175	5517	2506	2746	211						
	Mtrasv Max	-351	175	5517	4114	2746	211						
	Mtrasv Min	363	354	15595	10987	-3799	-204						
	Vlong Max	356	354	9942	7595	-10792	-200						
	Vlong Min	0	-234	5826	2419	0	-7						
	Mlong Max	-351	175	5517	4114	2746	211						
	Mlong Min	283	354	12407	9074	-10596	-156						
	Mtorc Max	530	354	12678	9237	-4431	-304						
	Mtorc Min	-351	-175	5517	2506	2746	211						
SLE RA Impalcato	Nvert Max	308	256	10982	7769	-3115	-176						
	Nvert Min	-234	-175	5620	2568	1830	140						
	Vtrasv Max	360	256	10611	7546	-3054	-207						
	Vtrasv Min	-234	-175	5620	2568	1830	140						
	Mtrasv Max	-234	-175	5620	2568	1830	140						
	Mtrasv Min	220	-216	8783	4278	-7523	-137						
	Vlong Max	0	256	5826	4675	0	9						
	Vlong Min	308	-256	10982	5410	-3115	-194						
	Mlong Max	0	256	5826	4675	0	9						
	Mlong Min	308	-256	10982	5410	-3115	-194						
	Mtorc Max	360	256	10611	7546	-3054	-207						
	Mtorc Min	-234	-175	5620	2568	1830	140						
SLE QP Impalcato	Nvert Max	0	175	5826	4300	0	0						
	Nvert Min	0	-175	5826	2692	0	0						
	Vtrasv Max	0	175	5826	4300	0	0						
	Vtrasv Min	0	-175	5826	2692	0	0						
	Mtrasv Max	0	175	5826	4300	0	0						
	Mtrasv Min	0	-175	5826	2692	0	0						
	Vlong Max	0	175	5826	4300	0	0						
	Vlong Min	0	-175	5826	2692	0	0						
	Mlong Max	0	175	5826	4300	0	0						
	Mlong Min	0	-175	5826	2692	0	0						
	Mtorc Max	0	175	5826	4300	0	0						
	Mtorc Min	0	-175	5826	2692	0	0						

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	111

Qk1	Q (acc. Traffico)	0	0	0	0	0	0
E	Sisma long	0	1332	0	3399	0	0
Sisma	Sisma trasv	4250	0	0	0	-15072	-4141
	Sisma vert	0	0	2125	2070	0	0

*Tabella 36 – Risultanti azioni elementari al centro dell'elevazione G (quota estradosso fondazione)*



**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	113

<b>INVILUPPO: SLU</b>		<b>N<sub>vert</sub></b>	<b>V<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>trasv</sub></b>	<b>V<sub>long</sub></b>	<b>M<sub>long</sub></b>	<b>M<sub>torc</sub></b>
<b>Tipologia Comb.</b>	<b>Nome Comb.</b>	<b>Fz (kN)</b>	<b>Fx (kN)</b>	<b>My (kNm)</b>	<b>Fy (kN)</b>	<b>Mx (kNm)</b>	<b>Mz (kNm)</b>
N <sub>vert</sub> Max	SLU6	22162	363	-3799	354	9819	-204
N <sub>vert</sub> Min	SLU24	10381	-351	2746	-175	1641	211
V <sub>trasv</sub> Max	SLU15	17542	530	-4431	354	8372	-304
V <sub>trasv</sub> Min	SLU4	12083	-351	2746	-175	1338	211
M <sub>trasv</sub> Max	SLU14	10381	-351	2746	175	3249	211
M <sub>trasv</sub> Min	SLU7	16508	356	-10792	354	6427	-200
V <sub>long</sub> Max	SLU23	17542	530	-4431	354	8372	-304
V <sub>long</sub> Min	SLU8	12392	0	0	-234	1251	-7
M <sub>long</sub> Max	SLU13	20459	363	-3799	354	10122	-204
M <sub>long</sub> Min	SLU8	12392	0	0	-234	1251	-7
M <sub>torc</sub> Max	SLU14	10381	-351	2746	175	3249	211
M <sub>torc</sub> Min	SLU15	17542	530	-4431	354	8372	-304
<b>INVILUPPO: SLV</b>		<b>N<sub>vert</sub></b>	<b>V<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>trasv</sub></b>	<b>V<sub>long</sub></b>	<b>M<sub>long</sub></b>	<b>M<sub>torc</sub></b>
<b>Tipologia Comb.</b>	<b>Nome Comb.</b>	<b>Fz (kN)</b>	<b>Fx (kN)</b>	<b>My (kNm)</b>	<b>Fy (kN)</b>	<b>Mx (kNm)</b>	<b>Mz (kNm)</b>
N <sub>vert</sub> Max	SLV5	12815	4250	-15072	574	6525	-4141
N <sub>vert</sub> Min	SLV6	8565	4250	-15072	574	2384	-4141
V <sub>trasv</sub> Max	SLV5	12815	4250	-15072	574	6525	-4141
V <sub>trasv</sub> Min	SLV2	10053	1275	-4522	1506	6212	-1242
M <sub>trasv</sub> Max	SLV1	11328	1275	-4522	1506	7455	-1242
M <sub>trasv</sub> Min	SLV6	8565	4250	-15072	574	2384	-4141
V <sub>long</sub> Max	SLV1	11328	1275	-4522	1506	7455	-1242
V <sub>long</sub> Min	SLV6	8565	4250	-15072	574	2384	-4141
M <sub>long</sub> Max	SLV1	11328	1275	-4522	1506	7455	-1242
M <sub>long</sub> Min	SLV6	8565	4250	-15072	574	2384	-4141
M <sub>torc</sub> Max	SLV1	11328	1275	-4522	1506	7455	-1242
M <sub>torc</sub> Min	SLV6	8565	4250	-15072	574	2384	-4141

*Tabella 38 – ENV SLU, SLV - Azioni totali inviluppo*

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	114

<b>INVILUPPO: SLE RA</b>		<b>N<sub>vert</sub></b>	<b>V<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>trasv</sub></b>	<b>V<sub>long</sub></b>	<b>M<sub>long</sub></b>	<b>M<sub>torc</sub></b>
<b>Tipologia Comb.</b>	<b>Nome Comb.</b>	<b>Fz (kN)</b>	<b>Fx (kN)</b>	<b>My (kNm)</b>	<b>Fy (kN)</b>	<b>Mx (kNm)</b>	<b>Mz (kNm)</b>
N <sub>vert</sub> Max	RA1	15846	308	-3115	256	6904	-176
N <sub>vert</sub> Min	RA12	10484	-234	1830	-175	1703	140
V <sub>trasv</sub> Max	RA3	15475	360	-3054	256	6681	-207
V <sub>trasv</sub> Min	RA12	10484	-234	1830	-175	1703	140
M <sub>trasv</sub> Max	RA12	10484	-234	1830	-175	1703	140
M <sub>trasv</sub> Min	RA6	13647	220	-7523	-216	3413	-137
V <sub>long</sub> Max	RA11	15475	360	-3054	256	6681	-207
V <sub>long</sub> Min	RA8	15846	308	-3115	-256	4545	-194
M <sub>long</sub> Max	RA1	15846	308	-3115	256	6904	-176
M <sub>long</sub> Min	RA12	10484	-234	1830	-175	1703	140
M <sub>torc</sub> Max	RA12	10484	-234	1830	-175	1703	140
M <sub>torc</sub> Min	RA3	15475	360	-3054	256	6681	-207
<b>INVILUPPO: SLE QP</b>		<b>N<sub>vert</sub></b>	<b>V<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>trasv</sub></b>	<b>V<sub>long</sub></b>	<b>M<sub>long</sub></b>	<b>M<sub>torc</sub></b>
<b>Tipologia Comb.</b>	<b>Nome Comb.</b>	<b>Fz (kN)</b>	<b>Fx (kN)</b>	<b>My (kNm)</b>	<b>Fy (kN)</b>	<b>Mx (kNm)</b>	<b>Mz (kNm)</b>
N <sub>vert</sub> Max	QP1	10690	0	0	175	3435	0
N <sub>vert</sub> Min	QP12	10690	0	0	-175	1827	0
V <sub>trasv</sub> Max	QP1	10690	0	0	175	3435	0
V <sub>trasv</sub> Min	QP12	10690	0	0	-175	1827	0
M <sub>trasv</sub> Max	QP1	10690	0	0	175	3435	0
M <sub>trasv</sub> Min	QP12	10690	0	0	-175	1827	0
V <sub>long</sub> Max	QP1	10690	0	0	175	3435	0
V <sub>long</sub> Min	QP12	10690	0	0	-175	1827	0
M <sub>long</sub> Max	QP1	10690	0	0	175	3435	0
M <sub>long</sub> Min	QP12	10690	0	0	-175	1827	0
M <sub>torc</sub> Max	QP1	10690	0	0	175	3435	0
M <sub>torc</sub> Min	QP12	10690	0	0	-175	1827	0

*Tabella 39 – ENV SLE RA, SLE QP - Azioni totali inviluppo*

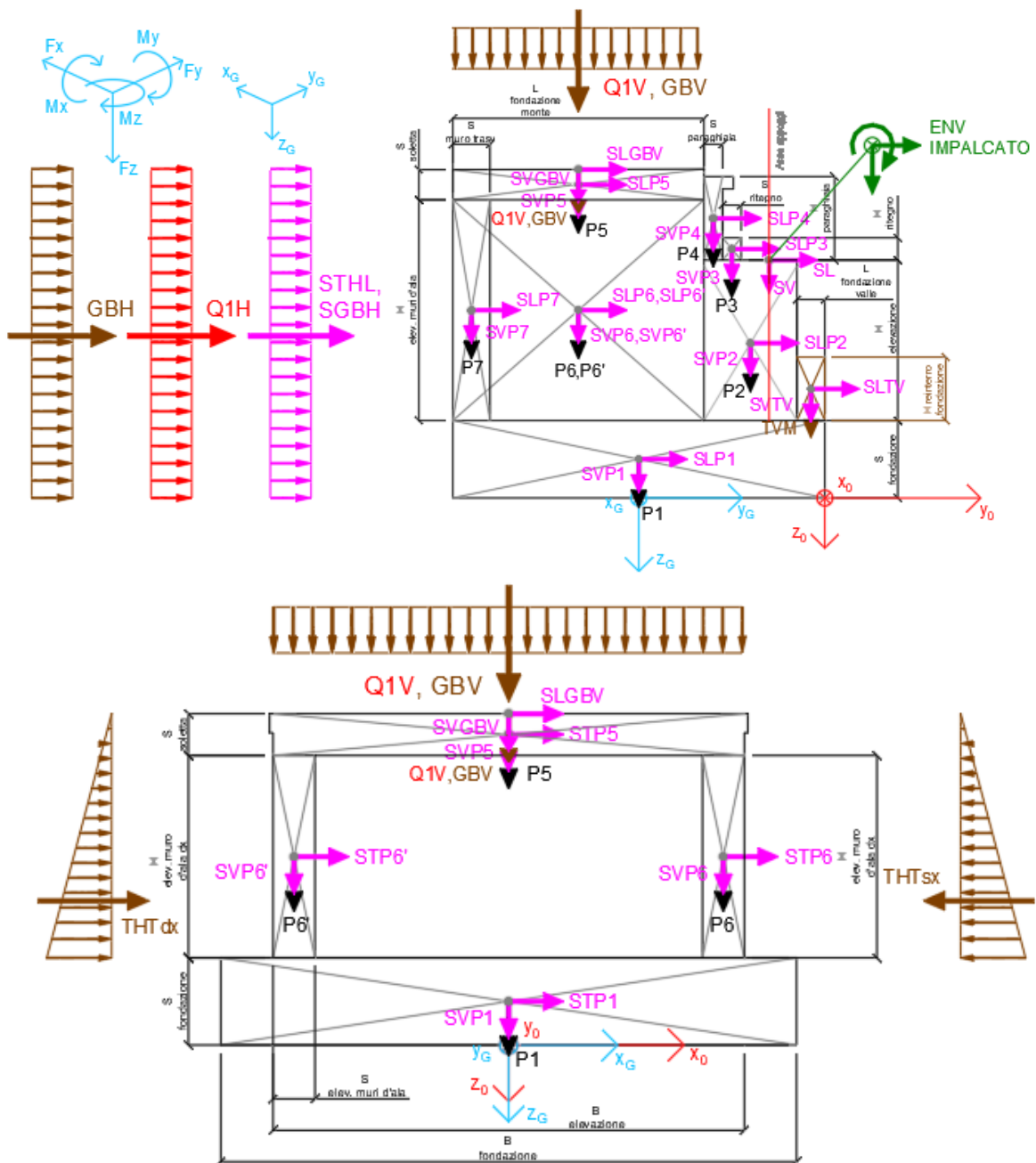
**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	115

**11.3 SOLLECITAZIONI IN FONDAZIONE**

In analogia con quanto svolto per gli scarichi di impalcato, sempre mediante foglio di calcolo, si sono valutate le singole azioni caratteristiche permanenti strutturali ( $G_{k1}$ ), non strutturali ( $G_{k2}$ ) e accidentali ( $Q_{ki}$ ) applicate all'elevazione spalla, secondo le azioni descritte nei capitoli precedenti di analisi dei carichi, combinandole opportunamente con gli involuppi di azioni totali ricavate a testa elevazione.

Tutte le azioni elementari caratteristiche sopra descritte, accorpate per gruppi omogenei dello stesso tipo, sono state valutate come forze  $F_x$  (trasversali),  $F_y$  (longitudinali),  $F_z$  (verticali) e momenti  $M_x$  (longitudinali),  $M_y$  (trasversali),  $M_z$  (torcenti) rispetto al punto G posto al centro palificata a quota testa pali., e i rispettivi assi  $x, y, z$  come riportato nella figura seguente.





**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	116

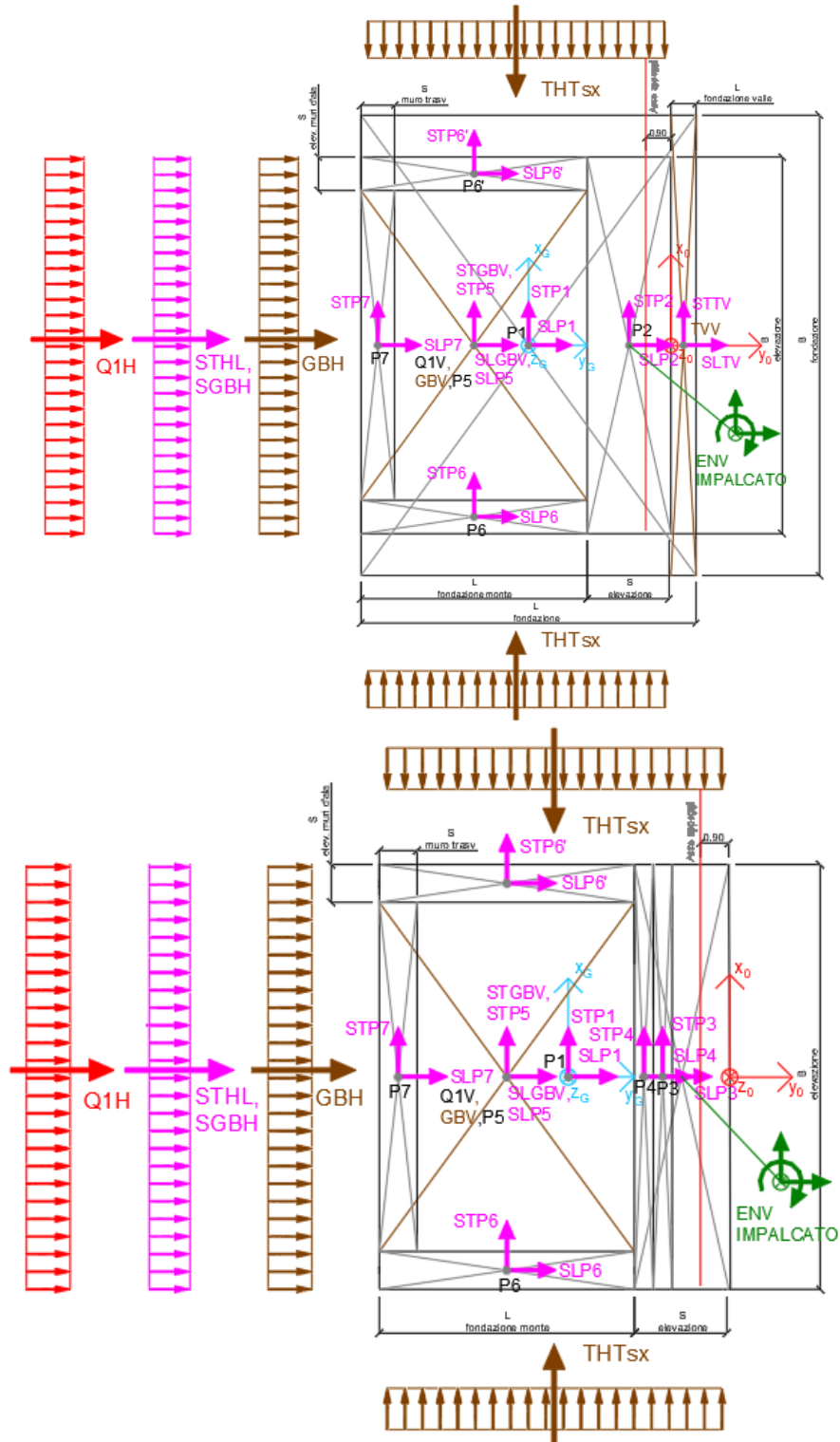


Figura 23 – Schema e sistema di riferimento utilizzato per il calcolo delle azioni applicate

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI 	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 03 04</b>			PROGR <b>001</b>

### 11.3.1 Analisi statica (SLU, SLE) e sismica (SLV)

Nel seguito vengono riportati i dettagli dei calcoli effettuati per la valutazione delle risultanti delle combinazioni statiche SLU / SLE e sismiche SLV, secondo le combinazioni di carico descritte nei capitoli precedenti.

NOME: FONDAZIONE SPALLA 1				CALCOLO SPETTRO SISMICO DI PROGETTO													
PGA orizzontale a <sub>g</sub> (g)		0.195		Coeff. sismico orizz. k <sub>h</sub>				0.2738				Coeff. spinta attiva sismica k <sub>aE</sub>				0.3834	
Coeff. stratigrafico SS		1.404		Coeff. sismico vert. k <sub>v</sub>				0.1369									
NOME: FONDAZIONE SPALLA 1				CALCOLO AZIONI SISMICHE CORPO SPALLA													
		F <sub>x0</sub> (kN)	F <sub>y0</sub> (kN)	F <sub>z0</sub> (kN)	x <sub>0</sub> (m)	y <sub>0</sub> (m)	z <sub>0</sub> (m)	M <sub>x0</sub> (kNm)	M <sub>y0</sub> (kNm)	M <sub>z0</sub> (kNm)	F <sub>xG</sub> (m)	F <sub>yG</sub> (m)	F <sub>zG</sub> (m)	M <sub>xG</sub> (kNm)	M <sub>yG</sub> (kNm)	M <sub>zG</sub> (kNm)	
Sisma long	SLP1	0	3388	0	0.00	-6.00	-1.25	4235	0	0							
	SLP2	0	1109	0	0.00	-2.40	-4.50	4990	0	0							
	SLP3	0	51	0	0.00	-3.00	-6.96	355	0	0							
	SLP4	0	172	0	0.00	-3.60	-8.05	1384	0	0							
	SLP5	0	898	0	0.00	-7.95	-9.00	8083	0	0							
	SLP6	0	393	0	6.15	-7.95	-5.45	2139	0	2414							
	SLP6'	0	393	0	-6.15	-7.95	-5.45	2139	0	-2414							
	SLP7	0	538	0	0.00	-11.40	-5.45	2932	0	0							
		0	6941	0				26256	0	0	0	6941	0	26256	0	0	
Sisma trasv	STP1	3388	0	0	0.00	-6.00	-1.25	0	-4235	20328							
	STP2	1109	0	0	0.00	-2.40	-4.50	0	-4990	2661							
	STP3	51	0	0	0.00	-3.00	-6.96	0	-355	153							
	STP4	172	0	0	0.00	-3.60	-8.05	0	-1384	619							
	STP5	898	0	0	0.00	-7.95	-9.00	0	-8083	7140							
	STP6	393	0	0	6.15	-7.95	-5.45	0	-2139	3121							
	STP6'	393	0	0	-6.15	-7.95	-5.45	0	-2139	3121							
	STP7	538	0	0	0.00	-11.40	-5.45	0	-2932	6132							
		6941	0	0				0	-26256	43274	6941	0	0	0	-26256	1630	
Sisma vert	SVP1	0	0	1694	0.00	-6.00	-1.25	-10164	0	0							
	SVP2	0	0	554	0.00	-2.40	-4.50	-1331	0	0							
	SVP3	0	0	26	0.00	-3.00	-6.96	-77	0	0							
	SVP4	0	0	86	0.00	-3.60	-8.05	-309	0	0							
	SVP5	0	0	449	0.00	-7.95	-9.00	-3570	0	0							
	SVP6	0	0	196	6.15	-7.95	-5.45	-1560	-1207	0							
	SVP6'	0	0	196	-6.15	-7.95	-5.45	-1560	1207	0							
	SVP7	0	0	269	0.00	-11.40	-5.45	-3066	0	0							
		0	0	3470				-21637	0	0	0	0	3470	-815	0	0	
Sisma ballast long	SLGBV	0	291	0	0.00	-7.95	-9.60	2793	0	0							
	SGBH	0	249	0	0.00	-12.00	-4.80	1197	0	0							
		0	540	0				3990	0	0	0	540	0	3990	0	0	
Sisma ballast trasv	STGBV	291	0	0	0.00	-7.95	-9.60	0	-2793	2313							
		291	0	0				0	-2793	2313	291	0	0	0	-2793	567	
Sisma ballast vert	SVGBV	0	0	145	0.00	-7.95	-9.60	-1157	0	0							
		0	0	145				-1157	0	0	0	0	145	-284	0	0	
Sisma terreno long	SLVV	0	81	0	0.00	-0.45	-3.00	244	0	0							
	STHL	0	0	0	0.00	-12.00	-3.20	0	0	0							
		0	81	0				244	0	0	0	81	0	244	0	0	
Sisma terreno trasv	STTV	81	0	0	0.00	-0.45	-3.00	0	-244	37							
		81	0	0				0	-244	37	81	0	0	0	-244	-451	
Sisma terreno vert	SVTV	0	0	41	0.00	-0.45	-3.00	-18	0	0							
		0	0	41				-18	0	0	0	0	41	226	0	0	
Sisma impalcato SL long	SL	0	0	0	0.00	-0.90	-8.40	0	0	0							
		0	0	0				0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Sisma impalcato ST trasv	ST	2918	0	0	0.00	-0.90	-8.40	0	-24514	2627							
		2918	0	0				0	-24514	2627	2918	0	0	0	-24514	-14884	
Sisma impalcato SV vert	SV	0	0	1459	0.00	-0.90	-8.40	-1313	0	0							
		0	0	1459				-1313	0	0	0	0	1459	7442	0	0	

Tabella 40 – Riepilogo azioni elementari sismiche

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>118</b>

NOME: FONDAZIONE SPALLA 1		PARAMETRI DI CALCOLO FONDAZIONE															
H paraghiaia (m)	3.10	B elevazione (m)	13.50	H reinterro fondaz. valle (m)	1.00	S soletta (m)	1.20	Carico variabile (kPa)	23.15								
S paraghiaia (m)	0.60	S fondazione (m)	2.50	S elev. muri d'ala (m)	1.20	S muro trasv (m)	1.20	Carico ballast (kPa)	9.72								
H ritegno (m)	0.92	L fondazione monte (m)	8.10	H elev. muro d'ala sx (m)	5.90	Peso terreno (kN/m <sup>3</sup> )	20.00										
S ritegno (m)	0.60	L fondazione valle (m)	0.90	H elev. muro d'ala dx (m)	5.90	Coeff. spinta attiva statica k <sub>a</sub>	0.2379	X <sub>G</sub> fondazione	0.00								
H elevazione (m)	4.00	L fondazione (m)	12.00	H reinterro muro d'ala sx (m)	0.00	Coeff. spinta riposo statica k <sub>0</sub>	0.3843	Y <sub>G</sub> fondazione	-6.00								
S elevazione (m)	3.00	B fondazione (m)	16.50	H reinterro muro d'ala dx (m)	0.00			Z <sub>G</sub> fondazione	0.00								
NOME: FONDAZIONE SPALLA 1		CALCOLO AZIONI CORPO SPALLA															
		F <sub>x0</sub> (kN)	F <sub>y0</sub> (kN)	F <sub>z0</sub> (kN)	x <sub>0</sub> (m)	y <sub>0</sub> (m)	z <sub>0</sub> (m)	M <sub>x0</sub> (kNm)	M <sub>y0</sub> (kNm)	M <sub>z0</sub> (kNm)	F <sub>xG</sub> (m)	F <sub>yG</sub> (m)	F <sub>zG</sub> (m)	M <sub>xG</sub> (kNm)	M <sub>yG</sub> (kNm)	M <sub>zG</sub> (kNm)	
Peso proprio	P1	0	0	12375	0.00	-6.00	-1.25	-74250	0	0	0	0	0	25352	-5952	0	
	P2	0	0	4050	0.00	-2.40	-4.50	-9720	0	0	0	0	0	0	0	0	
	P3	0	0	186	0.00	-3.00	-6.96	-559	0	0	0	0	0	0	0	0	
	P4	0	0	628	0.00	-3.60	-8.05	-2260	0	0	0	0	0	0	0	0	
	P5	0	0	3281	0.00	-7.95	-9.00	-26080	0	0	0	0	0	0	0	0	
	P6	0	0	1434	6.15	-7.95	-5.45	-11398	-8817	0	0	0	0	0	0	0	
	P6'	0	0	1434	-6.15	-7.95	-5.45	-11398	8817	0	0	0	0	0	0	0	
P7	0	0	1965	0.00	-11.40	-5.45	-22398	0	0	0	0	0	0	0	0		
Ballast		0	0	25352	0.00	-12.00	-4.80	-2324	0	0	0	0	0	25352	-5952	0	
	GBV	0	0	1063	0.00	-7.95	-9.60	-8449	0	0	0	0	484	1063	251	0	
	GBH	0	484	0	0.00	-12.00	-4.80	2324	0	0	0	0	0	0	0	0	
Spinta terreno		0	484	1063	0.00	-12.00	-3.20	0	0	0	0	0	484	1063	251	0	
	THL	0	0	0	0.00	-12.00	-3.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	THTsx	0	0	0	6.75	-6.45	-0.83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	THTdx	0	0	0	-6.75	-6.45	-0.83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	TVV	0	0	297	0.00	-0.45	-3.00	-134	0	0	0	0	0	297	1648	0	
Sovraccarico long		0	0	297	0.00	-12.00	-4.80	5534	0	0	0	0	0	297	1648	0	
	Q1H	0	1153	0	0.00	-12.00	-4.80	5534	0	0	0	0	0	1153	2531	599	
	Q1V	0	0	2531	0.00	-7.95	-9.60	-20123	0	0	0	0	0	1153	2531	599	
	0	1153	2531	0.00	-14.589	-4.80	-14589	0	0	0	0	0	1153	2531	599	0	
NOME: FONDAZIONE SPALLA 1		CALCOLO AZIONI DA IMPALCATO															
		F <sub>x0</sub> (kN)	F <sub>y0</sub> (kN)	F <sub>z0</sub> (kN)	x <sub>0</sub> (m)	y <sub>0</sub> (m)	z <sub>0</sub> (m)	M <sub>x0</sub> (kNm)	M <sub>y0</sub> (kNm)	M <sub>z0</sub> (kNm)	F <sub>xG</sub> (m)	F <sub>yG</sub> (m)	F <sub>zG</sub> (m)	M <sub>xG</sub> (kNm)	M <sub>yG</sub> (kNm)	M <sub>zG</sub> (kNm)	
ENV SLU	Nvert Max	363	354	15595	0.00	-0.90	-8.40	-13823	-2347	340	363	354	15595	68690	-5396	-1511	
	Nvert Min	-351	175	5517	0.00	-0.90	-8.40	-4860	1341	-316	-351	175	5517	24743	4291	1475	
	Vtrasv Max	530	354	12678	0.00	-0.90	-8.40	-11198	-2312	490	530	354	12678	56437	-6761	-2211	
	Vtrasv Min	-351	-175	5517	0.00	-0.90	-8.40	-5070	1341	-316	-351	-175	5517	21597	4291	1475	
	Mlong Max	-351	175	5517	0.00	-0.90	-8.40	-4860	1341	-316	-351	175	5517	24743	4291	1475	
	Mlong Min	363	354	15595	0.00	-0.90	-8.40	-13823	-2347	340	363	354	15595	68690	-5396	-1511	
	Vlong Max	356	354	9942	0.00	-0.90	-8.40	-8735	-9370	334	356	354	9942	44945	-12358	-1480	
	Vlong Min	0	-234	5826	0.00	-0.90	-8.40	-5384	0	-7	0	-234	5826	22363	0	-7	
	Mtrasv Max	-351	175	5517	0.00	-0.90	-8.40	-4860	1341	-316	-351	175	5517	24743	4291	1475	
	Mtrasv Min	283	354	12407	0.00	-0.90	-8.40	-10954	-9463	268	283	354	12407	55298	-11842	-1176	
	Mtorc Max	530	354	12678	0.00	-0.90	-8.40	-11198	-2312	490	530	354	12678	56437	-6761	-2211	
	Mtorc Min	-351	-175	5517	0.00	-0.90	-8.40	-5070	1341	-316	-351	-175	5517	21597	4291	1475	
	ENV SLE RA		F <sub>x0</sub> (kN)	F <sub>y0</sub> (kN)	F <sub>z0</sub> (kN)	x <sub>0</sub> (m)	y <sub>0</sub> (m)	z <sub>0</sub> (m)	M <sub>x0</sub> (kNm)	M <sub>y0</sub> (kNm)	M <sub>z0</sub> (kNm)	F <sub>xG</sub> (m)	F <sub>yG</sub> (m)	F <sub>zG</sub> (m)	M <sub>xG</sub> (kNm)	M <sub>yG</sub> (kNm)	M <sub>zG</sub> (kNm)
		Nvert Max	308	256	10982	0.00	-0.90	-8.40	-9730	-1881	287	308	256	10982	48433	-4472	-1286
Nvert Min		-234	-175	5620	0.00	-0.90	-8.40	-5163	894	-211	-234	-175	5620	22030	2860	983	
Vtrasv Max		360	256	10611	0.00	-0.90	-8.40	-9396	-1612	334	360	256	10611	46872	-4640	-1505	
Vtrasv Min		-234	-175	5620	0.00	-0.90	-8.40	-5163	894	-211	-234	-175	5620	22030	2860	983	
Mtrasv Max		-234	-175	5620	0.00	-0.90	-8.40	-5163	894	-211	-234	-175	5620	22030	2860	983	
Mtrasv Min		220	-216	8783	0.00	-0.90	-8.40	-8034	-6641	194	220	-216	8783	34949	-8493	-931	
Vlong Max		0	256	5826	0.00	-0.90	-8.40	-5090	0	9	0	256	5826	26777	0	9	
Vlong Min		308	-256	10982	0.00	-0.90	-8.40	-10038	-1881	268	308	-256	10982	43818	-4472	-1305	
Mlong Max		0	256	5826	0.00	-0.90	-8.40	-5090	0	9	0	256	5826	26777	0	9	
Mlong Min		308	-256	10982	0.00	-0.90	-8.40	-10038	-1881	268	308	-256	10982	43818	-4472	-1305	
Mtorc Max		360	256	10611	0.00	-0.90	-8.40	-9396	-1612	334	360	256	10611	46872	-4640	-1505	
Mtorc Min		-234	-175	5620	0.00	-0.90	-8.40	-5163	894	-211	-234	-175	5620	22030	2860	983	
ENV SLE QP			F <sub>x0</sub> (kN)	F <sub>y0</sub> (kN)	F <sub>z0</sub> (kN)	x <sub>0</sub> (m)	y <sub>0</sub> (m)	z <sub>0</sub> (m)	M <sub>x0</sub> (kNm)	M <sub>y0</sub> (kNm)	M <sub>z0</sub> (kNm)	F <sub>xG</sub> (m)	F <sub>yG</sub> (m)	F <sub>zG</sub> (m)	M <sub>xG</sub> (kNm)	M <sub>yG</sub> (kNm)	M <sub>zG</sub> (kNm)
	Nvert Max	0	175	5826	0.00	-0.90	-8.40	-5139	0	0	0	175	5826	26042	0	0	
	Nvert Min	0	-175	5826	0.00	-0.90	-8.40	-5348	0	0	0	-175	5826	22896	0	0	
	Vtrasv Max	0	175	5826	0.00	-0.90	-8.40	-5139	0	0	0	175	5826	26042	0	0	
	Vtrasv Min	0	-175	5826	0.00	-0.90	-8.40	-5348	0	0	0	-175	5826	22896	0	0	
	Mtrasv Max	0	175	5826	0.00	-0.90	-8.40	-5139	0	0	0	175	5826	26042	0	0	
	Mtrasv Min	0	-175	5826	0.00	-0.90	-8.40	-5348	0	0	0	-175	5826	22896	0	0	
	Vlong Max	0	175	5826	0.00	-0.90	-8.40	-5139	0	0	0	175	5826	26042	0	0	
	Vlong Min	0	-175	5826	0.00	-0.90	-8.40	-5348	0	0	0	-175	5826	22896	0	0	
	Mlong Max	0	175	5826	0.00	-0.90	-8.40	-5139	0	0	0	175	5826	26042	0	0	
	Mlong Min	0	-175	5826	0.00	-0.90	-8.40	-5348	0	0	0	-175	5826	22896	0	0	
	Mtorc Max	0	175	5826	0.00	-0.90	-8.40	-5139	0	0	0	175	5826	26042	0	0	
	Mtorc Min	0	-175	5826	0.00	-0.90	-8.40	-5348	0	0	0	-175	5826	22896	0	0	

Tabella 41 – Riepilogo azioni elementari statiche

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	119

Tipo azione	Descrizione azione	V <sub>trasv</sub> F <sub>x</sub> [kN]	V <sub>long</sub> F <sub>y</sub> [kN]	N <sub>vert</sub> F <sub>z</sub> [kN]	M <sub>long</sub> M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>trasv</sub> M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>torc</sub> M <sub>z</sub> [kNm]
Gk1 Perm. Str.	G1 (peso proprio)	0	0	25352	-5952	0	0
Gk2b Ballast	G2,1 (ballast)	0	484	1063	251	0	0
Gk2 Perm. Non Str.	G2,2 (terreno)	0	0	297	1648	0	0
SLU Impalcato	Nvert Max	363	354	15595	68690	-5396	-1511
	Nvert Min	-351	175	5517	24743	4291	1475
	Vtrasv Max	530	354	12678	56437	-6761	-2211
	Vtrasv Min	-351	-175	5517	21597	4291	1475
	Mtrasv Max	-351	175	5517	24743	4291	1475
	Mtrasv Min	363	354	15595	68690	-5396	-1511
	Vlong Max	356	354	9942	44945	-12358	-1480
	Vlong Min	0	-234	5826	22363	0	-7
	Mlong Max	-351	175	5517	24743	4291	1475
	Mlong Min	283	354	12407	55298	-11842	-1176
	Mtorc Max	530	354	12678	56437	-6761	-2211
Mtorc Min	-351	-175	5517	21597	4291	1475	
SLE RA Impalcato	Nvert Max	308	256	10982	48433	-4472	-1286
	Nvert Min	-234	-175	5620	22030	2860	983
	Vtrasv Max	360	256	10611	46872	-4640	-1505
	Vtrasv Min	-234	-175	5620	22030	2860	983
	Mtrasv Max	-234	-175	5620	22030	2860	983
	Mtrasv Min	220	-216	8783	34949	-8493	-931
	Vlong Max	0	256	5826	26777	0	9
	Vlong Min	308	-256	10982	43818	-4472	-1305
	Mlong Max	0	256	5826	26777	0	9
	Mlong Min	308	-256	10982	43818	-4472	-1305
	Mtorc Max	360	256	10611	46872	-4640	-1505
Mtorc Min	-234	-175	5620	22030	2860	983	
SLE QP Impalcato	Nvert Max	0	175	5826	26042	0	0
	Nvert Min	0	-175	5826	22896	0	0
	Vtrasv Max	0	175	5826	26042	0	0
	Vtrasv Min	0	-175	5826	22896	0	0
	Mtrasv Max	0	175	5826	26042	0	0
	Mtrasv Min	0	-175	5826	22896	0	0
	Vlong Max	0	175	5826	26042	0	0
	Vlong Min	0	-175	5826	22896	0	0
	Mlong Max	0	175	5826	26042	0	0
	Mlong Min	0	-175	5826	22896	0	0
	Mtorc Max	0	175	5826	26042	0	0
Mtorc Min	0	-175	5826	22896	0	0	

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	120

Qk1	Q (acc. Traffico)	0	1153	2531	599	0	0
E	Sisma long	0	7562	0	30490	0	0
Sisma	Sisma trasv	10231	0	0	0	-53808	-13138
	Sisma vert	0	0	5116	6569	0	0

*Tabella 42 – Risultanti azioni elementari al centro della palificata G (quota testa palo)*



**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	122

INVILUPPO: SLU		N <sub>vert</sub>	V <sub>trasv</sub>	M <sub>long</sub>	V <sub>long</sub>	M <sub>trasv</sub>	M <sub>torc</sub>
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	Mx (kNm)	Fy (kN)	My (kNm)	Mz (kNm)
N <sub>vert</sub> Max	SLU6	55530	363	-5396	2752	64371	-1511
N <sub>vert</sub> Min	SLU24	35898	-351	4291	1981	18412	1475
V <sub>trasv</sub> Max	SLU15	43060	530	-6761	2510	53252	-2211
V <sub>trasv</sub> Min	SLU16	35898	-351	4291	1981	18412	1475
M <sub>long</sub> Max	SLU13	35898	-351	4291	2331	21558	1475
M <sub>long</sub> Min	SLU4	40324	356	-12358	2510	41760	-1480
V <sub>long</sub> Max	SLU11	52613	530	-6761	2752	52118	-2211
V <sub>long</sub> Min	SLU20	36208	0	0	1922	19179	-7
M <sub>trasv</sub> Max	SLU14	45977	363	-5396	2510	65505	-1511
M <sub>trasv</sub> Min	SLU19	45451	-351	4291	2223	17279	1475
M <sub>torc</sub> Max	SLU14	35898	-351	4291	2331	21558	1475
M <sub>torc</sub> Min	SLU15	43060	530	-6761	2510	53252	-2211
INVILUPPO: SLV		N <sub>vert</sub>	V <sub>trasv</sub>	M <sub>trasv</sub>	V <sub>long</sub>	M <sub>long</sub>	M <sub>torc</sub>
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fx (kN)	My (kNm)	Fy (kN)	Mx (kNm)	Mz (kNm)
N <sub>vert</sub> Max	SLV5	37653	3069	-16142	2928	37706	-3941
N <sub>vert</sub> Min	SLV6	27422	3069	-16142	2928	24568	-3941
V <sub>trasv</sub> Max	SLV3	34072	10231	-53808	2928	33107	-13138
V <sub>trasv</sub> Min	SLV6	27422	3069	-16142	2928	24568	-3941
M <sub>trasv</sub> Max	SLV1	34072	3069	-16142	8221	54451	-3941
M <sub>trasv</sub> Min	SLV6	31003	10231	-53808	2928	29166	-13138
V <sub>long</sub> Max	SLV1	34072	3069	-16142	8221	54451	-3941
V <sub>long</sub> Min	SLV6	27422	3069	-16142	2928	24568	-3941
M <sub>long</sub> Max	SLV1	34072	3069	-16142	8221	54451	-3941
M <sub>long</sub> Min	SLV4	27422	3069	-16142	2928	24568	-3941
M <sub>torc</sub> Max	SLV5	37653	3069	-16142	2928	37706	-3941
M <sub>torc</sub> Min	SLV4	31003	10231	-53808	2928	29166	-13138

Tabella 44 – ENV SLU, SLV - Azioni totali inviluppo

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>123</b>

<b>INVILUPPO: SLE RA</b>		<b>N<sub>vert</sub></b>	<b>V<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>long</sub></b>	<b>V<sub>long</sub></b>	<b>M<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>torc</sub></b>
<b>Tipologia Comb.</b>	<b>Nome Comb.</b>	<b>Fz (kN)</b>	<b>Fx (kN)</b>	<b>Mx (kNm)</b>	<b>Fy (kN)</b>	<b>My (kNm)</b>	<b>Mz (kNm)</b>
N <sub>vert</sub> Max	RA1	40225	308	-4472	1894	44979	-1286
N <sub>vert</sub> Min	RA12	34862	-234	2860	1462	18576	983
V <sub>trasv</sub> Max	RA3	39853	360	-4640	1894	43418	-1505
V <sub>trasv</sub> Min	RA12	34862	-234	2860	1462	18576	983
M <sub>trasv</sub> Max	RA1	34862	-234	2860	1462	18576	983
M <sub>trasv</sub> Min	RA12	38026	220	-8493	1421	31495	-931
V <sub>long</sub> Max	RA11	39853	360	-4640	1894	43418	-1505
V <sub>long</sub> Min	RA8	40225	308	-4472	1381	40364	-1305
M <sub>long</sub> Max	RA12	40225	308	-4472	1894	44979	-1286
M <sub>long</sub> Min	RA6	34862	-234	2860	1462	18576	983
M <sub>torc</sub> Max	RA12	34862	-234	2860	1462	18576	983
M <sub>torc</sub> Min	RA3	39853	360	-4640	1894	43418	-1505
<b>INVILUPPO: SLE QP</b>		<b>N<sub>vert</sub></b>	<b>V<sub>trasv</sub></b>	<b>M<sub>trasv</sub></b>	<b>V<sub>long</sub></b>	<b>M<sub>long</sub></b>	<b>M<sub>torc</sub></b>
<b>Tipologia Comb.</b>	<b>Nome Comb.</b>	<b>Fz (kN)</b>	<b>Fx (kN)</b>	<b>My (kNm)</b>	<b>Fy (kN)</b>	<b>Mx (kNm)</b>	<b>Mz (kNm)</b>
N <sub>vert</sub> Max	QP1	32537	0	0	659	21990	0
N <sub>vert</sub> Min	QP12	32537	0	0	309	18844	0
V <sub>trasv</sub> Max	QP1	32537	0	0	659	21990	0
V <sub>trasv</sub> Min	QP12	32537	0	0	309	18844	0
M <sub>trasv</sub> Max	QP1	32537	0	0	659	21990	0
M <sub>trasv</sub> Min	QP12	32537	0	0	309	18844	0
V <sub>long</sub> Max	QP1	32537	0	0	659	21990	0
V <sub>long</sub> Min	QP12	32537	0	0	309	18844	0
M <sub>long</sub> Max	QP1	32537	0	0	659	21990	0
M <sub>long</sub> Min	QP12	32537	0	0	309	18844	0
M <sub>torc</sub> Max	QP1	32537	0	0	659	21990	0
M <sub>torc</sub> Min	QP12	32537	0	0	309	18844	0

*Tabella 45 – ENV SLE RA, SLE QP - Azioni totali inviluppo*



VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	124

#### 11.4 SOLLECITAZIONI MURO PARAGHIAIA

In analogia con quanto svolto per gli scarichi di impalcato, sempre mediante foglio di calcolo, si sono valutate le singole azioni caratteristiche permanenti strutturali ( $G_{k1}$ ), non strutturali ( $G_{k2}$ ) e accidentali ( $Q_{ki}$ ) applicate al muro paraghiaia della spalla, secondo le azioni descritte nei capitoli precedenti di analisi dei carichi.

Tutte le azioni elementari caratteristiche sopra descritte, accorpate per gruppi omogenei dello stesso tipo, sono state valutate come forze  $F_x$  (trasversali),  $F_y$  (longitudinali),  $F_z$  (verticali) e momenti  $M_x$  (longitudinali),  $M_y$  (trasversali),  $M_z$  (torcenti) rispetto al punto G, posto al centro del muro paraghiaia a quota estradosso elevazione, e i rispettivi assi  $x, y, z$  come riportato nella figura seguente.

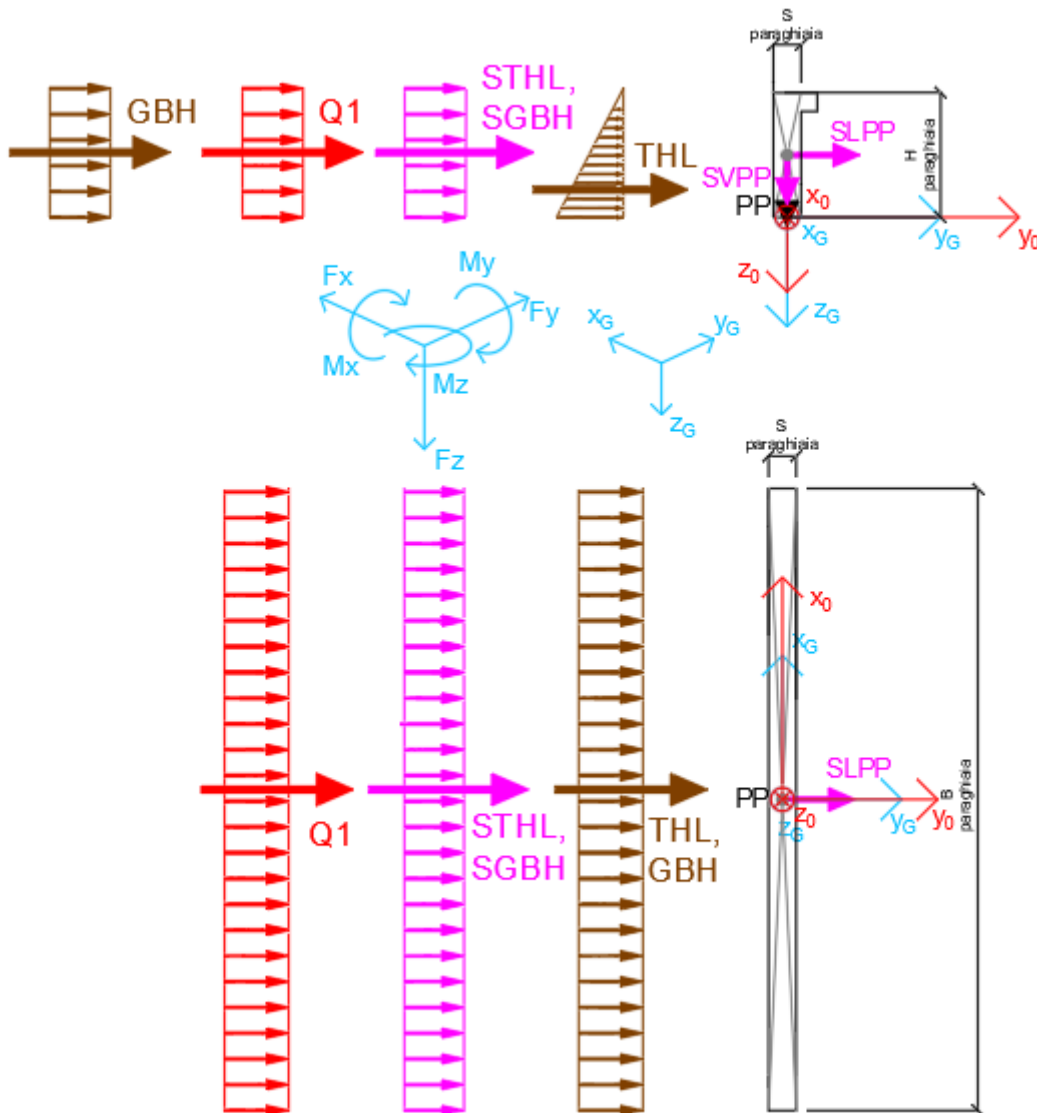


Figura 23 – Schema e sistema di riferimento utilizzato per il calcolo delle azioni applicate

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOLGIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	125

### 11.4.1 Analisi statica (SLU, SLE) e sismica (SLV)

Nel seguito vengono riportati i dettagli dei calcoli effettuati per la valutazione delle risultanti delle combinazioni statiche SLU / SLE e sismiche SLV, secondo le combinazioni di carico descritte nei capitoli precedenti.

<b>NOME: MURO PARAGHIAIA</b>				<b>CALCOLO SPETTRO SISMICO DI PROGETTO</b>													
PGA orizzontale a <sub>g</sub> (g)		0.195		Coeff. sismico orizz. k <sub>h</sub>				0.2738				Coeff. spinta attiva sismica k <sub>aE</sub>				0.3834	
Coeff. stratigrafico S <sub>s</sub>		1.404		Coeff. sismico vert. k <sub>v</sub>				0.1369									
<b>NOME: MURO PARAGHIAIA</b>				<b>CALCOLO AZIONI SISMICHE CORPO SPALLA</b>													
		F <sub>x0</sub> (kN)	F <sub>y0</sub> (kN)	F <sub>z0</sub> (kN)	x <sub>0</sub> (m)	y <sub>0</sub> (m)	z <sub>0</sub> (m)	M <sub>x0</sub> (kNm)	M <sub>y0</sub> (kNm)	M <sub>z0</sub> (kNm)	F <sub>xG</sub> (m)	F <sub>yG</sub> (m)	F <sub>zG</sub> (m)	M <sub>xG</sub> (kNm)	M <sub>yG</sub> (kNm)	M <sub>zG</sub> (kNm)	
Sisma long	SLPP	0	200	0	0.00	0.00	-1.80	359	0	0	0	200	0	359	0	0	
		0	200	0	0.00	0.00	-1.80	359	0	0	0	200	0	359	0	0	
Sisma vert	SVPP	0	0	100	0.00	0.00	-1.80	0	0	0	0	0	100	0	0	0	
		0	0	100	0.00	0.00	-1.80	0	0	0	0	0	100	0	0	0	
Sisma ballast long	SGBH	0	94	0	0.00	-0.30	-1.80	168	0	0	0	94	0	168	0	0	
		0	94	0	0.00	-0.30	-1.80	168	0	0	0	94	0	168	0	0	
Sisma terreno long	STHL	0	0	0	0.00	-0.30	-1.80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		0	0	0	0.00	-0.30	-1.80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tabella 46 – Calcolo spettri sismici risposta strutturale e riepilogo azioni elementari sismiche

<b>NOME: MURO PARAGHIAIA</b>				<b>PARAMETRI DI CALCOLO MURO PARAGHIAIA</b>																	
H paraghiaia (m)		3.60		Carico perm. Gb ballast (kPa)				9.72				Angolo di attrito terreno (°)				38.00		XG elevazione		0.00	
S paraghiaia (m)		0.60		Carico variab. Q LM71 (kPa)				56.18				Coeff. spinta attiva statica k <sub>a</sub>				0.2379		YG elevazione		0.00	
B paraghiaia (m)		13.50		Peso terreno (kN/m <sup>3</sup> )				20.00				Coeff. spinta riposo statica k <sub>0</sub>				0.3843		ZG elevazione		0.00	
<b>NOME: MURO PARAGHIAIA</b>				<b>CALCOLO AZIONI CORPO SPALLA</b>																	
		F <sub>x0</sub> (kN)	F <sub>y0</sub> (kN)	F <sub>z0</sub> (kN)	x <sub>0</sub> (m)	y <sub>0</sub> (m)	z <sub>0</sub> (m)	M <sub>x0</sub> (kNm)	M <sub>y0</sub> (kNm)	M <sub>z0</sub> (kNm)	F <sub>xG</sub> (m)	F <sub>yG</sub> (m)	F <sub>zG</sub> (m)	M <sub>xG</sub> (kNm)	M <sub>yG</sub> (kNm)	M <sub>zG</sub> (kNm)					
Peso proprio	PP	0	0	729	0.00	0.00	-1.80	0	0	0	0	0	729	0	0	0					
		0	0	729	0.00	0.00	-1.80	0	0	0	0	0	729	0	0	0					
Ballast	GBH	0	182	0	0.00	-0.30	-1.80	327	0	0	0	182	0	327	0	0					
		0	182	0	0.00	-0.30	-1.80	327	0	0	0	182	0	327	0	0					
Spinta terreno	THL	0	0	0	0.00	-0.30	-1.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
		0	0	0	0.00	-0.30	-1.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
Sovraccarico long	Q1	0	1049	0	0.00	-0.30	-1.80	1889	0	0	0	1049	0	1889	0	0					
		0	1049	0	0.00	-0.30	-1.80	1889	0	0	0	1049	0	1889	0	0					

Tabella 47 – Riepilogo azioni elementari statiche

Tipo azione	Descrizione azione	V <sub>trav</sub>	V <sub>long</sub>	N <sub>vert</sub>	M <sub>long</sub>	M <sub>trav</sub>	M <sub>torc</sub>
		F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>y</sub> [kN]	F <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
Gk1 Perm. Str.	G1 (peso proprio)	0	0	729	0	0	0
Gk2b Ballast	G2,1 (ballast)	0	182	0	327	0	0
Gk2 Perm. Non Str.	G2,2 (terreno)	0	0	0	0	0	0
Qk1	Q (acc. Traffico)	0	1049	0	1889	0	0
E Sisma	Sisma long	0	293	0	528	0	0
	Sisma vert	0	0	100	0	0	0
	-Sisma vert	0	0	-100	0	0	0

Tabella 48 – Risultanti azioni elementari al centro dell'elevazione G (quota estradosso fondazione)

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	126

NomeEnv:	TipoComb:	NumComb:	Comb:	Gk1 Perm. Str.-G1 (peso proprio)	Gk2b Ballast-G2,1 (ballast)	Gk2 Perm. Non Str.-G2,2 (terreno)	Qk1-Q (acc. Traffico)	E-Sisma long	E-Sisma vert	E--Sisma vert
SLU	1	1	SLU1	1.35	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00
SLU	2	2	SLU2	1.35	1.50	1.50	1.45	0.00	0.00	0.00
SLU	3	3	SLU3	1.00	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00
SLU	4	4	SLU4	1.00	1.50	1.50	1.45	0.00	0.00	0.00
SLU	5	5	SLU5	1.00	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	0.00
SLV	6	6	SLV1	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.30	0.00
SLV	6	7	SLV2	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.30
SLV	6	8	SLV3	1.00	1.00	1.00	0.00	0.30	1.00	0.00
SLV	6	9	SLV4	1.00	1.00	1.00	0.00	0.30	0.00	1.00
SLE RA	7	10	RA1	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
SLE RA	8	11	RA2	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLE QP	8	12	QP1	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SLE QP	9	13	QP2	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

*Tabella 49 – Combinazioni di carico adottate*

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>127</b>

INVILUPPO: SLU		N <sub>vert</sub>	V <sub>long</sub>	M <sub>long</sub>
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fy (kN)	Mx (kNm)
N <sub>vert</sub> Max	SLU2	984	1794	3229
N <sub>vert</sub> Min	SLU5	729	1522	2739
V <sub>long</sub> Max	SLU2	984	1794	3229
V <sub>long</sub> Min	SLU3	729	272	490
M <sub>long</sub> Max	SLU2	984	1794	3229
M <sub>long</sub> Min	SLU3	729	272	490
INVILUPPO: SLV		N <sub>vert</sub>	V <sub>long</sub>	M <sub>long</sub>
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fy (kN)	Mx (kNm)
N <sub>vert</sub> Max	SLV3	829	269	485
N <sub>vert</sub> Min	SLV4	629	269	485
V <sub>long</sub> Max	SLV1	759	475	854
V <sub>long</sub> Min	SLV4	629	269	485
M <sub>long</sub> Max	SLV1	759	475	854
M <sub>long</sub> Min	SLV4	629	269	485

*Tabella 50 – ENV SLU, SLV - Azioni totali inviluppo*

INVILUPPO: SLE RA		N <sub>vert</sub>	V <sub>long</sub>	M <sub>long</sub>
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fy (kN)	Mx (kNm)
N <sub>vert</sub> Max	RA1	729	1231	2216
N <sub>vert</sub> Min	RA2	729	182	327
V <sub>long</sub> Max	RA1	729	1231	2216
V <sub>long</sub> Min	RA2	729	182	327
M <sub>long</sub> Max	RA1	729	1231	2216
M <sub>long</sub> Min	RA2	729	182	327
INVILUPPO: SLE QP		N <sub>vert</sub>	V <sub>long</sub>	M <sub>long</sub>
Tipologia Comb.	Nome Comb.	Fz (kN)	Fy (kN)	Mx (kNm)
N <sub>vert</sub> Max	QP1	729	182	327
N <sub>vert</sub> Min	QP2	729	0	0
V <sub>long</sub> Max	QP1	729	182	327
V <sub>long</sub> Min	QP2	729	0	0
M <sub>long</sub> Max	QP1	729	182	327
M <sub>long</sub> Min	QP2	729	0	0

*Tabella 51 – ENV SLE RA, SLE QP - Azioni totali inviluppo*

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	128

## 11.5 VERIFICHE MURO FRONTALE

Nel seguente paragrafo vengono riportate le sollecitazioni a quota estradosso plinto di fondazione per le combinazioni di carico allo SLU e le relative verifiche di resistenza a pressoflessione e taglio.

### 11.5.1 Verifica a pressoflessione SLU, SLV, SLE

La sezione è armata con un quantitativo di armatura longitudinale nel lato teso di  $\Phi 22/20$  e nel lato compresso di  $\Phi 18/20$  come rappresentato nella figura seguente per un totale di 156 ferri. I domini di resistenza M-N e i coefficienti di sicurezza a pressoflessione sono ottenuti attraverso il software SAX 10.0 distribuito da Aztec.

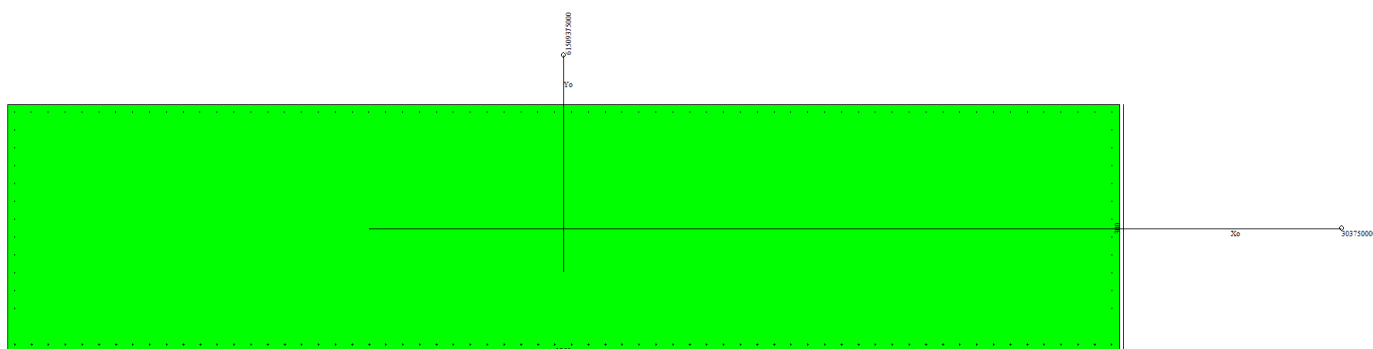


Figura 37 – Sezione trasversale spalla 1 e relativa armatura

## Dati

**Nome sezione:** SEZIONE SPALLA S1

Tipo sezione: Rettangolare  
 Base: 1350,0 [cm]  
 Altezza: 300,0 [cm]

### Caratteristiche geometriche

Area sezione: 405000,00 [cmq]  
 Inerzia in direzione X: 61509375000,0 [cm<sup>4</sup>]  
 Inerzia in direzione Y: 3037500000,0 [cm<sup>4</sup>]  
 Inerzia in direzione XY: 0,0 [cm<sup>4</sup>]  
 Ascissa baricentro sezione:  $X_G = 675,00$  [cm]  
 Ordinata baricentro sezione:  $Y_G = 150,00$  [cm]

### Elenco ferri

#### Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

N° numero d'ordine  
 X Ascissa posizione ferro espresso in [cm]  
 Y Ordinata posizione ferro espresso in [cm]  
 d Diametro ferro espresso in [mm]  
 $\omega$  Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	$\omega$
1	1341,10	291,10	18	2,54
2	1320,60	291,10	18	2,54

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	129

3	1300,11	291,10	18	2,54
4	1279,61	291,10	18	2,54
5	1259,12	291,10	18	2,54
6	1238,62	291,10	18	2,54
7	1218,13	291,10	18	2,54
8	1197,63	291,10	18	2,54
9	1177,14	291,10	18	2,54
10	1156,64	291,10	18	2,54
11	1136,15	291,10	18	2,54
12	1115,65	291,10	18	2,54
13	1095,16	291,10	18	2,54
14	1074,66	291,10	18	2,54
15	1054,16	291,10	18	2,54
16	1033,67	291,10	18	2,54
17	1013,17	291,10	18	2,54
18	992,68	291,10	18	2,54
19	972,18	291,10	18	2,54
20	951,69	291,10	18	2,54
21	931,19	291,10	18	2,54
22	910,70	291,10	18	2,54
23	890,20	291,10	18	2,54
24	869,71	291,10	18	2,54
25	849,21	291,10	18	2,54
26	828,72	291,10	18	2,54
27	808,22	291,10	18	2,54
28	787,72	291,10	18	2,54
29	767,23	291,10	18	2,54
30	746,73	291,10	18	2,54
31	726,24	291,10	18	2,54
32	705,74	291,10	18	2,54
33	685,25	291,10	18	2,54
34	664,75	291,10	18	2,54
35	644,26	291,10	18	2,54
36	623,76	291,10	18	2,54
37	603,27	291,10	18	2,54
38	582,77	291,10	18	2,54
39	562,28	291,10	18	2,54
40	541,78	291,10	18	2,54
41	521,28	291,10	18	2,54
42	500,79	291,10	18	2,54
43	480,29	291,10	18	2,54
44	459,80	291,10	18	2,54
45	439,30	291,10	18	2,54
46	418,81	291,10	18	2,54
47	398,31	291,10	18	2,54
48	377,82	291,10	18	2,54
49	357,32	291,10	18	2,54
50	336,83	291,10	18	2,54
51	316,33	291,10	18	2,54
52	295,84	291,10	18	2,54
53	275,34	291,10	18	2,54
54	254,84	291,10	18	2,54
55	234,35	291,10	18	2,54
56	213,85	291,10	18	2,54
57	193,36	291,10	18	2,54
58	172,86	291,10	18	2,54
59	152,37	291,10	18	2,54
60	131,87	291,10	18	2,54
61	111,38	291,10	18	2,54
62	90,88	291,10	18	2,54

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	130

63	70,39	291,10	18	2,54
64	49,89	291,10	18	2,54
65	29,40	291,10	18	2,54
66	8,90	291,10	18	2,54
67	9,10	9,10	22	3,80
68	29,59	9,10	22	3,80
69	50,08	9,10	22	3,80
70	70,57	9,10	22	3,80
71	91,06	9,10	22	3,80
72	111,55	9,10	22	3,80
73	132,04	9,10	22	3,80
74	152,52	9,10	22	3,80
75	173,01	9,10	22	3,80
76	193,50	9,10	22	3,80
77	213,99	9,10	22	3,80
78	234,48	9,10	22	3,80
79	254,97	9,10	22	3,80
80	275,46	9,10	22	3,80
81	295,95	9,10	22	3,80
82	316,44	9,10	22	3,80
83	336,93	9,10	22	3,80
84	357,42	9,10	22	3,80
85	377,91	9,10	22	3,80
86	398,40	9,10	22	3,80
87	418,88	9,10	22	3,80
88	439,37	9,10	22	3,80
89	459,86	9,10	22	3,80
90	480,35	9,10	22	3,80
91	500,84	9,10	22	3,80
92	521,33	9,10	22	3,80
93	541,82	9,10	22	3,80
94	562,31	9,10	22	3,80
95	582,80	9,10	22	3,80
96	603,29	9,10	22	3,80
97	623,78	9,10	22	3,80
98	644,27	9,10	22	3,80
99	664,76	9,10	22	3,80
100	685,24	9,10	22	3,80
101	705,73	9,10	22	3,80
102	726,22	9,10	22	3,80
103	746,71	9,10	22	3,80
104	767,20	9,10	22	3,80
105	787,69	9,10	22	3,80
106	808,18	9,10	22	3,80
107	828,67	9,10	22	3,80
108	849,16	9,10	22	3,80
109	869,65	9,10	22	3,80
110	890,14	9,10	22	3,80
111	910,63	9,10	22	3,80
112	931,12	9,10	22	3,80
113	951,60	9,10	22	3,80
114	972,09	9,10	22	3,80
115	992,58	9,10	22	3,80
116	1013,07	9,10	22	3,80
117	1033,56	9,10	22	3,80
118	1054,05	9,10	22	3,80
119	1074,54	9,10	22	3,80
120	1095,03	9,10	22	3,80
121	1115,52	9,10	22	3,80
122	1136,01	9,10	22	3,80

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>131</b>

123	1156,50	9,10	22	3,80
124	1176,99	9,10	22	3,80
125	1197,48	9,10	22	3,80
126	1217,96	9,10	22	3,80
127	1238,45	9,10	22	3,80
128	1258,94	9,10	22	3,80
129	1279,43	9,10	22	3,80
130	1299,92	9,10	22	3,80
131	1320,41	9,10	22	3,80
132	1340,90	9,10	22	3,80
133	8,90	269,39	18	2,54
134	8,90	247,68	18	2,54
135	8,90	225,98	18	2,54
136	8,90	204,27	18	2,54
137	8,90	182,56	18	2,54
138	8,90	160,85	18	2,54
139	8,90	139,15	18	2,54
140	8,90	117,44	18	2,54
141	8,90	95,73	18	2,54
142	8,90	74,02	18	2,54
143	8,90	52,32	18	2,54
144	8,90	30,61	18	2,54
145	1341,10	30,61	18	2,54
146	1341,10	52,32	18	2,54
147	1341,10	74,02	18	2,54
148	1341,10	95,73	18	2,54
149	1341,10	117,44	18	2,54
150	1341,10	139,15	18	2,54
151	1341,10	160,85	18	2,54
152	1341,10	182,56	18	2,54
153	1341,10	204,27	18	2,54
154	1341,10	225,98	18	2,54
155	1341,10	247,68	18	2,54
156	1341,10	269,39	18	2,54

**Materiale impiegato** : Calcestruzzo armato

**Caratteristiche calcestruzzo**

Resistenza caratteristica calcestruzzo	40,000	[MPa]
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15,00	
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso	1,00	
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO		

**Caratteristiche acciaio per calcestruzzo**

Tensione ammissibile acciaio	450,000	[MPa]
Tensione snervamento acciaio	450,000	[MPa]
Modulo elastico E	210000,924	[MPa]
Fattore di incrudimento acciaio	1,00	

**Combinazioni**

*Simbologia adottata*

N°	numero d'ordine della combinazione
N	sforzo normale espresso in[kN]
M <sub>y</sub>	momento lungo Y espresso in [kNm]
M <sub>x</sub>	momento lungo X espresso in [kNm]
M <sub>t</sub>	momento torcente espresso in [kNm]
T <sub>y</sub>	taglio lungo Y espresso in [kN]
T <sub>x</sub>	taglio lungo X espresso in [kN]
VD	verifica di dominio
VT	verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLER - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)



**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	132

N°	N	M <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>t</sub>	T <sub>y</sub>	T <sub>x</sub>	VD	VT
1	22161,8700	9819,2900	-3799,1500	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
2	10380,6800	1640,9100	2745,5300	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
3	10380,6800	3248,8800	2745,5300	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
4	16508,3200	6427,1600	-10792,4700	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
5	20459,4500	10122,0700	-3799,1500	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
6	12392,4700	1251,4900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
7	12815,0700	-15072,4300	6524,5500	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
8	8565,0300	-15072,4300	2383,8400	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
9	11327,5600	-4521,7300	7454,5700	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
10	8565,0300	-15072,4300	2383,8400	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
11	11327,5600	-4521,7300	7454,5700	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
12	8565,0300	-15072,4300	2383,8400	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
13	15846,3400	-3114,6000	6903,8100	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
14	10483,8000	1830,3500	1702,7800	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
15	10483,8000	1830,3500	1702,7800	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
16	13647,3000	-7523,2100	3413,1200	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
17	15846,3400	-3114,6000	6903,8100	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
18	10483,8000	1830,3500	1702,7800	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
19	10690,0500	0,0000	3434,5100	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
20	10690,0500	0,0000	1826,5300	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
21	10690,0500	0,0000	3434,5100	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
22	10690,0500	0,0000	1826,5300	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
23	10690,0500	0,0000	3434,5100	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
24	10690,0500	0,0000	1826,5300	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP

## Risultati analisi

### Caratteristiche asse neutro

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
Xc posizione asse neutro espresso in [cm]  
α inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]  
(xi; yi) - (xf; yf) Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	Xc	α	(xi; yi)	(xf; yf)
13	622,15	6,51	(1350,00; 626,19)	(-4136,63; 0,00)
14	610,37	-2,62	(-12003,72; 300,00)	(1350,00; -311,01)
15	610,37	-2,62	(-12003,72; 300,00)	(1350,00; -311,01)
16	304,76	1,36	(1350,00; 304,84)	(-11480,06; 0,00)
17	622,15	6,51	(1350,00; 626,19)	(-4136,63; 0,00)
18	610,37	-2,62	(-12003,72; 300,00)	(1350,00; -311,01)
19	5283,70	-75,32	(-4112,01; 300,00)	(1350,00; -20548,77)
20	8680,17	-63,77	(-8326,24; 300,00)	(1350,00; -19342,49)
21	5283,70	-75,32	(-4112,01; 300,00)	(1350,00; -20548,77)
22	8680,17	-63,77	(-8326,24; 300,00)	(1350,00; -19342,49)
23	5283,70	-75,32	(-4112,01; 300,00)	(1350,00; -20548,77)
24	8680,17	-63,77	(-8326,24; 300,00)	(1350,00; -19342,49)

## Risultati tensionali

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
σ<sub>c-max</sub> Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [MPa]  
σ<sub>c-min</sub> Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [MPa]  
σ<sub>t-max</sub> Tensione massima nel ferro espresso in [MPa]  
σ<sub>t-min</sub> Tensione minima nel ferro espresso in [MPa]  
τ<sub>c</sub> Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [MPa]

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	133

N°	$\sigma_{c-max}$	$\sigma_{c-min}$	$\tau_c$	$\sigma_{f-max}$	$\sigma_{f-min}$
13	0,602	0,000	0,000	8,891	2,627
14	0,362	0,000	0,000	5,342	2,297
15	0,362	0,000	0,000	5,342	2,297
16	0,723	0,000	0,000	10,515	-0,645
17	0,602	0,000	0,000	8,891	2,627
18	0,362	0,000	0,000	5,342	2,297
19	0,298	0,000	0,000	4,466	3,314
20	0,281	0,000	0,000	4,211	3,570
21	0,298	0,000	0,000	4,466	3,314
22	0,281	0,000	0,000	4,211	3,570
23	0,298	0,000	0,000	4,466	3,314
24	0,281	0,000	0,000	4,211	3,570

**Sollecitazioni ultime**

**Simbologia adottata**

N°	numero d'ordine della combinazione
N <sub>u</sub>	Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]
M <sub>Xu</sub>	Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]
M <sub>Yu</sub>	Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]
FS	Fattore di sicurezza

**Combinazione n° 1**

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
<u>534757,5852</u>	<u>-91672,0602</u>	<u>236935,7734</u>	24,13
<u>755312,9490</u>	<u>-129481,2753</u>	9819,2900	34,08
<u>537954,4835</u>	-3799,1500	<u>238352,2275</u>	24,27
<u>769628,5867</u>	-3799,1500	9819,2900	34,73
22161,8700	<u>-254358,3693</u>	9819,2900	66,95
22161,8700	<u>-23926,1107</u>	<u>61839,4691</u>	6,30
22161,8700	-3799,1500	<u>61914,7760</u>	6,31

**Combinazione n° 2**

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
<u>674677,6567</u>	<u>178441,8503</u>	<u>106648,6313</u>	64,99
<u>743242,4132</u>	<u>196576,1725</u>	1640,9100	71,60
<u>681174,6310</u>	2745,5300	<u>107675,6305</u>	65,62
<u>776110,2728</u>	2745,5300	1640,9100	74,76
10380,6800	<u>183582,5590</u>	1640,9100	66,87
10380,6800	<u>75568,2324</u>	<u>45164,5650</u>	27,52
10380,6800	2745,5300	<u>45857,6569</u>	27,95

**Combinazione n° 3**

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
<u>594775,0538</u>	<u>157308,8423</u>	<u>186148,9591</u>	57,30
<u>743075,6645</u>	<u>196532,0701</u>	3248,8800	71,58
<u>601039,8350</u>	2745,5300	<u>188109,6710</u>	57,90
<u>774865,9151</u>	2745,5300	3248,8800	74,65
10380,6800	<u>183687,5867</u>	3248,8800	66,90
10380,6800	<u>38594,9563</u>	<u>45670,7382</u>	14,06
10380,6800	2745,5300	<u>45857,6569</u>	14,11

**Combinazione n° 4**

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
<u>540680,4106</u>	<u>-353474,9212</u>	<u>210502,3108</u>	32,75
<u>689391,6431</u>	<u>-450696,2929</u>	6427,1600	41,76

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	134

<u>563637,6421</u>	-10792,4700	<u>219440,2161</u>	34,14
<u>772276,1465</u>	-10792,4700	6427,1600	46,78
16508,3200	<u>-220800,3798</u>	6427,1600	20,46
16508,3200	<u>-89543,4448</u>	<u>53325,1467</u>	8,30
16508,3200	-10792,4700	<u>54240,4422</u>	8,44

Combinazione n° 5

<b>N<sub>u</sub></b>	<b>M<sub>Xu</sub></b>	<b>M<sub>Yu</sub></b>	<b>FS</b>
<u>509939,2326</u>	<u>-94691,4817</u>	<u>252286,3815</u>	24,92
<u>753256,5552</u>	<u>-139873,4884</u>	10122,0700	36,82
<u>513393,2246</u>	-3799,1500	<u>253995,2030</u>	25,09
<u>769382,9428</u>	-3799,1500	10122,0700	37,61
20459,4500	<u>-244163,5059</u>	10122,0700	64,27
20459,4500	<u>-22351,6632</u>	<u>59551,5049</u>	5,88
20459,4500	-3799,1500	<u>59618,1772</u>	5,89

Combinazione n° 6

<b>N<sub>u</sub></b>	<b>M<sub>Xu</sub></b>	<b>M<sub>Yu</sub></b>	<b>FS</b>
<u>714732,6339</u>	0,0000	<u>72179,3754</u>	57,67
<u>776421,6152</u>	0,0000	1251,4900	62,65
12392,4700	0,0000	<u>48631,4670</u>	38,86

Combinazione n° 7

<b>N<sub>u</sub></b>	<b>M<sub>Xu</sub></b>	<b>M<sub>Yu</sub></b>	<b>FS</b>
<u>207996,0080</u>	<u>105897,2252</u>	<u>-244634,2682</u>	16,23
<u>708543,3035</u>	<u>360741,3936</u>	-15072,4300	55,29
<u>212911,6929</u>	6524,5500	<u>-250415,8454</u>	16,61
<u>772621,9253</u>	6524,5500	-15072,4300	60,29
12815,0700	<u>194311,9451</u>	-15072,4300	29,78
12815,0700	<u>17381,5010</u>	<u>-40153,1841</u>	2,66
12815,0700	6524,5500	<u>-40187,9596</u>	2,67

Combinazione n° 8

<b>N<sub>u</sub></b>	<b>M<sub>Xu</sub></b>	<b>M<sub>Yu</sub></b>	<b>FS</b>
<u>53957,5277</u>	15017,5905	<u>-94952,5056</u>	6,30
<u>740701,9283</u>	<u>206153,9638</u>	-15072,4300	86,48
<u>54049,6978</u>	2383,8400	<u>-95114,7032</u>	6,31
<u>772659,3148</u>	2383,8400	-15072,4300	90,21
8565,0300	<u>168111,9903</u>	-15072,4300	70,52
8565,0300	<u>5420,9983</u>	<u>-34275,6296</u>	2,27
8565,0300	2383,8400	<u>-34279,4884</u>	2,27

Combinazione n° 9

<b>N<sub>u</sub></b>	<b>M<sub>Xu</sub></b>	<b>M<sub>Yu</sub></b>	<b>FS</b>
<u>541232,2706</u>	<u>356180,3113</u>	<u>-216048,8397</u>	47,78
<u>689854,5425</u>	<u>453987,3527</u>	-4521,7300	60,90
<u>564761,6417</u>	7454,5700	<u>-225441,2829</u>	49,86
<u>779521,6565</u>	7454,5700	-4521,7300	68,82
11327,5600	<u>188511,7172</u>	-4521,7300	25,29
11327,5600	<u>62126,9209</u>	<u>-37684,4221</u>	8,33
11327,5600	7454,5700	<u>-38122,0130</u>	8,43

Combinazione n° 10

<b>N<sub>u</sub></b>	<b>M<sub>Xu</sub></b>	<b>M<sub>Yu</sub></b>	<b>FS</b>
----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	135

<u>53957,5277</u>	<u>15017,5905</u>	<u>-94952,5056</u>	6,30
<u>740701,9283</u>	<u>206153,9638</u>	<u>-15072,4300</u>	86,48
<u>54049,6978</u>	2383,8400	<u>-95114,7032</u>	6,31
<u>772659,3148</u>	2383,8400	<u>-15072,4300</u>	90,21
8565,0300	<u>168111,9903</u>	<u>-15072,4300</u>	70,52
8565,0300	<u>5420,9983</u>	<u>-34275,6296</u>	2,27
8565,0300	2383,8400	<u>-34279,4884</u>	2,27

Combinazione n° 11

$N_u$	$M_{xu}$	$M_{yu}$	FS
<u>541232,2706</u>	<u>356180,3113</u>	<u>-216048,8397</u>	47,78
<u>689854,5425</u>	<u>453987,3527</u>	<u>-4521,7300</u>	60,90
<u>564761,6417</u>	7454,5700	<u>-225441,2829</u>	49,86
<u>779521,6565</u>	7454,5700	<u>-4521,7300</u>	68,82
11327,5600	<u>188511,7172</u>	<u>-4521,7300</u>	25,29
11327,5600	<u>62126,9209</u>	<u>-37684,4221</u>	8,33
11327,5600	7454,5700	<u>-38122,0130</u>	8,43

Combinazione n° 12

$N_u$	$M_{xu}$	$M_{yu}$	FS
<u>53957,5277</u>	<u>15017,5905</u>	<u>-94952,5056</u>	6,30
<u>740701,9283</u>	<u>206153,9638</u>	<u>-15072,4300</u>	86,48
<u>54049,6978</u>	2383,8400	<u>-95114,7032</u>	6,31
<u>772659,3148</u>	2383,8400	<u>-15072,4300</u>	90,21
8565,0300	<u>168111,9903</u>	<u>-15072,4300</u>	70,52
8565,0300	<u>5420,9983</u>	<u>-34275,6296</u>	2,27
8565,0300	2383,8400	<u>-34279,4884</u>	2,27

**Risultati fessurazione**

Simbologia adottata

$N^\circ$	numero d'ordine della combinazione
$M_x$	Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]
$M_y$	Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]
$\sigma_f$	Tensione nell'acciaio, espressa in [MPa]
$\sigma_c$	Tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]
$A_{eff}$	Area efficace a trazione, espressa in [cm <sup>2</sup> ]
$\epsilon$	Deformazione media acciaio teso, espressa in [‰]
$S_{rm}$	Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]
$w$	Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

$N^\circ$	$M_x$	$M_y$	$\sigma_f$	$\sigma_c$	$A_{eff}$	$\epsilon$	$S_{rm}$	$w$
13	80143,5256	-36156,1261	-397,246	-27,353	92879,41	0,0000	0	0,0000
14	39709,3617	42684,3340	-428,159	-29,572	65370,77	0,0000	0	0,0000
15	39709,3617	42684,3340	-428,159	-29,572	65370,77	0,0000	0	0,0000
16	21865,3000	-48195,5641	-601,359	-41,515	70866,78	0,0000	0	0,0000
17	80143,5256	-36156,1261	-397,246	-27,353	92879,41	0,0000	0	0,0000
18	39709,3617	42684,3340	-428,159	-29,572	65370,77	0,0000	0	0,0000
19	227922,6699	0,0000	-824,584	-55,453	163362,45	0,0000	0	0,0000
20	227928,1124	0,0000	-824,611	-55,455	163362,46	0,0000	0	0,0000
21	227922,6699	0,0000	-824,584	-55,453	163362,45	0,0000	0	0,0000
22	227928,1124	0,0000	-824,611	-55,455	163362,46	0,0000	0	0,0000
23	227922,6699	0,0000	-824,584	-55,453	163362,45	0,0000	0	0,0000
24	227928,1124	0,0000	-824,611	-55,455	163362,46	0,0000	0	0,0000

Inviluppo verifiche a pressoflessione

Simbologia adottata

$N$	Storzo normale espresso in [kN]
-----	---------------------------------

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	136

Mx Momento in direzione X espresso in [kNm]  
 My Momento in direzione Y espresso in [kNm]  
 Nu Sforzo normale ultimo espresso in [kN]  
 Mx,u Momento ultimo in direzione X espresso in [kNm]  
 My,u Momento ultimo in direzione Y espresso in [kNm]  
 FS Fattore di sicurezza  
 Comb. Combinazione critica

**Sezione n° 1 - SEZIONE SPALLA S1**

N	Mx	My	N	Mx,u	My,u	FS	Comb.
8565,03	2383,84	-15072,43	53957,53	15017,59	-94952,51	6.300	8
22161,87	-3799,15	9819,29	755312,95	-129481,28	9819,29	34.082	1
8565,03	2383,84	-15072,43	54049,70	2383,84	-95114,70	6.311	8
22161,87	-3799,15	9819,29	769628,59	-3799,15	9819,29	34.728	1
16508,32	-10792,47	6427,16	16508,32	-220800,38	6427,16	20.459	4
8565,03	2383,84	-15072,43	8565,03	5421,00	-34275,63	2.274	8
8565,03	2383,84	-15072,43	8565,03	2383,84	-34279,49	2.274	8

Inviluppo verifiche tensionali

*Simbologia adottata*

TC Tipo combinazione  
 scc tensione di compressione nel cls espresso in [MPa]  
 scl tensione di compressione limite nel cls espresso in [MPa]  
 sct tensione di trazione nel cls espresso in [MPa]  
 sctl tensione di trazione limite nel cls espresso in [MPa]  
 sfc, sft tensione minima e massima nell'armatura espressa in [MPa]  
 sf tensione limite nell'armatura espressa in [MPa]  
 Comb. Combinazione critica

**Sezione n° 1 - SEZIONE SPALLA S1**

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLEQP	0,298	14,940	0,220	3,099	3,314	4,466	450,000	19
SLER	0,723	18,260	-0,065	3,099	-0,645	10,515	337,500	16

Inviluppo verifiche fessurazione

*Simbologia adottata*

TC Tipo combinazione  
 sf tensione nell'acciaio espresso in [MPa]  
 sc tensione nel cls espresso in [MPa]  
 Aeff Area efficace a trazione espresso in [cmq]  
 Eps Deformazione espressa in [%]  
 sr spaziatura tra le fessure espressa in [mm]  
 w, wl ampiezza fessure e fessura limite espresse in [mm]  
 Comb. Combinazione critica

**Sezione n° 1 - SEZIONE SPALLA S1**

TC	sf	sc	Aeff	Esp	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-824,584	-55,453	16020,638	0,0000	0,000	0,000	0,200	19
SLER	-397,246	-27,353	9108,504	0,0000	0,000	0,000	0,200	13

VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	137

### 11.5.2 Verifica a taglio SLU, SLV

Secondo le sollecitazioni a quota spiccato elevazione (estradosso plinto) per le combinazioni di carico allo SLU riportate nel capitolo precedente, si riporta la relativa verifica di resistenza a taglio.

Il valore dei tagli resistenti è stato, invece, ricavato attraverso un apposito foglio di calcolo realizzato in accordo con il D.M. 14/01/2008 p.to 4.1.2.1.3.2.

NOME: SLV TRASV		CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)							Rev. 10.1	
DATI SEZIONE				AZIONI CALCOLO			CALCESTRUZZO			
$b_w$	$d$	$\theta$	$\cotg \theta$	$N_{Ed}$	$V_{Ed}$	$M_{Ed}$	$f_{ck}$	$f_{cd}$	$\gamma_c$	
(m)	(m)	(°)		(kN)	(kN)	(kNm)	(MPa)	(MPa)		
3,00	13,41	45,00	1,00	-12815,1	4250,0	6524,5	33,20	18,81	1,50	
				$1,00 \leq \cotg \theta \leq 2,50$						
VERIFICA ARMATURE LONGITUDINALI (§4.1.2.1.3.1)										
	$f_{yd}$	$n$	$\emptyset$	$A_{sl,\emptyset}$	$A_{sl}$					
	(MPa)		(mm)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )					
Barre B450C	391,3	14	18	2,54	35,63					
VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1)										
	$A_{sl}$	$k_1$	$k$	$\rho_l$ (%)	$v_{min}$	$\sigma_{cp}$	$\alpha_c$	$V_{Rd}$	$V_{Ed}/V_{Rd}$	
	(cm <sup>2</sup> )			(%)	(MPa)	(MPa)		(kN)		
	35,63	0,15	1,12	0,01%	0,24	0,32	1,02	11566,7	36,7%	VERIFICA OK



Non si è reso necessario l'inserimento di armatura trasversale per questa sezione.

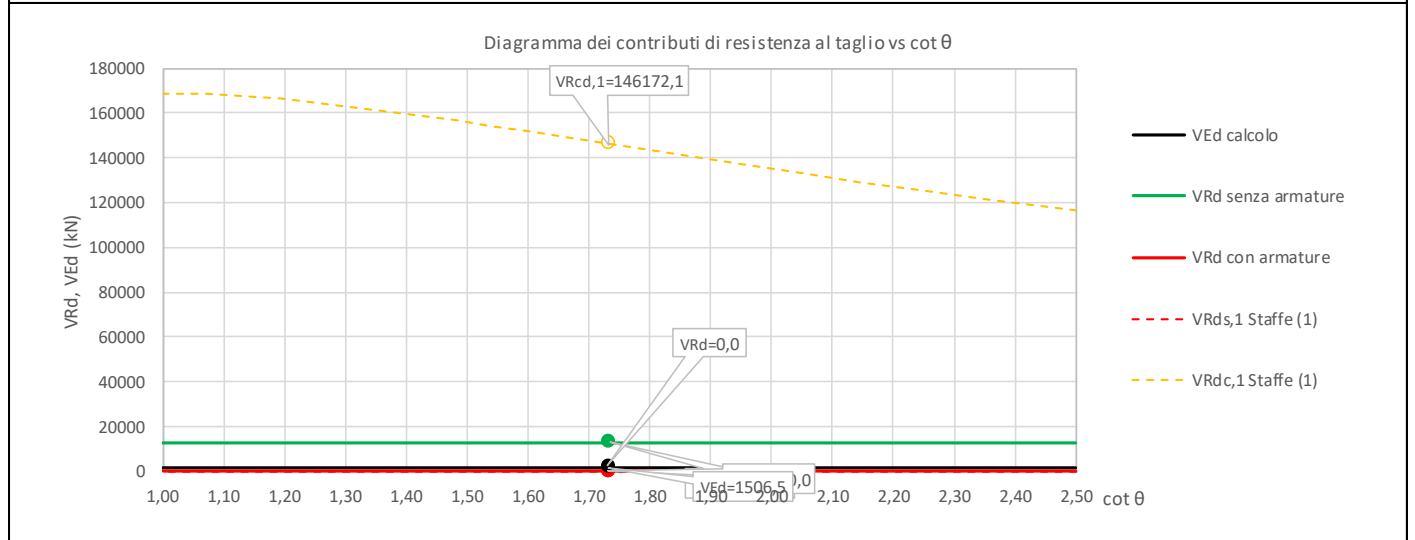
**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	138

NOME: <b>SLV LONG</b>	CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)							Rev. 10.1
DATI SEZIONE			AZIONI CALCOLO			CALCESTRUZZO		
$b_w$ (m)	$d$ (m)	$\theta$ cotg $\theta$ (°)	$N_{Ed}$ (kN)	$V_{Ed}$ (kN)	$M_{Ed}$ (kNm)	$f_{ck}$ (MPa)	$f_{cd}$ (MPa)	$\gamma_c$
13,50	2,91	30,00 1,73	-11327,6	1506,5	4521,7	33,20	18,81	1,50
$1,00 \leq \cotg \theta \leq 2,50$								
VERIFICA ARMATURE LONGITUDINALI (§4.1.2.1.3.1)								
	$f_{yd}$ (MPa)	$n$	$\varnothing$ (mm)	$A_{s1,\varnothing}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{s1}$ (cm <sup>2</sup> )			
Barre B450C	391,3	66	22	3,80	250,89			
VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1)								
	$A_{s1}$ (cm <sup>2</sup> )	$k_1$	$k$	$\rho_l$ (%) (%)	$V_{min}$ (MPa)	$\sigma_{cp}$ (MPa)	$\alpha_c$	$V_{Rd}$ (kN)
	250,89	0,15	1,26	0,06%	0,29	0,29	1,02	12929,9
								$V_{Ed}/V_{Rd}$ 11,7% <b>VERIFICA OK</b>



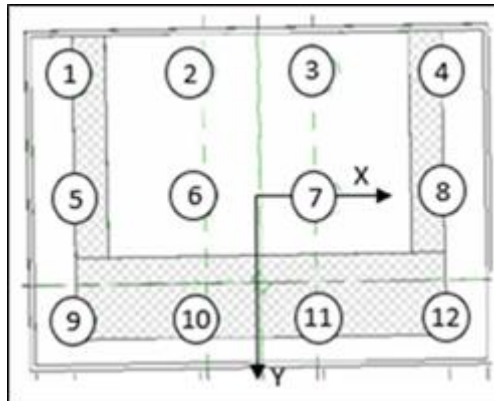
Non si è reso necessario l'inserimento di armatura trasversale per questa sezione.

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	139

### 11.6 VERIFICHE PLINTO FONDAZIONE

Nel presente paragrafo sono stati eseguite le verifiche strutturali del plinto di fondazione, considerando le reazioni in testa palo riportate nella specifica relazione di dimensionamento geotecnico delle palificate, di cui di seguito si riportano gli schemi generali e le azioni calcolate per i vari stati limite.



Azioni		Ripartizione degli sforzi normali sui pali della palificata												Hmax, singolo palo	Mmax, singolo palo
Combo		Palo n.1	Palo n.2	Palo n.3	Palo n.4	Palo n.5	Palo n.6	Palo n.7	Palo n.8	Palo n.9	Palo n.10	Palo n.11	Palo n.12	N [kN]	[kNm]
		N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	
Nvert Max	SLU6	3265	3143	3020	2897	5404	5282	5159	5036	7543	7421	7298	7175	247	742
Nvert Min	SLU24	2739	2718	2845	2971	3171	3298	3425	3552	3751	3878	4005	4132	167	500
Vtrasv Max	SLU15	2207	2341	2192	2044	4254	4106	3957	3809	6019	5870	5722	5574	231	692
Vtrasv Min	SLU16	2739	2718	2845	2971	3171	3298	3425	3552	3751	3878	4005	4132	167	500
Mtrasv Max	SLU13	2567	2557	2684	2810	3171	3298	3425	3552	3913	4039	4166	4293	207	622
Mtrasv Min	SLU4	2307	2484	2248	2013	4135	3900	3665	3430	5552	5317	5081	4846	227	682
Vlong Max	SLU11	3151	3290	3141	2993	5107	4959	4811	4662	6776	6628	6480	6331	250	751
Vlong Min	SLU20	2754	2794	2794	2794	3402	3402	3402	3402	4011	4011	4011	4011	151	453
Mlong Max	SLU14	2073	2194	2071	1948	4551	4428	4306	4183	6786	6663	6540	6418	228	683
Mlong Min	SLU19	3683	3667	3794	3920	4025	4151	4278	4405	4509	4636	4763	4889	186	557
Mtorc Max	SLU14	2567	2557	2684	2810	3171	3298	3425	3552	3913	4039	4166	4293	207	622
Mtorc Min	SLU15	2207	2341	2192	2044	4254	4106	3957	3809	6019	5870	5722	5574	231	692
Nvert Max	SLV5	2197	2441	2095	1748	4100	3754	3407	3060	5413	5066	4720	4373	393	1178
Nvert Min	SLV6	1664	1908	1561	1215	3132	2786	2439	2092	4010	3663	3317	2970	393	1178
Vtrasv Max	SLV3	2011	2659	1504	348	4975	3819	2664	1508	6135	4980	3824	2669	1004	3011
Vtrasv Min	SLV6	1664	1908	1561	1215	3132	2786	2439	2092	4010	3663	3317	2970	393	1178
Mtrasv Max	SLV1	1136	1506	1159	812	3762	3415	3068	2722	5671	5324	4977	4631	792	2375
Mtrasv Min	SLV6	1851	2499	1344	188	4684	3529	2373	1218	5714	4559	3403	2248	1004	3011
Vlong Max	SLV1	1136	1506	1159	812	3762	3415	3068	2722	5671	5324	4977	4631	792	2375
Vlong Min	SLV6	1664	1908	1561	1215	3132	2786	2439	2092	4010	3663	3317	2970	393	1178
Mlong Max	SLV1	1136	1506	1159	812	3762	3415	3068	2722	5671	5324	4977	4631	792	2375
Mlong Min	SLV4	1664	1908	1561	1215	3132	2786	2439	2092	4010	3663	3317	2970	393	1178
Mtorc Max	SLV5	2197	2441	2095	1748	4100	3754	3407	3060	5413	5066	4720	4373	393	1178
Mtorc Min	SLV4	1851	2499	1344	188	4684	3529	2373	1218	5714	4559	3403	2248	1004	3011

SLU		3667	3794		5282	5159		250
SLV		2659	2095		3819	3407		1004



**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>140</b>

Azioni		Ripartizione degli sforzi normali sui pali della palificata													
Combo		Palo n.1	Palo n.2	Palo n.3	Palo n.4	Palo n.5	Palo n.6	Palo n.7	Palo n.8	Palo n.9	Palo n.10	Palo n.11	Palo n.12	Hmax, singolo palo	Mmax, singolo palo
		N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]	N [kN]
Nvert Max	RA1	2434	2337	2240	2143	3925	3828	3731	3634	5416	5319	5222	5125	172	515
Nvert Min	RA12	2562	2646	2731	2815	3153	3238	3322	3407	3745	3829	3914	3998	120	361
Vtrasv Max	RA3	2453	2352	2251	2150	3897	3796	3695	3594	5341	5240	5139	5038	172	517
Vtrasv Min	RA12	2562	2646	2731	2815	3153	3238	3322	3407	3745	3829	3914	3998	120	361
Mtrasv Max	RA1	2562	2646	2731	2815	3153	3238	3322	3407	3745	3829	3914	3998	120	361
Mtrasv Min	RA12	2828	2668	2509	2349	3818	3659	3499	3340	4809	4649	4490	4330	113	340
Vlong Max	RA11	2453	2352	2251	2150	3897	3796	3695	3594	5341	5240	5139	5038	172	517
Vlong Min	RA8	2674	2577	2480	2383	3925	3828	3731	3634	5175	5078	4981	4884	110	331
Mlong Max	RA12	2434	2337	2240	2143	3925	3828	3731	3634	5416	5319	5222	5125	172	515
Mlong Min	RA6	2562	2646	2731	2815	3153	3238	3322	3407	3745	3829	3914	3998	120	361
Mtorc Max	RA12	2562	2646	2731	2815	3153	3238	3322	3407	3745	3829	3914	3998	120	361
Mtorc Min	RA3	2453	2352	2251	2150	3897	3796	3695	3594	5341	5240	5139	5038	172	517
Nvert Max	QP1	2322	2322	2322	2322	3096	3096	3096	3096	3870	3870	3870	3870	62	185
Nvert Min	QP12	2483	2483	2483	2483	3096	3096	3096	3096	3709	3709	3709	3709	19	57
Vtrasv Max	QP1	2322	2322	2322	2322	3096	3096	3096	3096	3870	3870	3870	3870	62	185
Vtrasv Min	QP12	2483	2483	2483	2483	3096	3096	3096	3096	3709	3709	3709	3709	19	57
Mtrasv Max	QP1	2322	2322	2322	2322	3096	3096	3096	3096	3870	3870	3870	3870	62	185
Mtrasv Min	QP12	2483	2483	2483	2483	3096	3096	3096	3096	3709	3709	3709	3709	19	57
Vlong Max	QP1	2322	2322	2322	2322	3096	3096	3096	3096	3870	3870	3870	3870	62	185
Vlong Min	QP12	2483	2483	2483	2483	3096	3096	3096	3096	3709	3709	3709	3709	19	57
Mlong Max	QP1	2322	2322	2322	2322	3096	3096	3096	3096	3870	3870	3870	3870	62	185
Mlong Min	QP12	2483	2483	2483	2483	3096	3096	3096	3096	3709	3709	3709	3709	19	57
Mtorc Max	QP1	2322	2322	2322	2322	3096	3096	3096	3096	3870	3870	3870	3870	62	185
Mtorc Min	QP12	2483	2483	2483	2483	3096	3096	3096	3096	3709	3709	3709	3709	19	57

SLE RA	2668	2731	3828	3731	172
SLE QP	2483	2483	3096	3096	62

VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	141

### 11.6.1 Verifiche a flessione (SLU, SLV, SLE)

Per valutare lo stato di sollecitazione del plinto di fondazione, si considera uno schema di trave a mensola incastrata con luce libera  $L$  che va dal filo esterno dell'elevazione spalla fino al bordo libero della fondazione, applicato alla coppia dei pali più sollecitati all'interno della fondazione, con larghezza di collaborazione  $B$  determinata dall'interasse tra i pali. La mensola è sollecitata da due azioni verticali  $N_{Ed1}$ ,  $N_{Ed2}$  e da una massima orizzontale  $H_{Ed}$  applicate ad una distanza  $x_1$ ,  $x_2$  dall'incastro, e stabilizzate dall'azione distribuita del peso proprio strutturale  $PP$  e del peso del terreno  $PT$  di rinterro del plinto (valutati a favore di sicurezza con coefficiente 1.35 e 1.50).

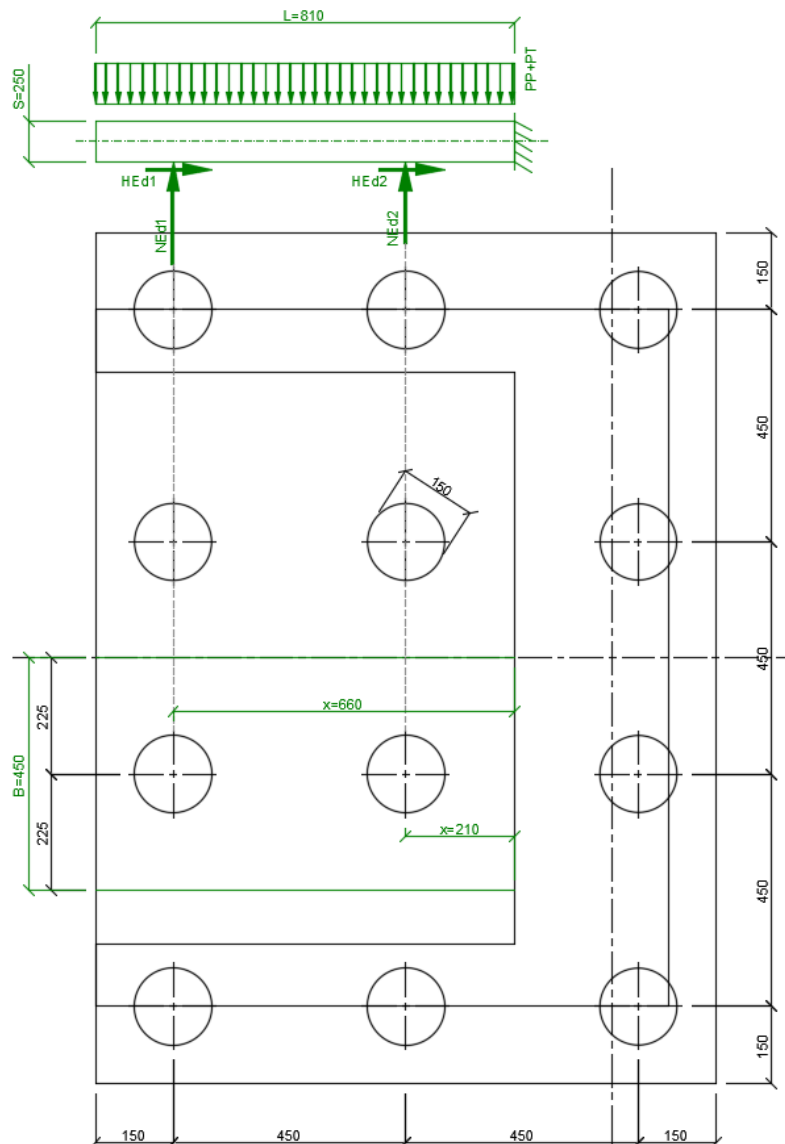
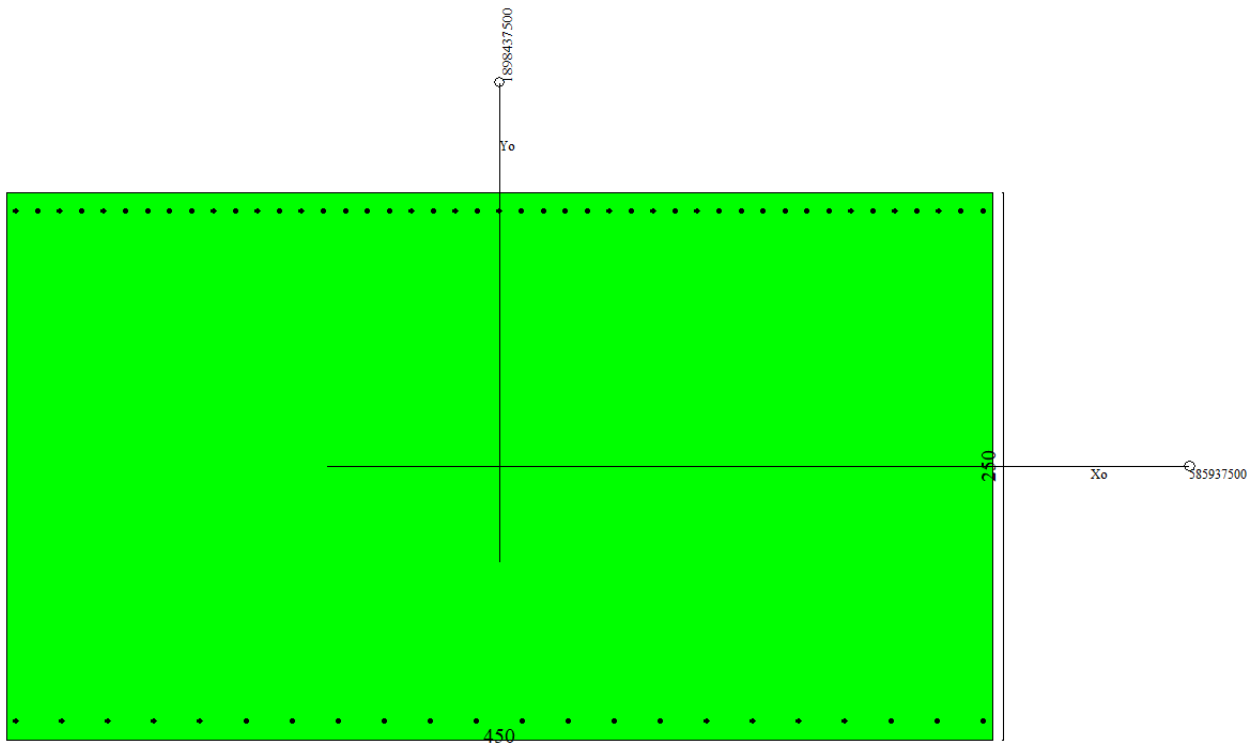


Figura 38 – Schema delle verifiche a flessione del plinto per il palo più caricato

VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	142

NOME: PALO 2-6, 3-7			CALCOLO MOMENTI PLINTO			
HT (m)	B (m)	S (m)	PP (kN/m)	PT (kN/m)	L (m)	
8,30	4,50	2,50	281,3	747,0	8,10	
	x (m)		SLU	SLV	SLE RA	SLE QP
Palo 2	6,60	N <sub>Ed1</sub> (kN)	3667	2659	2668	2483
Palo 6	2,10	N <sub>Ed2</sub> (kN)	5282	3819	3828	3096
		H <sub>Ed1</sub> =H <sub>Ed2</sub> (kN)	250	1004	172	62
		M <sub>Ed</sub> (kNm)	-13607	-6907	-7869	-10765
	x (m)		SLU	SLV	SLE RA	SLE QP
Palo 3	6,60	N <sub>Ed1</sub> (kN)	3794	2095	2731	2483
Palo 7	2,10	N <sub>Ed2</sub> (kN)	5159	3407	3731	3096
		H <sub>Ed1</sub> =H <sub>Ed2</sub> (kN)	250	1004	172	62
		M <sub>Ed</sub> (kNm)	-13027	-11495	-7657	-10765



## Dati

Nome sezione:

SPALLA S1

Tipo sezione

Rettangolare

Base

450,0 [cm]

Altezza

250,0 [cm]

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	143

### Caratteristiche geometriche

Area sezione	112500,00 [cmq]	
Inerzia in direzione X	1898437500,0	[cm^4]
Inerzia in direzione Y	585937500,0	[cm^4]
Inerzia in direzione XY	0,0	[cm^4]
Ascissa baricentro sezione	X <sub>G</sub> = 225,00	[cm]
Ordinata baricentro sezione	Y <sub>G</sub> = 125,00	[cm]

### Elenco ferri

#### Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

N°	numero d'ordine
X	Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
Y	Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
d	Diametro ferro espresso in [mm]
ω	Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	ω
1	4,30	8,60	26	5,31
2	25,32	8,60	26	5,31
3	46,34	8,60	26	5,31
4	67,36	8,60	26	5,31
5	88,38	8,60	26	5,31
6	109,40	8,60	26	5,31
7	130,41	8,60	26	5,31
8	151,43	8,60	26	5,31
9	172,45	8,60	26	5,31
10	193,47	8,60	26	5,31
11	214,49	8,60	26	5,31
12	235,51	8,60	26	5,31
13	256,53	8,60	26	5,31
14	277,55	8,60	26	5,31
15	298,57	8,60	26	5,31
16	319,59	8,60	26	5,31
17	340,60	8,60	26	5,31
18	361,62	8,60	26	5,31
19	382,64	8,60	26	5,31
20	403,66	8,60	26	5,31
21	424,68	8,60	26	5,31
22	445,70	8,60	26	5,31
23	445,70	241,40	26	5,31
24	435,67	241,40	26	5,31
25	425,64	241,40	26	5,31
26	415,60	241,40	26	5,31
27	405,57	241,40	26	5,31
28	395,54	241,40	26	5,31
29	385,51	241,40	26	5,31
30	375,48	241,40	26	5,31
31	365,45	241,40	26	5,31
32	355,41	241,40	26	5,31
33	345,38	241,40	26	5,31
34	335,35	241,40	26	5,31
35	325,32	241,40	26	5,31
36	315,29	241,40	26	5,31
37	305,25	241,40	26	5,31
38	295,22	241,40	26	5,31
39	285,19	241,40	26	5,31
40	275,16	241,40	26	5,31

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>144</b>

41	265,13	241,40	26	5,31
42	255,10	241,40	26	5,31
43	245,06	241,40	26	5,31
44	235,03	241,40	26	5,31
45	225,00	241,40	26	5,31
46	214,97	241,40	26	5,31
47	204,94	241,40	26	5,31
48	194,90	241,40	26	5,31
49	184,87	241,40	26	5,31
50	174,84	241,40	26	5,31
51	164,81	241,40	26	5,31
52	154,78	241,40	26	5,31
53	144,75	241,40	26	5,31
54	134,71	241,40	26	5,31
55	124,68	241,40	26	5,31
56	114,65	241,40	26	5,31
57	104,62	241,40	26	5,31
58	94,59	241,40	26	5,31
59	84,55	241,40	26	5,31
60	74,52	241,40	26	5,31
61	64,49	241,40	26	5,31
62	54,46	241,40	26	5,31
63	44,43	241,40	26	5,31
64	34,40	241,40	26	5,31
65	24,36	241,40	26	5,31
66	14,33	241,40	26	5,31
67	4,30	241,40	26	5,31

**Materiale impiegato** : Calcestruzzo armato

**Caratteristiche calcestruzzo**

Resistenza caratteristica calcestruzzo	30,000	[MPa]
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15,00	
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso	1,00	
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO		

**Caratteristiche acciaio per calcestruzzo**

Tensione ammissibile acciaio	450,000	[MPa]
Tensione snervamento acciaio	450,000	[MPa]
Modulo elastico E	210000,000	[MPa]
Fattore di incrudimento acciaio	1,00	

**Combinazioni**

*Simbologia adottata*

N°	numero d'ordine della combinazione
N	sforzo normale espresso in [kN]
M <sub>y</sub>	momento lungo Y espresso in [kNm]
M <sub>x</sub>	momento lungo X espresso in [kNm]
M <sub>t</sub>	momento torcente espresso in [kNm]
T <sub>y</sub>	taglio lungo Y espresso in [kN]
T <sub>x</sub>	taglio lungo X espresso in [kN]
VD	verifica di dominio
VT	verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLER - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>t</sub>	T <sub>y</sub>	T <sub>x</sub>	VD	VT
1	0,0000	-13606,7500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
2	0,0000	-13026,8500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
3	0,0000	-6907,4400	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
4	0,0000	-11495,0400	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
5	0,0000	-7869,1400	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	145

6	0,0000	-7657,0400	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
7	0,0000	-10764,8400	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
8	0,0000	-10764,8400	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP

## Risultati analisi

### Caratteristiche asse neutro

#### Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
Xc	posizione asse neutro espresso in [cm]
$\alpha$	inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]
(xi; yi) - (xf; yf)	Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	Xc	$\alpha$	(xi; yi)	(xf; yf)
5	51,80	0,00	(450,00; 51,80)	(0,00; 51,80)
6	51,80	0,00	(450,00; 51,80)	(0,00; 51,80)
7	51,80	0,00	(450,00; 51,80)	(0,00; 51,80)
8	51,80	0,00	(450,00; 51,80)	(0,00; 51,80)

### Risultati tensionali

#### Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
$\sigma_{c-max}$	Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
$\sigma_{c-min}$	Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
$\sigma_{f-max}$	Tensione massima nel ferro espresso in [MPa]
$\sigma_{f-min}$	Tensione minima nel ferro espresso in [MPa]
$\tau_c$	Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [MPa]

N°	$\sigma_{c-max}$	$\sigma_{c-min}$	$\tau_c$	$\sigma_{f-max}$	$\sigma_{f-min}$
5	2,665	0,000	0,000	33,341	-146,321
6	2,593	0,000	0,000	32,442	-142,377
7	3,646	0,000	0,000	45,610	-200,164
8	3,646	0,000	0,000	45,610	-200,164

### Sollecitazioni ultime

#### Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N <sub>u</sub>	Storzo normale ultimo, espresso in [kN]
M <sub>Xu</sub>	Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]
M <sub>Yu</sub>	Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]
FS	Fattore di sicurezza

#### Combinazione n° 1

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
0,0000	0,0000	<u>-21741,9102</u>	1,60

#### Combinazione n° 2

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
0,0000	0,0000	<u>-21741,9102</u>	1,67

#### Combinazione n° 3

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
0,0000	0,0000	<u>-21741,9102</u>	3,15

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	146

Combinazione n° 4

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	<b>FS</b>
0,0000	0,0000	<u>-21741,9102</u>	1,89

**Risultati fessurazione**

**Simbologia adottata**

N°	numero d'ordine della combinazione
$M_x$	Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]
$M_y$	Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]
$\sigma_f$	Tensione nell'acciaio, espressa in [MPa]
$\sigma_c$	Tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]
$A_{eff}$	Area efficace a trazione, espressa in [cmq]
$\epsilon$	Deformazione media acciaio teso, espressa in [‰]
$S_{fm}$	Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]
w	Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

N°	$M_x$	$M_y$	$\sigma_f$	$\sigma_c$	$A_{eff}$	$\epsilon$	$S_{fm}$	w
5	0,0000	-9653,0198	-179,491	-12,509	12645,00	0,0000	0	0,0000
6	0,0000	-9653,0198	-179,491	-12,509	12645,00	0,0000	0	0,0000
7	0,0000	-9653,0198	-179,491	-12,509	12645,00	0,0581	226	0,2231
8	0,0000	-9653,0198	-179,491	-12,509	12645,00	0,0581	226	0,2231

**Inviluppo verifiche tensionali**

**Simbologia adottata**

TC	Tipo combinazione
scc	tensione di compressione nel cls espresso in [MPa]
scl	tensione di compressione limite nel cls espresso in [MPa]
sct	tensione di trazione nel cls espresso in [MPa]
sctl	tensione di trazione limite nel cls espresso in [MPa]
sfc, sft	tensione minima e massima nell'armatura espressa in [MPa]
sf	tensione limite nell'armatura espressa in [MPa]
Comb.	Combinazione critica

**Sezione n° 2 - SPALLA S1**

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLEQP	3,646	9,960	-13,950	2,558	-200,164	45,610	450,000	7
SLER	2,665	13,695	-10,197	2,558	-146,321	33,341	337,500	5

**Inviluppo verifiche fessurazione**

**Simbologia adottata**

TC	Tipo combinazione
sf	tensione nell'acciaio espresso in [MPa]
sc	tensione nel cls espresso in [MPa]
$A_{eff}$	Area efficace a trazione espresso in [cmq]
Eps	Deformazione espressa in [‰]
sr	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w, wl	ampiezza fessure e fessura limite espresse in [mm]
Comb.	Combinazione critica

**Sezione n° 2 - SPALLA S1**

TC	sf	sc	$A_{eff}$	Esp	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-179,491	-12,509	1240,071	0,0581	225,845	0,223	0,300	7
SLER	-179,491	-12,509	1240,071	0,0000	0,000	0,000	0,300	5

VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	147

### 11.6.2 Verifiche a taglio-punzonamento (SLU, SLV)

La verifica a taglio-punzonamento viene condotta, in accordo con i paragrafi descrittivi iniziali, rispetto al palo di bordo più caricato (quello interno è più carico ma il cono di rottura è più grande) con la massima reazione verticale di  $V_{Ed} = 5282$  kN, vedi schemi di calcolo seguenti.

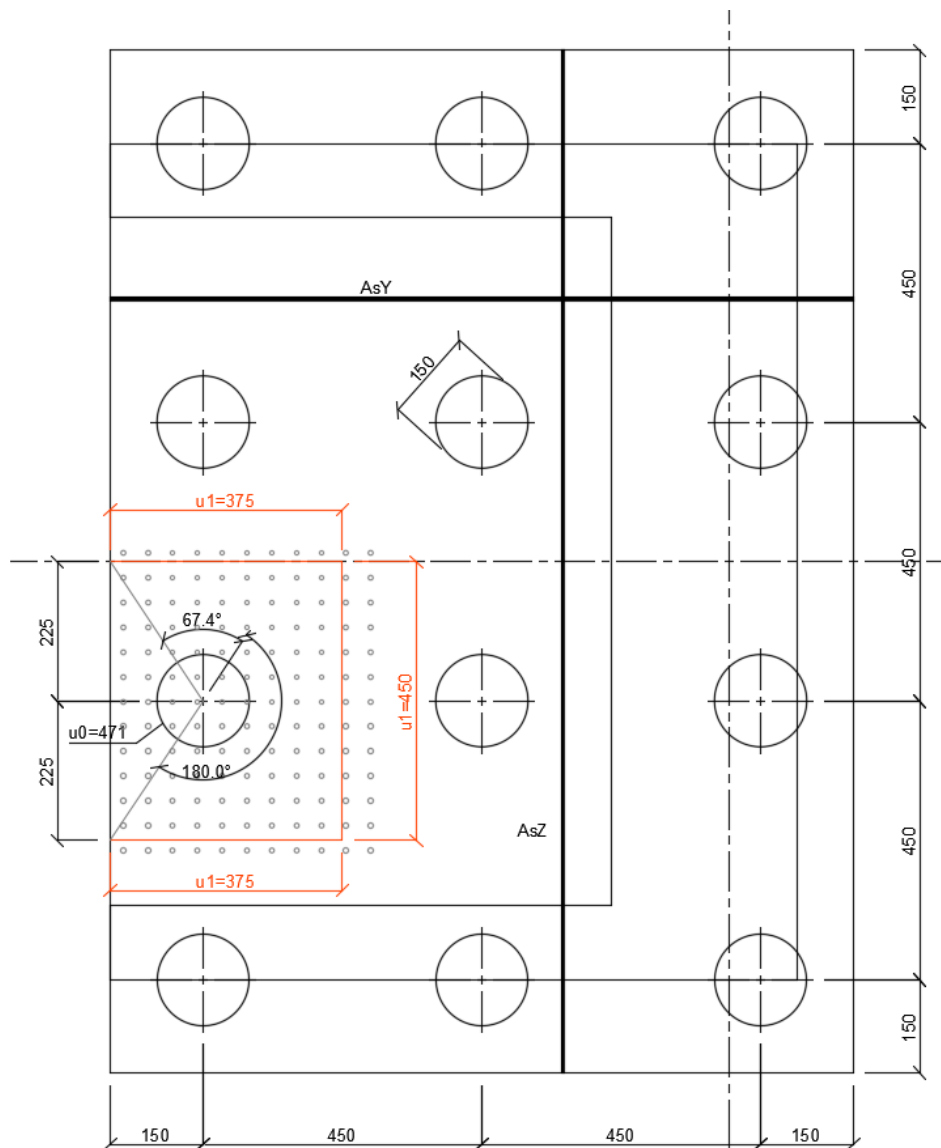
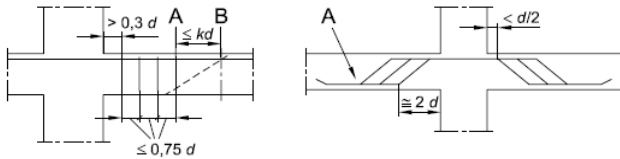


Figura 39 – Schema delle verifiche a taglio-punzonamento per il palo più caricato



**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	148

NOME: SPALLA S1		CALCOLO TAGLIO-PUNZONAMENTO - UNI ENV 1992-1-1: 2005							Rev. 10		
DATI SEZIONE E ARMATURE						AZIONE CALCOLO			CALCESTRUZZO		
	d	A <sub>c</sub>	A <sub>s</sub>	ρ <sub>l</sub>	N <sub>Ed</sub>	σ <sub>cp</sub>	V <sub>Ed</sub>	β	f <sub>ck</sub>	f <sub>cd</sub>	γ <sub>c</sub>
	(m)	(m <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(%)	(kN)	(MPa)	(kN)		(MPa)	(MPa)	
direzione Y	2,41	2,41	53,07	0,22%	0,0	0,00	5282,0	1,40	24,90	14,11	1,50
direzione Z	2,39	2,39	53,07	0,22%	0,0	0,00					
VERIFICA AREA CARICATA (§6.4.5)											
Verifiche a taglio-punzonamento eseguite sul perimetro u <sub>1</sub> posto a 0,85d < 2d da bordo pilastro						c	u <sub>0</sub>	v	V <sub>Ed</sub>	V <sub>Rd,max</sub>	V <sub>Ed</sub> /V <sub>Rd,max</sub>
						(m)	(m)		(MPa)	(MPa)	
						1,50	4,71	0,54	0,65	3,81	17,2% VERIFICA OK
VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§6.4.4)											
Angolo settore di verifica (°)	a	k <sub>1</sub>	k	d	ρ <sub>l</sub>	V <sub>min</sub>	σ <sub>cp</sub>	V <sub>Ed</sub>	V <sub>Rd,c</sub>	V <sub>Ed</sub> /V <sub>Rd,c</sub>	
	(m)			(m)	(%)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)		
247	2,03	0,10	1,29	2,40	0,22%	0,26	0,00	0,26	0,65	39,8% VERIFICA OK	
A	Perimetro di verifica più esterno che richiede armatura a taglio						Perimetro A (u <sub>1</sub> con V <sub>Ed</sub> < V <sub>Rd,cs</sub> )			u <sub>1</sub> (m)	r <sub>u1</sub> (m)
B	Primo perimetro di verifica entro il quale non è richiesta armatura a taglio						da bordo pilastro a 0,85d			12,00	2,78
							Perimetro B (u <sub>out</sub> con V <sub>Ed</sub> < V <sub>Rd,c</sub> )			u <sub>out,ef</sub> (m)	r <sub>min</sub> (m)
							oltre 0,15d da bordo pilastro			4,77	1,11
											
(*) Staffe / Plioli: n° totale barre su una fila di passo radiale s <sub>r</sub> , estesa a u <sub>1</sub> Ferri piegati: n° totale barre all'interno del campo radiale s <sub>r</sub> =1,5d esteso a u <sub>1</sub>											

Non si è reso necessario l'inserimento di armatura trasversale per questa sezione.

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	149

## 11.7 VERIFICHE MURO PARAGHIAIA

Nel seguente paragrafo vengono riportate le sollecitazioni a quota estradosso elevazione per le combinazioni di carico allo SLU e le relative verifiche di resistenza a pressoflessione e taglio.

### 11.7.1 Verifica a pressoflessione SLU, SLV, SLE

La sezione è armata con un quantitativo di armatura longitudinale nel lato teso di  $\Phi 16/10$  e nel lato compresso di  $\Phi 14/20$  come rappresentato nella figura seguente per un totale di 15 ferri. I domini di resistenza M-N e i coefficienti di sicurezza a pressoflessione sono ottenuti attraverso il software SAX 10.0 distribuito da Aztec.

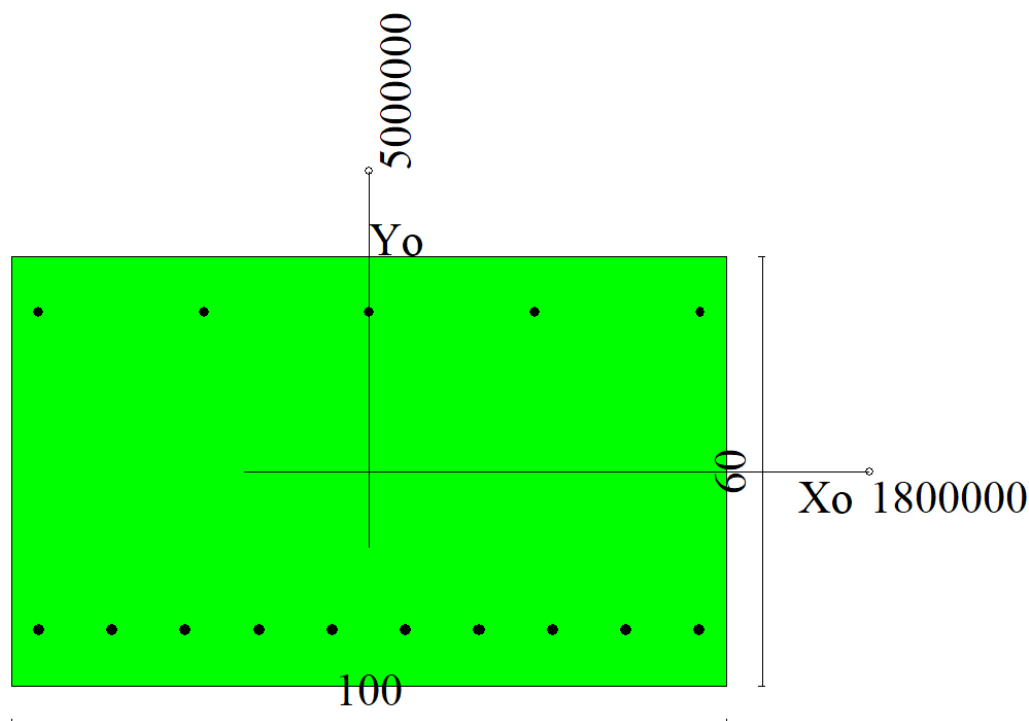


Figura 40 – Sezione trasversale muro paraghiaia e relativa armatura

## Dati

**Nome sezione:** SEZIONE MURO PARAGHIAIA SP1

Tipo sezione: Rettangolare  
 Base: 100,0 [cm]  
 Altezza: 60,0 [cm]

### Caratteristiche geometriche

Area sezione: 6000,00 [cmq]  
 Inerzia in direzione X: 5000000,0 [cm<sup>4</sup>]  
 Inerzia in direzione Y: 1800000,0 [cm<sup>4</sup>]  
 Inerzia in direzione XY: 0,0 [cm<sup>4</sup>]  
 Ascissa baricentro sezione:  $X_G = 50,00$  [cm]  
 Ordinata baricentro sezione:  $Y_G = 30,00$  [cm]

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>150</b>

## Elenco ferri

### Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

N°	numero d'ordine
X	Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
Y	Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
d	Diametro ferro espresso in [mm]
ω	Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	ω
1	3,80	7,40	16	2,01
2	14,07	7,40	16	2,01
3	24,33	7,40	16	2,01
4	34,60	7,40	16	2,01
5	44,87	7,40	16	2,01
6	55,13	7,40	16	2,01
7	65,40	7,40	16	2,01
8	75,67	7,40	16	2,01
9	85,93	7,40	16	2,01
10	96,20	7,40	16	2,01
11	96,30	52,90	14	1,54
12	73,15	52,90	14	1,54
13	50,00	52,90	14	1,54
14	26,85	52,90	14	1,54
15	3,70	52,90	14	1,54

**Materiale impiegato** : Calcestruzzo armato

### Caratteristiche calcestruzzo

Resistenza caratteristica calcestruzzo	40,000	[MPa]
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15,00	
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso	1,00	
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO		

### Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

Tensione ammissibile acciaio	450,000	[MPa]
Tensione snervamento acciaio	450,000	[MPa]
Modulo elastico E	210000,000	[MPa]
Fattore di incrudimento acciaio	1,00	

## Combinazioni

### Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N	sforzio normale espresso in [kN]
M <sub>Y</sub>	momento lungo Y espresso in [kNm]
M <sub>X</sub>	momento lungo X espresso in [kNm]
M <sub>t</sub>	momento torcente espresso in [kNm]
T <sub>Y</sub>	taglio lungo Y espresso in [kN]
T <sub>X</sub>	taglio lungo X espresso in [kN]
VD	verifica di dominio
VT	verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLER - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M <sub>Y</sub>	M <sub>X</sub>	M <sub>t</sub>	T <sub>Y</sub>	T <sub>X</sub>	VD	VT
1	72,9000	239,1900	0,0000	0,0000	0,0000	132,8800	SI	NO
2	54,0000	202,8800	0,0000	0,0000	0,0000	112,7100	SI	NO
3	72,9000	239,1900	0,0000	0,0000	0,0000	132,8800	SI	NO
4	54,0000	36,3100	0,0000	0,0000	0,0000	20,1700	SI	NO
5	61,3900	35,9300	0,0000	0,0000	0,0000	19,9600	SI	NO

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	151

6	46,6100	35,9300	0,0000	0,0000	0,0000	19,9600	SI	NO
7	56,2200	63,2800	0,0000	0,0000	0,0000	35,1600	SI	NO
8	46,6100	35,9300	0,0000	0,0000	0,0000	19,9600	SI	NO
9	54,0000	164,1200	0,0000	0,0000	0,0000	91,1800	NO	SLER
10	54,0000	24,2000	0,0000	0,0000	0,0000	13,4500	NO	SLER
11	54,0000	164,1200	0,0000	0,0000	0,0000	91,1800	NO	SLER
12	54,0000	24,2000	0,0000	0,0000	0,0000	13,4500	NO	SLER
13	54,0000	24,2000	0,0000	0,0000	0,0000	13,4500	NO	SLEQP
14	54,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
15	54,0000	24,2000	0,0000	0,0000	0,0000	13,4500	NO	SLEQP
16	54,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP

## Risultati analisi

### Caratteristiche asse neutro

#### Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
Xc	posizione asse neutro espresso in [cm]
$\alpha$	inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]
(xi; yi) - (xf; yf)	Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	Xc	$\alpha$	(xi; yi)	(xf; yf)
9	15,55	0,00	(0,00; 44,45)	(100,00; 44,45)
10	22,60	0,00	(0,00; 37,40)	(100,00; 37,40)
11	15,55	0,00	(0,00; 44,45)	(100,00; 44,45)
12	22,60	0,00	(0,00; 37,40)	(100,00; 37,40)
13	22,60	0,00	(0,00; 37,40)	(100,00; 37,40)
14	512,87	0,00	(0,00; -452,87)	(100,00; -452,87)
15	22,60	0,00	(0,00; 37,40)	(100,00; 37,40)
16	512,87	0,00	(0,00; -452,87)	(100,00; -452,87)

### Risultati tensionali

#### Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
$\sigma_{c-max}$	Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
$\sigma_{c-min}$	Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
$\sigma_{f-max}$	Tensione massima nel ferro espresso in [MPa]
$\sigma_{f-min}$	Tensione minima nel ferro espresso in [MPa]
$\tau_c$	Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [MPa]

N°	$\sigma_{c-max}$	$\sigma_{c-min}$	$\tau_c$	$\sigma_{f-max}$	$\sigma_{f-min}$
9	4,439	0,000	0,000	36,183	-158,651
10	0,668	0,000	0,000	6,868	-13,293
11	4,439	0,000	0,000	36,183	-158,651
12	0,668	0,000	0,000	6,868	-13,293
13	0,668	0,000	0,000	6,868	-13,293
14	0,089	0,000	0,000	1,324	1,205
15	0,668	0,000	0,000	6,868	-13,293
16	0,089	0,000	0,000	1,324	1,205

### Sollecitazioni ultime

#### Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N <sub>u</sub>	Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]
M <sub>Xu</sub>	Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]
M <sub>Yu</sub>	Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]
FS	Fattore di sicurezza

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	152

Combinazione n° 1

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>129,7712</u>	0,0000	<u>425,7882</u>	1,78
<u>10827,0264</u>	0,0000	239,1900	148,52
72,9000	0,0000	<u>411,5913</u>	1,72

Combinazione n° 2

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>112,1638</u>	0,0000	<u>421,4037</u>	2,08
<u>10997,5415</u>	0,0000	202,8800	203,66
54,0000	0,0000	<u>406,8511</u>	2,01

Combinazione n° 3

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>129,7712</u>	0,0000	<u>425,7882</u>	1,78
<u>10827,0264</u>	0,0000	239,1900	148,52
72,9000	0,0000	<u>411,5913</u>	1,72

Combinazione n° 4

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>903,5932</u>	0,0000	<u>607,5827</u>	16,73
<u>11757,0089</u>	0,0000	36,3100	217,72
54,0000	0,0000	<u>406,8511</u>	11,20

Combinazione n° 5

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>1117,3341</u>	0,0000	<u>653,9471</u>	18,20
<u>11758,6873</u>	0,0000	35,9300	191,54
61,3900	0,0000	<u>408,7059</u>	11,38

Combinazione n° 6

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>741,0055</u>	0,0000	<u>571,2150</u>	15,90
<u>11758,6890</u>	0,0000	35,9300	252,28
46,6100	0,0000	<u>404,9947</u>	11,27

Combinazione n° 7

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>446,8311</u>	0,0000	<u>502,9433</u>	7,95
<u>11636,9803</u>	0,0000	63,2800	206,99
56,2200	0,0000	<u>407,4085</u>	6,44

Combinazione n° 8

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
<u>741,0055</u>	0,0000	<u>571,2150</u>	15,90
<u>11758,6890</u>	0,0000	35,9300	252,28
46,6100	0,0000	<u>404,9947</u>	11,27

**Risultati fessurazione**

**Simbologia adottata**

N° numero d'ordine della combinazione

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>153</b>

M<sub>x</sub> Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]  
M<sub>y</sub> Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]  
σ<sub>f</sub> Tensione nell'acciaio, espressa in [MPa]  
σ<sub>c</sub> Tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]  
A<sub>eff</sub> Area efficace a trazione, espressa in [cm<sup>2</sup>]  
ε Deformazione media acciaio teso, espressa in [‰]  
S<sub>rm</sub> Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]  
w Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

N°	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	σ <sub>f</sub>	σ <sub>c</sub>	A <sub>eff</sub>	ε	S <sub>rm</sub>	w
9	0,0000	155,5293	-149,677	-11,974	1940,00	0,0419	212	0,1512
10	0,0000	155,5228	-149,670	-11,974	1940,00	0,0000	0	0,0000
11	0,0000	155,5293	-149,677	-11,974	1940,00	0,0419	212	0,1512
12	0,0000	155,5228	-149,670	-11,974	1940,00	0,0000	0	0,0000
13	0,0000	155,5228	-149,670	-11,974	1940,00	0,0000	0	0,0000
14	0,0000	0,0000	1,205	0,079	0,00	0,0000	0	0,0000
15	0,0000	155,5228	-149,670	-11,974	1940,00	0,0000	0	0,0000
16	0,0000	0,0000	1,205	0,079	0,00	0,0000	0	0,0000

Inviluppo verifiche tensionali

*Simbologia adottata*

TC Tipo combinazione  
scc tensione di compressione nel cls espresso in [MPa]  
scl tensione di compressione limite nel cls espresso in [MPa]  
sct tensione di trazione nel cls espresso in [MPa]  
sctl tensione di trazione limite nel cls espresso in [MPa]  
sfc, sft tensione minima e massima nell'armatura espressa in [MPa]  
sfl tensione limite nell'armatura espressa in [MPa]  
Comb. Combinazione critica

**Sezione n° 1 - SEZIONE MURO PARAGHIAIA SP1**

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLEQP	0,668	14,940	-1,105	3,099	-13,293	6,868	450,000	13
SLER	4,439	18,260	-12,689	3,099	-158,651	36,183	337,500	9

Inviluppo verifiche fessurazione

*Simbologia adottata*

TC Tipo combinazione  
sf tensione nell'acciaio espresso in [MPa]  
sc tensione nel cls espresso in [MPa]  
Aeff Area efficace a trazione espresso in [cm<sup>2</sup>]  
Esp Deformazione espressa in [‰]  
sr spaziatura tra le fessure espressa in [mm]  
w, wl ampiezza fessure e fessura limite espresse in [mm]  
Comb. Combinazione critica

**Sezione n° 1 - SEZIONE MURO PARAGHIAIA SP1**

TC	sf	sc	Aeff	Exp	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-149,670	-11,974	190,252	0,0000	0,000	0,000	0,200	13
SLER	-149,677	-11,974	190,252	0,0419	212,123	0,151	0,200	9

VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1

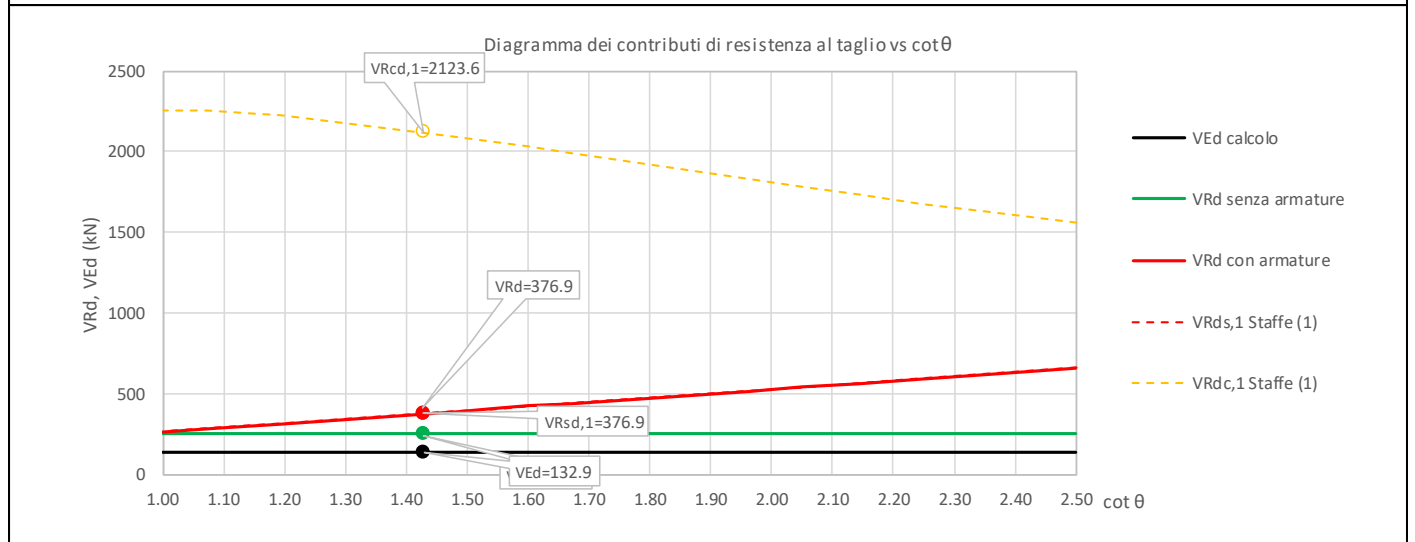
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	154

### 11.7.2 Verifica a taglio SLU, SLV

Secondo le sollecitazioni a quota spiccato muro paraghiaia (estradosso elevazione) per le combinazioni di carico allo SLU riportate nel capitolo precedente, si riporta la relativa verifica di resistenza a taglio.

Il valore dei tagli resistenti è stato, invece, ricavato attraverso un apposito foglio di calcolo realizzato in accordo con il D.M. 14/01/2008 p.to 4.1.2.1.3.2.

NOME: MURO PARAGHIAIA				CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)							Rev. 10.1
DATI SEZIONE				AZIONI CALCOLO			CALCESTRUZZO				
$b_w$	$d$	$\theta$	$\cotg \theta$	$N_{Ed}$	$V_{Ed}$	$M_{Ed}$	$f_{ck}$	$f_{cd}$	$\gamma_c$		
(m)	(m)	(°)		(kN)	(kN)	(kNm)	(MPa)	(MPa)			
1.00	0.53	35.00	1.43	-72.9	132.9	239.2	33.20	18.81	1.50		
				$1,00 \leq \cotg \theta \leq 2,50$							
VERIFICA ARMATURE LONGITUDINALI (§4.1.2.1.3.1)											
	$f_{yd}$	$n$	$\emptyset$	$A_{sl,\emptyset}$	$A_{sl}$						
	(MPa)		(mm)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )						
Barre B450C	391.3	10	16	2.01	20.11						
VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1)											
	$A_{sl}$	$k_1$	$k$	$\rho_l$ (%)	$v_{min}$	$\sigma_{cp}$	$\alpha_c$	$V_{Rd}$	$V_{Ed}/V_{Rd}$		
	(cm <sup>2</sup> )			(%)	(MPa)	(MPa)		(kN)			
	20.11	0.15	1.61	0.38%	0.41	0.14	1.01	249.8	53.2%	VERIFICA OK	



Non si è reso necessario l'inserimento di armatura trasversale per questa sezione.

VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	155

## 12. ANALISI CARICHI MODELLO TRASVERSALE SPALLA

### 12.1 AZIONI PERMANENTI STRUTTURALI ( $G_1$ ) E NON STRUTTURALI ( $G_2$ )

Si riporta a seguire l'analisi dei carichi agenti sul solettone superiore in termini di pesi propri strutturali e non strutturali e carichi accidentali.

Si considera uno spessore costante sia per il solettone che per i muri laterali pari a 1.20m

$g_{1,s} = (1,20 \text{ m} * 1,00 \text{ m}) * 25 \text{ kN/m}^3 = 30,00 \text{ kN/m}$	Peso solettone
$g_{1,ml} = (1,20 \text{ m} * 1,00 \text{ m}) * 25 \text{ kN/m}^3 = 30,00 \text{ kN/m}$	Peso muro laterale
$g_{2,c} = (0,21 \text{ m} * 1,00 \text{ m}) * 25 \text{ kN/m}^3 = 5,25 \text{ kN/m}$	Cordolo
$g_{2,m} = (0,05 \text{ m} * 1,00 \text{ m}) * 25 \text{ kN/m}^3 = 1,25 \text{ kN/m}$	Massetto
$g_{2,b} = (0,80 \text{ m} * 1,00 \text{ m}) * 20 \text{ kN/m}^3 = 16,00 \text{ kN/m}$	Ballast
$g_{2,v} = (0,26 \text{ m} * 1,00 \text{ m}) * 25 \text{ kN/m}^3 = 6,50 \text{ kN/m}$	Velette
$g_{2,pb+ffpp} = (0,50 \text{ m} * 1,00 \text{ m}) * 25 \text{ kN/m}^3 = 12,50 \text{ kN/m}$	Muretti paraballast + FFPP
$g_{2,par} = 1,50 \text{ kN/m}$	Parapetto
$g_{2,barr} = (5,00 \text{ m} * 1,00 \text{ m}) * 4 \text{ kN/m}^2 = 20,00 \text{ kN/m}$	Barriera antirumore

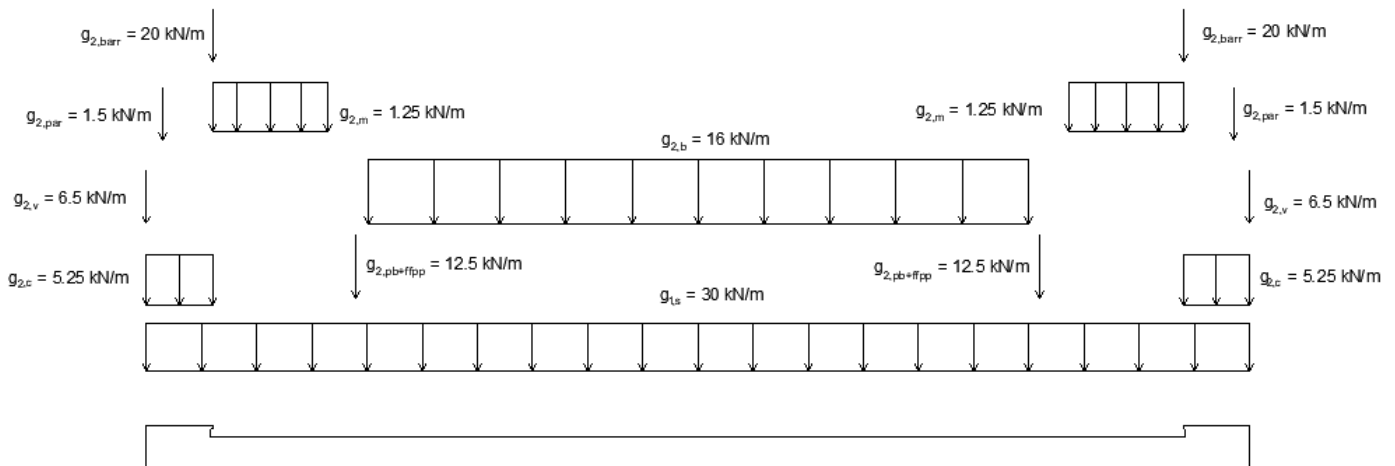


Figura 41 – Schema carichi permanenti.



MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	156

## 12.2 AZIONI VARIABILI VERTICALI DA TRAFFICO FERROVIARIO

Le azioni verticali dovute al passaggio dei convogli sull'impalcato sono da definirsi secondo quanto riportato al par §7.5.1 della presente relazione. Tuttavia, nell'ambito dell'analisi trasversale dei carichi, il valore del coefficiente dinamico  $\phi_3$  da adottarsi nell'amplificazione dei carichi da treno differirà da quello precedentemente calcolato, dovendo in questo caso considerarsi una lunghezza  $L_\phi$  definita in Tab. 2.5.1.4.2.5.3-1 per il caso 4.1 (solette superiori di impalcato a sezione scatolare nella direzione trasversale alle travi principali), i.e. 3 volte la luce. Si noti che, per questo caso, si assume che la luce del solettone sia pari alla distanza tra i muri laterali, pari cioè a  $L = 12.3$  m. Fermo restando queste considerazioni, si ottiene:

$$L_\phi = 36.9 \text{ m}$$

$$\phi_3 = 1.10 (\leq 2.00)$$

$$\phi_3 = \frac{2.16}{\sqrt{L_\phi} - 0.2} + 0.73 = 1.10$$

### 12.2.1 Ripartizione trasversale dei carichi

Al fine della valutazione degli effetti locali dei carichi verticali ferroviari sul solettone è necessario operare una distribuzione degli stessi in direzione trasversale, eseguendo una diffusione del carico, a partire dalla larghezza della traversina,  $\frac{1}{4}$  attraverso la massicciata ed  $\frac{1}{1}$  fino al piano medio di soletta, per una lunghezza pari a:

$$b = (0.80 - 0.26)/4 * 2 + (1.20/2) * 2 + 2.40 = 3.87 \text{ m}$$

laddove si sono considerate le seguenti caratteristiche geometriche:

	[m]
Altezza ballast	0.80
Altezza traversina	0.26
Larghezza traversina	2.40
Altezza soletta	1.20

I carichi relativi al modello LM71 vengono distribuiti secondo lo schema di Fig. 5.2.5 al §5.2.2.3.1.4 delle NTC2008, dal momento che è stata considerata per essi una eccentricità rispetto all'asse del binario pari ad  $e = s/18 = 0.08$  m.

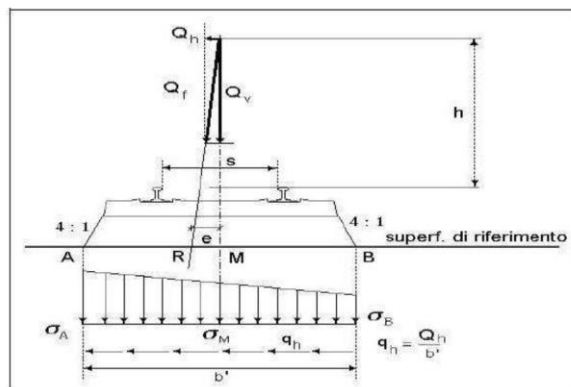


Fig. 5.2.5 Distribuzione trasversale in rettangolo delle azioni per mezzo delle traverse e del ballast. In figura,  $Q_h$  rappresenta la forza centrifuga definita al successivo §5.2.2.3.1

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 03 04</b>			PROGR <b>001</b>	REV <b>B</b>	FOGLIO <b>157</b>

Prima di procedere alla ripartizione trasversale dei carichi ferroviari verticali, si è proceduto ad una distribuzione del carico assiale  $Q_{vk}$  in direzione longitudinale, suddividendo tale valore per una lunghezza di influenza assunta pari ad 1.6 m, risultando pertanto in un carico uniformemente distribuito in direzione longitudinale pari a 156.25 kN/m per il treno di carico LM71.

In accordo con quanto riportato al par. §7.5.1 della presente relazione, si moltiplicano i valori dei carichi per il coefficiente di adattamento e per quello di incremento dinamico, ottenendo quindi:

#### TRENO LM71

$$q_1 = 156.25 \text{ kN/m} * 1.10 * 1.1 = 188.67 \text{ kN/m}$$

Valore amplificato della ripartizione longitudinale del carico  $Q_{vk}$

$$q_2 = 80 \text{ kN/m} * 1.10 * 1.1 = 96.60 \text{ kN/m}$$

Valore amplificato del carico longitudinale  $q_{vk}$

#### TRENO SW/2

$$q_3 = 150 \text{ kN/m} * 1.10 * 1.0 = 164.65 \text{ kN/m}$$

Valore amplificato del carico longitudinale  $q_{vk}$

Ripartendo in direzione trasversale i carichi così ottenuti si ottengono per il treno di carico LM71, fermo restando il dover considerare l'eccentricità  $e = 0.08$  m rispetto all'asse del binario e la distribuzione trapezoidale delle tensioni indicati nella Fig. 5.2.5 della NTC08, i seguenti valori:

#### CARICO $q_1$

$$\sigma_A = 54.78 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_B = 42.73 \text{ kN/m}^2$$

#### CARICO $q_2$

$$\sigma_A = 28.05 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_B = 21.88 \text{ kN/m}^2$$

L'eccentricità non è da considerarsi, invece, per il caso di treno di carico SW/2, per il quale quindi si effettua la ripartizione semplicemente dividendo il valore  $q_3$  per la lunghezza  $b = 3.87$  m, risultando dunque in una distribuzione di tensioni sulla soletta pari a:

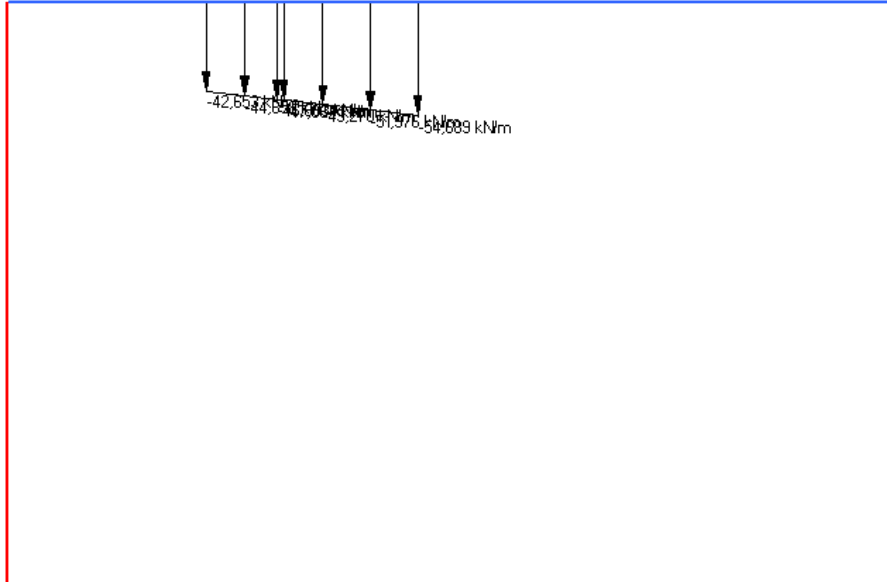
$$\sigma = 164.64 \text{ kN/m} / 3.87 \text{ m} = 42.55 \text{ kN/m}$$

Al fine delle verifiche da eseguirsi sulla soletta, non viene considerata l'azione del treno scarico, dal momento che la situazione più gravosa è determinata in concomitanza all'applicazione del treno LM71.

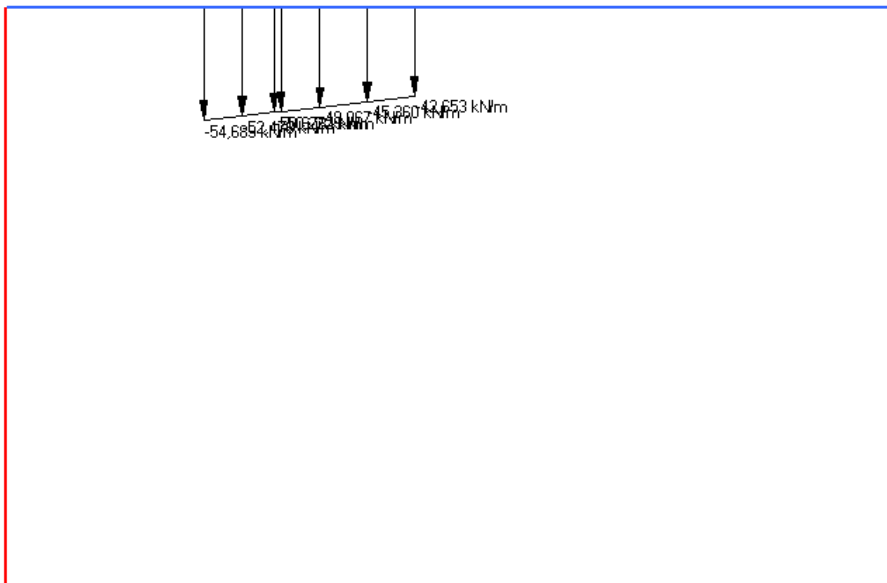
Di seguito si riportano le azioni associate al treno di carico LM71 inserite nel modello FEM, per ulteriori dettagli rispetto ai gruppi di carico considerati si rimanda al paragrafo §8.1.1 della presente relazione:

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	158



*Figura 42 - Azione associate al caso 1 del treno di carico LM71.*



*Figura 43 - Azione associate al caso 2 del treno di carico LM71.*

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 03 04</b>			PROGR <b>001</b>

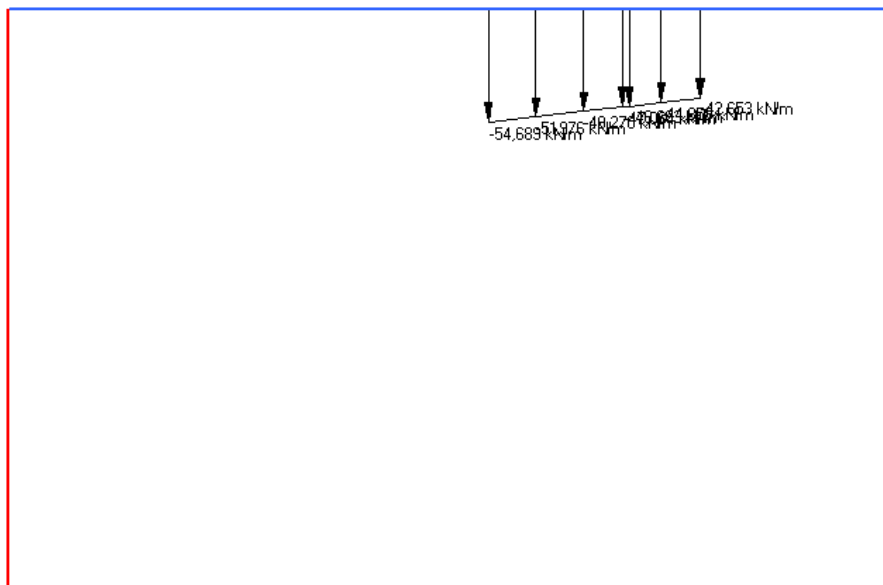


Figura 44 - Azione associate al caso 4 del treno di carico LM71.

### 12.3 CARICHI SUI MARCIAPIEDI

In accordo con quanto definito al §2.5.1.4.1.6 del Manuale di progettazione delle opere civili, parte II – sezione 2 – ponti e strutture, che riprende le prescrizioni dettate da NTC08 al §5.2.2.3.2, si assume che i marciapiedi non aperti al pubblico siano utilizzati solo dal personale autorizzato. Pertanto, per essi si assume un carico accidentale uniformemente ripartito del valore di 10 kN/m<sup>2</sup>. Questo carico non deve essere considerato contemporaneo al traffico dei convogli ferroviari e deve essere applicato sopra ai marciapiedi in modo da dare luogo agli effetti locali più sfavorevoli.

Per questo tipo di carico non deve applicarsi l'incremento dinamico. Di seguito si riportano le azioni associate al carico sui marciapiedi inserite nel modello FEM:

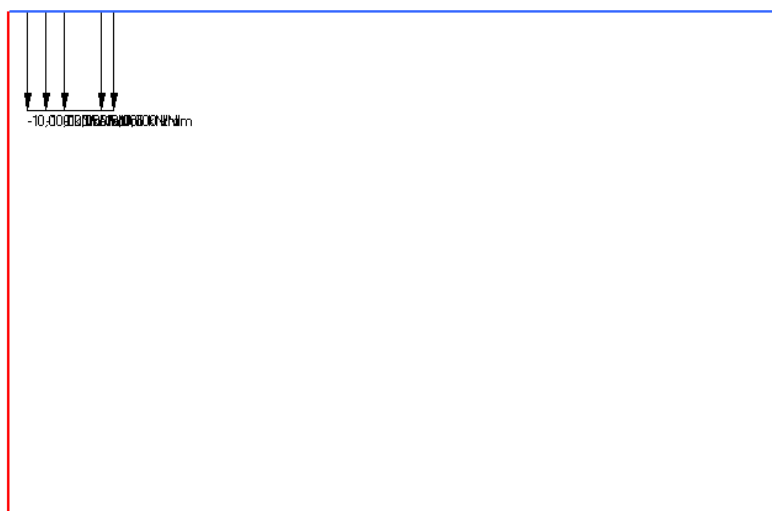


Figura 45 - Azione associate al carico sui marciapiedi.

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	160

## 12.4 CARICO ECCEZIONALE DOVUTO AL DERAGLIAMENTO

In accordo col §2.5.1.5 del Manuale di progettazione delle opere civili, parte II – sezione 2 – ponti e strutture, che riprende il contenuto del §5.2.2.9.2 delle NTC08, oltre a considerare i modelli di carico verticale da traffico ferroviario, ai fini della verifica della struttura si dovrà tenere conto della possibilità alternativa che un locomotore o un carro pesante deragli, esaminando separatamente le due seguenti situazioni di progetto:

Caso 1: si considerano due carichi verticali lineari  $q_{A1d} = 60 \text{ kN/m}$  (comprensivo dell'effetto dinamico) ciascuno. Tali carichi saranno posizionati longitudinalmente su una lunghezza di 6,40 m. Trasversalmente i carichi distano fra loro di  $S$  (scartamento del binario) e possono assumere tutte le posizioni comprese entro i limiti indicati in Fig. 5.2.12. Per questa condizione sono tollerati danni locali, purché possano essere facilmente riparati, mentre sono da evitare danneggiamenti delle strutture portanti principali.

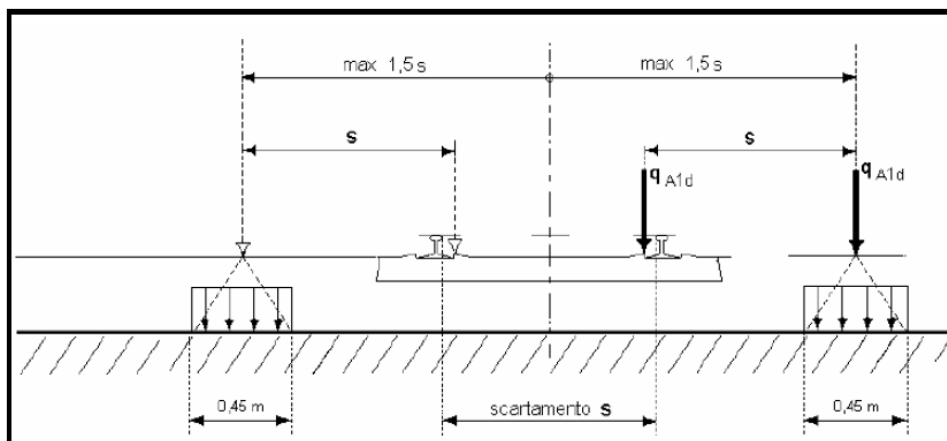
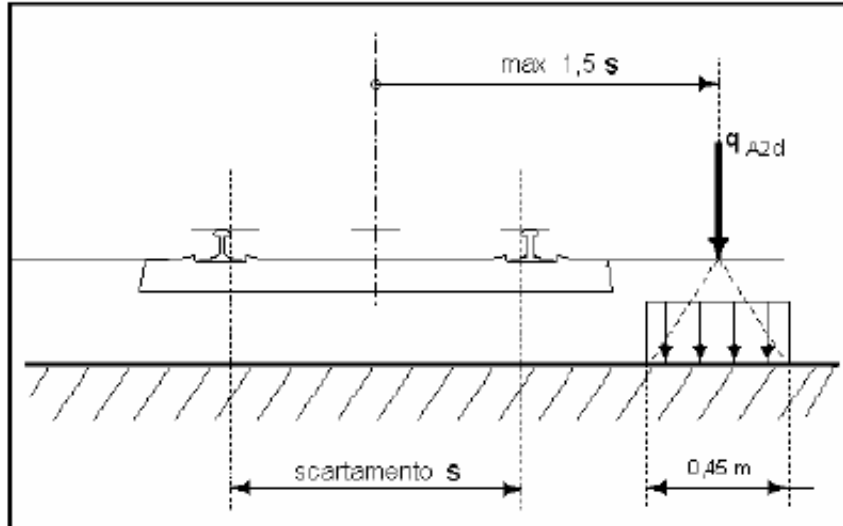


Figura 5.2.12 - Caso 1

Caso 2: si considera un unico carico lineare  $q_{A2d} = 80 \text{ kN/m} \cdot 1.4$  esteso per 20,00 m e disposto con una eccentricità massima, lato esterno, di 1,50 s rispetto all'asse del binario (Fig. 5.2.13). Per questa condizione convenzionale di carico andrà verificata la stabilità globale dell'opera, come il ribaltamento d'impalcato, il collasso della soletta, ecc. Per impalcati metallici con armamento diretto, il caso 2 dovrà essere considerato solo per le verifiche globali.

VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	161



*Figura 5.2.13 - Caso 2*

Per la considerazione degli effetti locali sulla soletta, il carico per ognuno dei due casi è stato ripartito su una lunghezza di 0.45 m, ottenendo in questo modo:

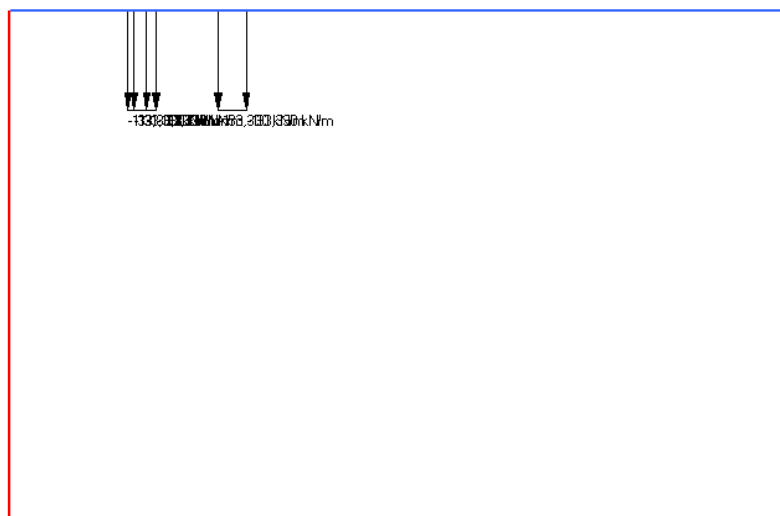
CASO 1

$$\sigma_1 = 60 \text{ kN/m} / 0.45 \text{ m} = 133.33 \text{ kN/m}^2$$

CASO 2

$$\sigma_1 = 80 \text{ kN/m} * 1.4 / 0.45 \text{ m} = 248.89 \text{ kN/m}^2$$

Di seguito si riportano le azioni associate inserite nel modello FEM:



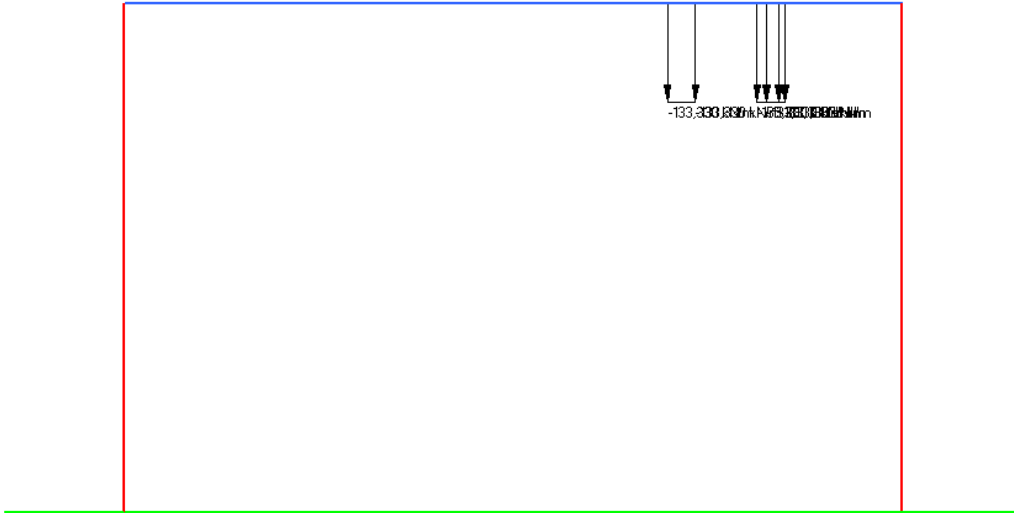
*Figura 46 - Azione associata al caso eccezionale 1 dovuto al deragliamento.*

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	162



*Figura 47 - Azione associata al caso eccezionale 2 dovuto al deragliamento.*

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	163

### 12.5 CARICO DA VENTO SULLA BARRIERA ANTIRUMORE

Per la valutazione dei carichi da vento sulle barriere antirumore e degli effetti che questo tipo di sollecitazione ha sulla soletta, si è ritenuto di modellare tale azione sulla base delle metodologie valide per i muri e i parapetti piani, coerentemente con quanto indicato al §3.3 delle NTC2008 e alle indicazioni del §G.5 delle CNR-DT 207/2008. Si è assunto grado di schermatura  $\varphi=1$  ed assenza di schermatura, come riportato nella seguente tabella.

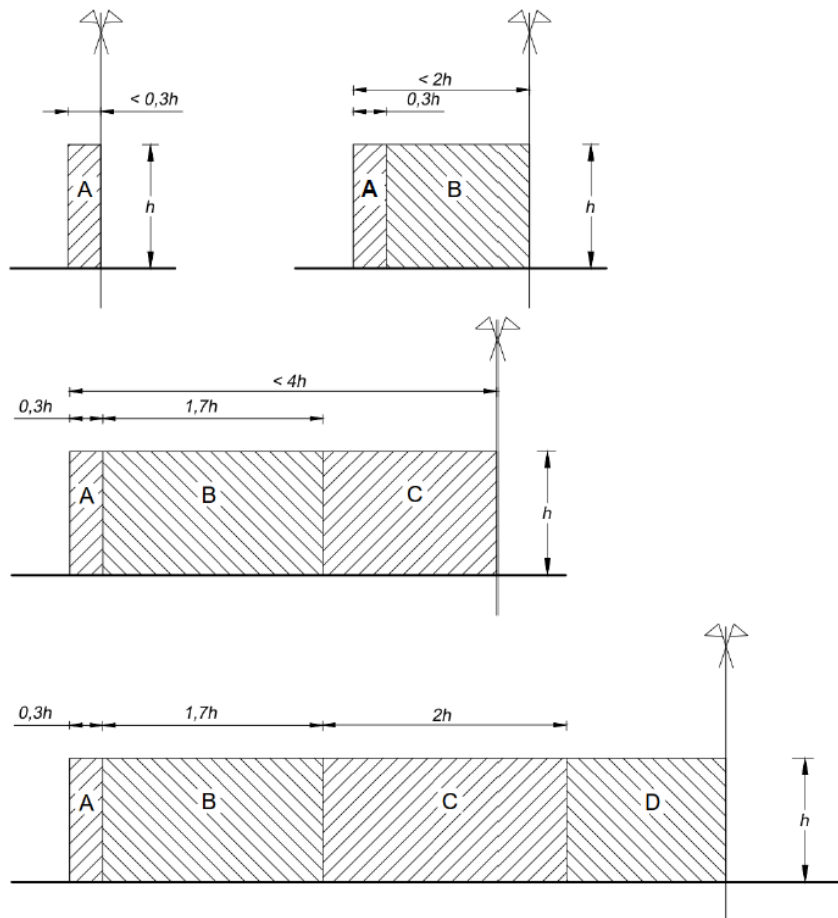


Figura G.21 – Suddivisione di muri e parapetti in aree di uguale pressione compressiva.

Tabella G.X – Coefficienti di pressione compressiva per muri e parapetti.

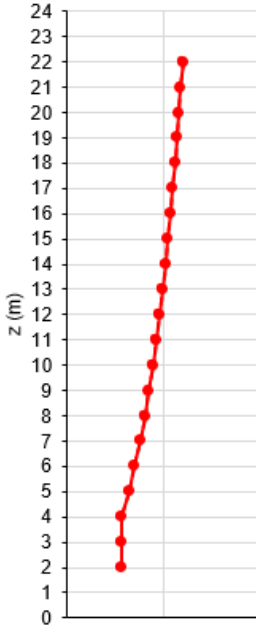
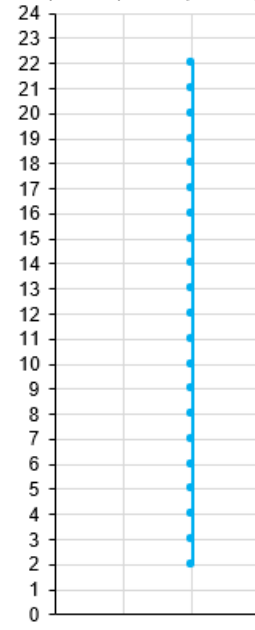
$\varphi$	Chiusura laterale	$l/h$	A	B	C	D
1,0	no	<3	2,3	1,4	1,2	1,2
		5	2,9	1,8	1,4	
		>10	3,4	2,1	1,7	
	si	tutti	2,1	1,8	1,4	
0,8	si/no	tutti	1,2			

Figura 48 – Aree e coefficienti di pressione compressive media sull'elemento secondo CNR DT207 R1/2018



**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	164

NOME: <b>barriera antirumore</b>		CALCOLO AZIONI VENTO (CNR DT207 R1/2018)								Rev. 00			
Zona	<b>3</b> (Tab. 3.I)	Categoria	<b>2</b> (Tab. 3.II - 3.III)	$T_r$ (anni)	<b>75</b>	tempo ritorno							
$v_{b,0}$ (m/s)	<b>27,0</b> velocità base liv. mar	$k_r$	<b>0,19</b> fattore terreno	$c_r$	<b>1,04</b>	coeff. tempo ritorno							
$a_0$ (m)	<b>500</b> altitudine base	$z_0$ (m)	<b>0,05</b> altezza rugosità										
$k_s$	<b>0,02</b> fattore altitudine	$z_{min}$ (m)	<b>4,00</b> altezza minima	$c_t$	<b>1,00</b>	coeff. Topografia							
$a_s$ (m)	<b>20</b> altitudine sito	$c_e(z)$	vedi tabella	$v_r$ (m/s)	<b>28,0</b>	velocità rifer. progetto							
$c_a$	<b>1,00</b> coeff. altitudine												
		Valori globali		Valori locali		$p_n$ (kN/m <sup>2</sup> )		$c_{pm}$					
$z$ (m)	$c_e(z)$	$q_p$ (N/m <sup>2</sup> )	$c_{pm}$	$p_n$ (kN/m <sup>2</sup> )	$c_{pm}$	$p_n$ (kN/m <sup>2</sup> )	0,50	1,50	2,50	0,80	1,00	1,20	1,40
22,00	2,88	1408	1,20	1,69	1,20	1,69							
21,00	2,84	1392	1,20	1,67	1,20	1,67							
20,00	2,81	1376	1,20	1,65	1,20	1,65							
19,00	2,77	1359	1,20	1,63	1,20	1,63							
18,00	2,74	1341	1,20	1,61	1,20	1,61							
17,00	2,70	1322	1,20	1,59	1,20	1,59							
16,00	2,66	1302	1,20	1,56	1,20	1,56							
15,00	2,62	1281	1,20	1,54	1,20	1,54							
14,00	2,57	1258	1,20	1,51	1,20	1,51							
13,00	2,52	1235	1,20	1,48	1,20	1,48							
12,00	2,47	1209	1,20	1,45	1,20	1,45							
11,00	2,41	1182	1,20	1,42	1,20	1,42							
10,00	2,35	1152	1,20	1,38	1,20	1,38							
9,00	2,29	1119	1,20	1,34	1,20	1,34							
8,00	2,21	1083	1,20	1,30	1,20	1,30							
7,00	2,13	1043	1,20	1,25	1,20	1,25							
6,00	2,04	998	1,20	1,20	1,20	1,20							
5,00	1,93	945	1,20	1,13	1,20	1,13							
4,00	1,80	882	1,20	1,06	1,20	1,06							
3,00	1,80	882	1,20	1,06	1,20	1,06							
2,00	1,80	882	1,20	1,06	1,20	1,06							
<b>CALCOLO COEFFICIENTI PRESSIONE MEDIO PER PARETI ESTESE (CNR DT207 R1/2018 §G.5)</b>													
$h$ (m)	<b>5,00</b> altezza del muro												
$l$ (m)	<b>1,00</b> lunghezza del muro												
$l/h$	0,20												
$c_{pm}$ medio	0,00	coeff. pressione medio ponderato per l muro		$l$ (m)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	lunghezze settori			
				$c_{pm}$	2,30	1,40	1,20	1,20	1,20	coeff. pressione settori			
$c_{pm}$ globali	<b>1,20</b>	coeff. pressione per verifiche globali		$c_{pm}$ locale	<b>1,20</b>	coeff. pressione per verifiche locali							

Assumendo mediamente  $h_1 = 17$  m quota estradosso impalcato e  $h_2 = 5$  m l'altezza della barriera antirumore, l'altezza rispetto al suolo del punto considerato, ovvero l'estremo superiore della barriera, è pari a  $z = 22$  m. In corrispondenza ad essa si ottiene un valore di pressione cinetica di picco del vento:

$$q_p = 1.41 \text{ kN/m}^2$$

e pressione complessiva risultante:

$$p_n = 1.41 \text{ kN/m}^2 * 1.2 = 1.69 \text{ kN/m}^2.$$

Di seguito si riportano le azioni associate inserite nel modello FEM:

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	165

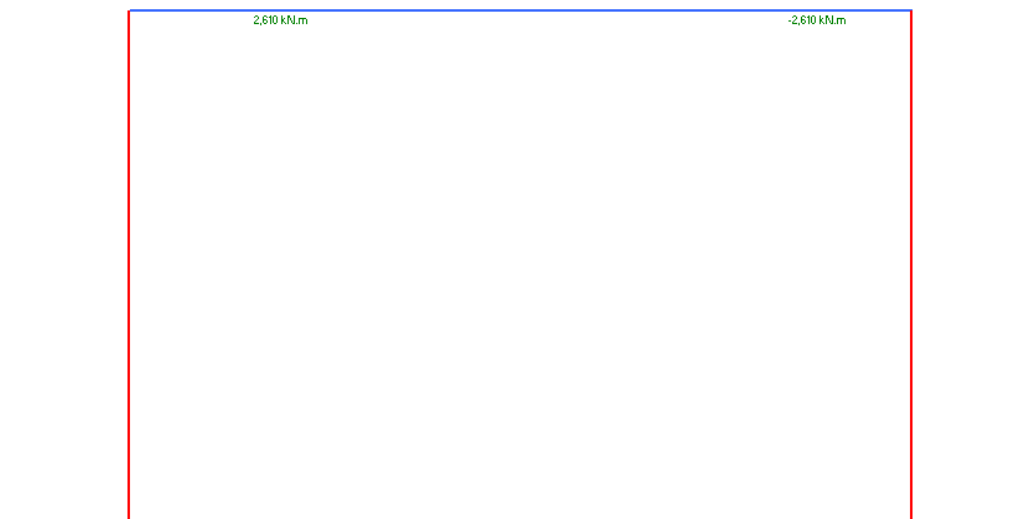


Figura 49 – Azione associata al momento dovuto al carico da vento e l'azione idrodinamica sul muro laterale sinistro.

## 12.6 AZIONE AERODINAMICA DA TRAFFICO FERROVIARIO

In accordo con le prescrizioni del Manuale di progettazione delle opere civili, parte II – sezione 2 – ponti e strutture, che riporta integralmente il contenuto del §5.2.2.6 delle NTC08, si tiene conto degli effetti, specificatamente onde di pressione e depressione, che il passaggio dei convogli ferroviari determinano sulle superfici poste in prossimità della linea ferroviaria, trattandosi nel caso in esame di barriere antirumore.

Le azioni possono essere schematizzate mediante carichi equivalenti agenti nelle zone prossime alla testa ed alla coda del treno nei casi in cui, in ragione della velocità della linea, non si instaurino amplificazioni dinamiche significative per il comportamento degli elementi strutturali investiti dalle azioni aerodinamiche. Esse dovranno essere utilizzate per il progetto delle barriere e delle relative strutture di sostegno (cordoli, solette, fondazioni, ecc.). I carichi equivalenti sono considerati valori caratteristici delle azioni.

I valori caratteristici dell'azione  $\pm q_1k$  relativi a superfici verticali parallele al binario sono forniti in Fig. 5.2.8 del §5.2.2.7.1 delle NTC08 in funzione della distanza  $a_g$  dall'asse del binario più vicino.

VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	166

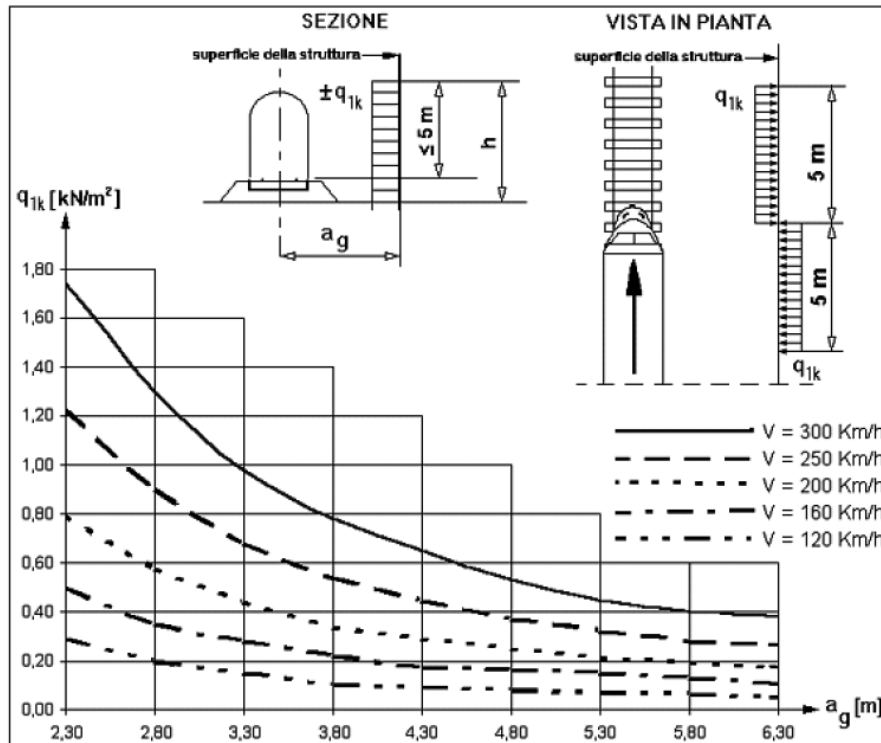


Figura 5.2.8 - Valori caratteristici delle azioni  $q_{1k}$  per superfici verticali parallele al binario

Nel caso in esame si ha, per  $V = 200$  km/h:

$$a_g = 4.3 \text{ m}$$

$$q_{1k} = 0.30 \text{ kN/m}^2$$

Secondo quanto riportato in §5.2.3.3.2 delle NTC08, in ogni caso le azioni aerodinamiche devono essere cumulate all'azione del vento. L'azione risultante dovrà essere maggiore di un valore minimo, funzione della velocità della linea e comunque maggiore di  $1,5 \text{ kN/m}^2$  sia nella verifica agli SLE (combinazione caratteristica) sia nella verifica agli SLU.

Si verifica dunque che:

$$p_{\text{tot}} = p_n + q_{1k} = 1.69 \text{ kN/m}^2 + 0.30 \text{ kN/m}^2 = 1.99 \text{ kN/m}^2 > 1.5 \text{ kN/m}^2$$

pertanto la prescrizione risulta essere soddisfatta.

Ai fini della verifica, si considera l'azione combinata del vento e dell'azione aerodinamica da traffico. Si calcola dunque una azione tagliante agente alla base della barriera antirumore pari a:

$$F = p_{\text{tot}} * 5 \text{ m} = 1.99 \text{ kN/m}^2 * 5 \text{ m} = 9.95 \text{ kN/m}$$

e un momento agente in corrispondenza della sezione di mezzzeria della soletta pari a:

$$M_z = F * [5 \text{ m} + (0.52 \text{ m} - 0.25 \text{ m}/2)] / 2 = 26.84 \text{ kNm}$$

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
		<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	167

Di seguito si riportano le azioni associate inserite nel modello FEM:

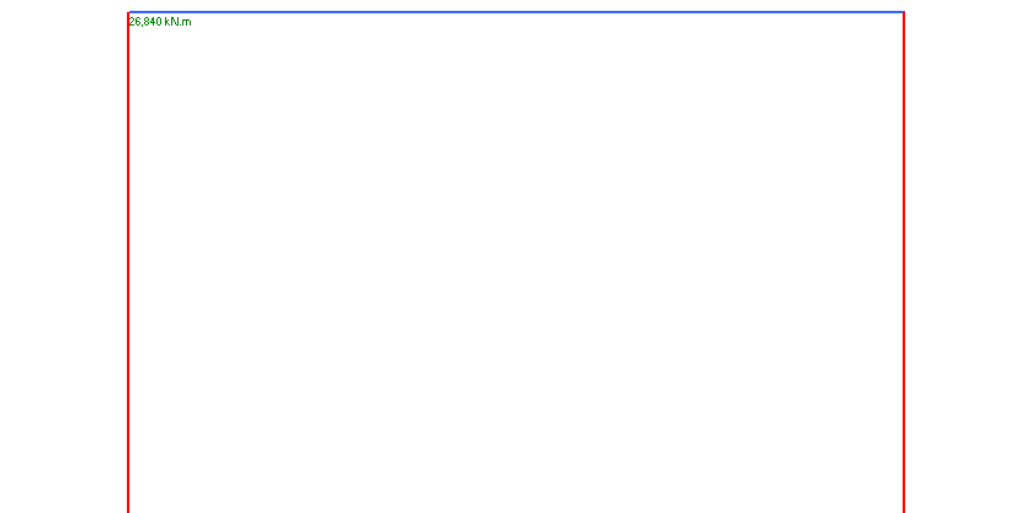


Figura 50 - Azione associata al momento dovuto al carico da vento e l'azione idrodinamica sul muro laterale sinistro.

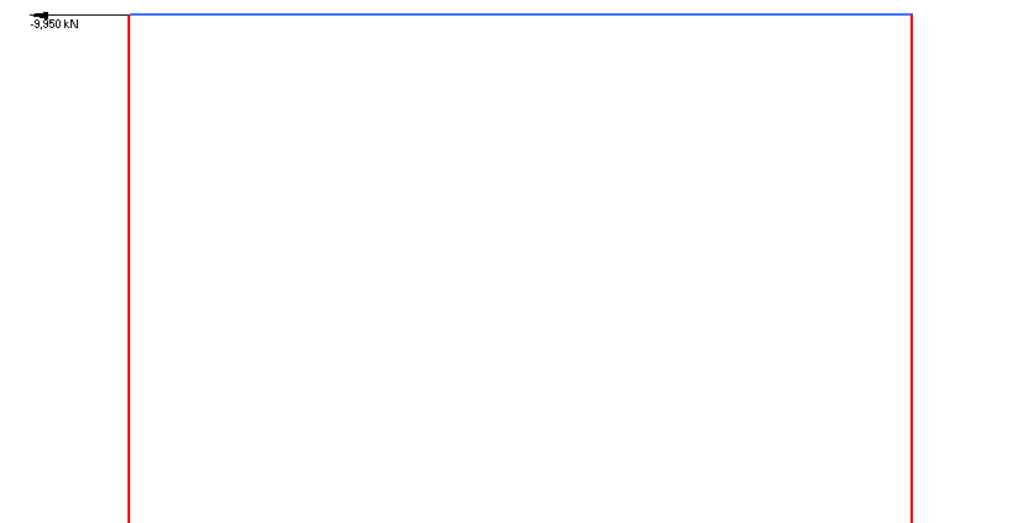


Figura 51 - Azione associata al taglio dovuto al carico da vento e l'azione idrodinamica sul muro laterale sinistro.

## 12.7 VARIAZIONI TERMICHE (Q<sub>7</sub>)

La variazione termica è definita secondo quanto riportato nel § 2.5.1.4.4.1 del “Manuale di progettazione delle opere civili parte II - sezione 2- ponti e strutture” che riprende il § 5.2.2.5.2 delle NTC08.

La variazione termica uniforme volumetrica da considerare per l'impalcato risulta  $\pm 15^\circ$ , ai fini della valutazione delle escursioni dei giunti e degli appoggi mobili viene incrementata del 50% per una variazione totale di calcolo di  $\pm 22.5^\circ\text{C}$ .

Di seguito si riportano le azioni inserite nel modello FEM:

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 03 04</b>			PROGR <b>001</b>

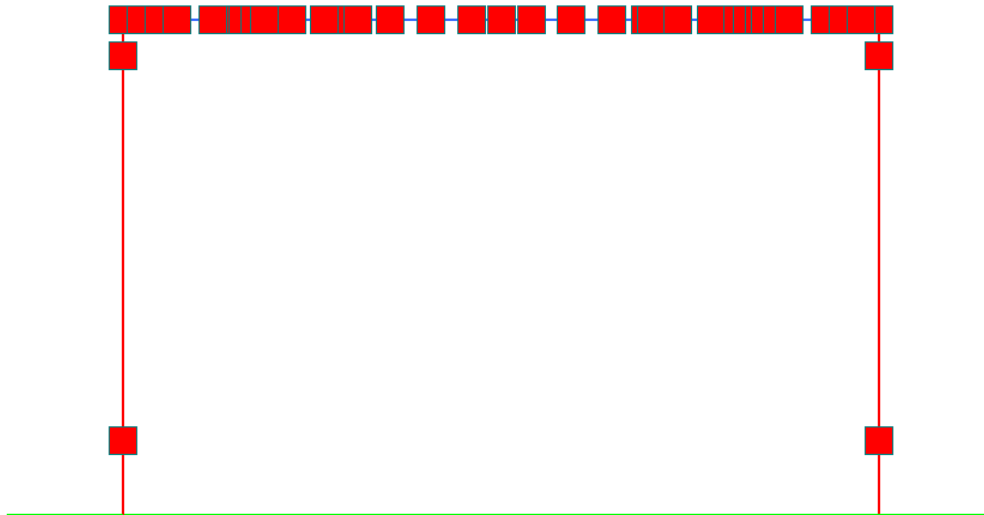


Figura 52 -Variazione temperatura uniforme.



Figura 53 -Gradiente termico.

## 12.8 DISTORSIONI E DEFORMAZIONI IMPRESSE (P) (E)

### 12.8.1 Ritiro del calcestruzzo ( $\epsilon_2$ )

Nome	Tipo	$\gamma_{\epsilon 2}$ (Fav / Sfav)	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
RITIRO (ponti ferroviari)	Ritiro, viscosità, cedimenti imposti	EQU 0.00 / 1.20 (A1) 0.00 / 1.20 (A2) 0.00 / 1.00	-	-	-

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	169

Dato che il ritiro dipende dal tempo di maturazione del calcestruzzo, dalla sua resistenza e dalle condizioni ambientali, gli effetti possono evidenziarsi sia in fase di costruzione sulla sezione mista composta da due materiali di diverso modulo elastico (ritiro primario) sia a lungo termine sulla statica globale della struttura (ritiro secondario).

Tab. 11.2.Va – Valori di  $\varepsilon_{\rho}$

$f_{ck}$	Deformazione da ritiro per essiccamento (in ‰)					
	Umidità Relativa (in %)					
	20	40	60	80	90	100
20	-0,62	-0,58	-0,49	-0,30	-0,17	+0,00
40	-0,48	-0,46	-0,38	-0,24	-0,13	+0,00
60	-0,38	-0,36	-0,30	-0,19	-0,10	+0,00
80	-0,30	-0,28	-0,24	-0,15	-0,07	+0,00

Tabella 52 - Valori del parametro  $\varepsilon_{co}$  (‰)

Tab. 11.2.Vb – Valori di  $k_h$

$h_0$ (mm)	$k_h$
100	1,00
200	0,85
300	0,75
$\geq 500$	0,70

Tabella 53 - Valori del parametro  $k_h$

Nel caso in oggetto, dato che le sezioni strutturali sono interamente gettate in opera nella stessa fase, si tengono conto nel calcolo degli effetti secondari causati dalle differenze di ritiro tra la fondazione e la soletta, quando alla fine della costruzione si realizza la chiusura della sezione scatolare con il getto della soletta stessa.

Nell'ipotesi a favore di sicurezza di una tempistica di costruzione velocizzata, si analizza nel tempo l'andamento delle deformazioni da ritiro per i due elementi e si considera in progetto il valore a tempo infinito. Questa deformazione, inserita nel modello numerico della sezione scatolare come distorsione di temperatura equivalente, permette il calcolo della reazione iperstatica venuta a formarsi nel tempo.

$$\Delta T = \Delta \varepsilon_{cs} / \alpha = 18.44^{\circ} \text{ C}$$

$$\Delta \varepsilon_{cs} = 0.00184\% \quad \text{ritiro differenziale di progetto}$$

$$\alpha = 0.00001 \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1} \quad \text{coefficiente di dilatazione termica}$$

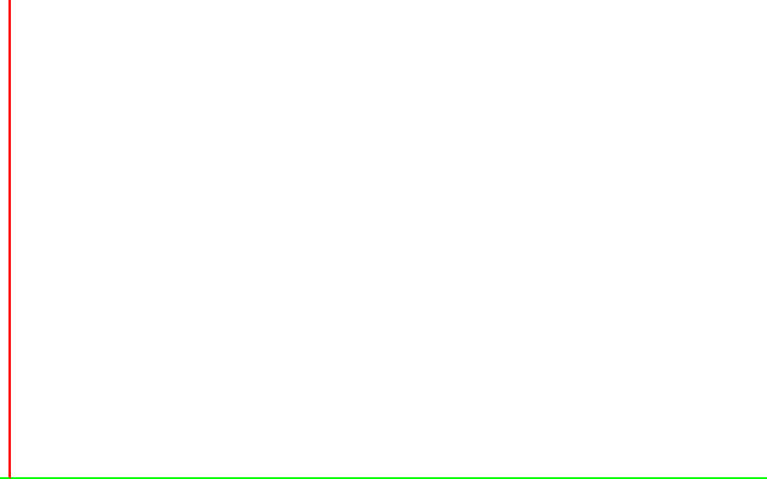


**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	171



*Figura 54 -Temperatura uniforme associata alla azione di ritiro.*



MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	172

### 13. ANALISI TRASVERSALE SPALLA

Di seguito si riportano le analisi e le verifiche della struttura scatolare dietro alla spalla denominata S01. La struttura scatolare in c.a. è costituita da una camera di dimensioni interne 7.90m (larghezza) x 6,40m (altezza) aventi uno spessore strutturale per la parte in elevazione (traverso e piedritti) pari a 1.20m, e per la parte in fondazione pari a 2.50m.

#### 13.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO FEM

Per la determinazione delle sollecitazioni che interessano la struttura è stato realizzato un modello agli elementi finiti. La struttura è stata trattata come un portale costituito dal solettone superiore e i muri laterali, vincolata alla base con il plinto di fondazione, il cui è stato modellato come una trave continua su più appoggi, per tutti gli elementi si considera una larghezza di 1m.

Si riporta di seguito una descrizione del modello FEM comprensivo di tutti gli elementi strutturali costituenti la struttura scatolare.

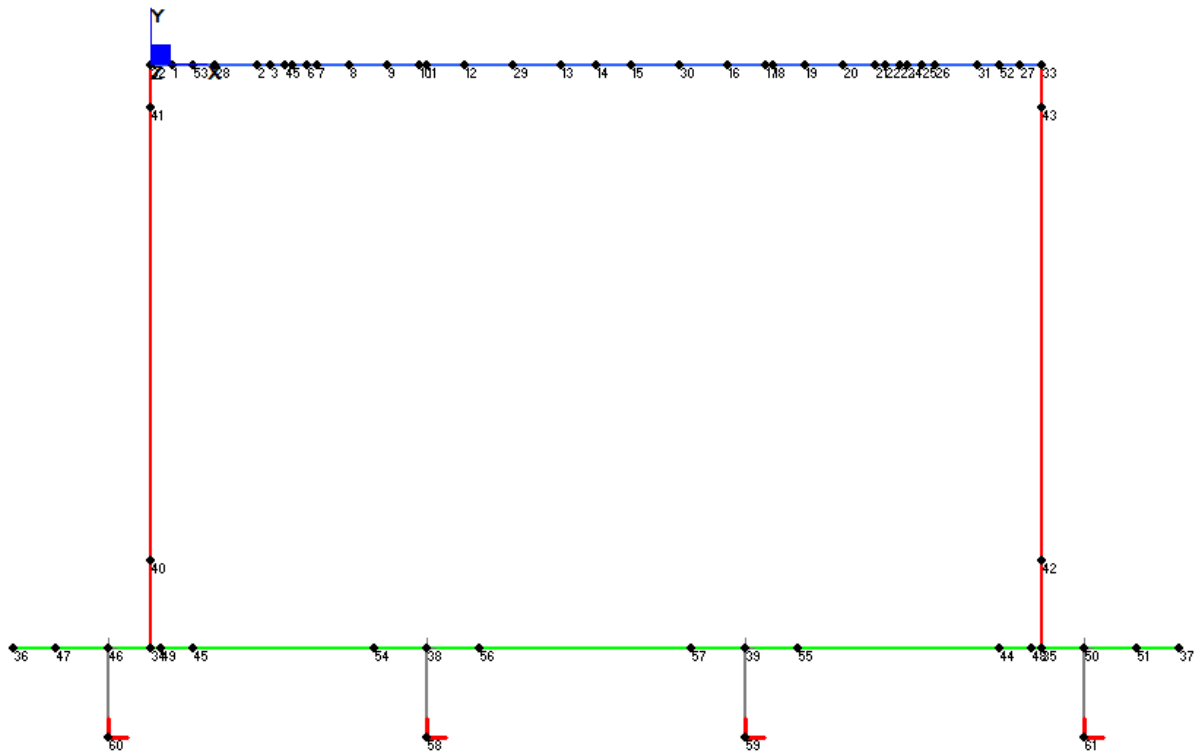


Figura 55 - Modello agli EF per la struttura scatolare - Numerazione nodi

VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	173

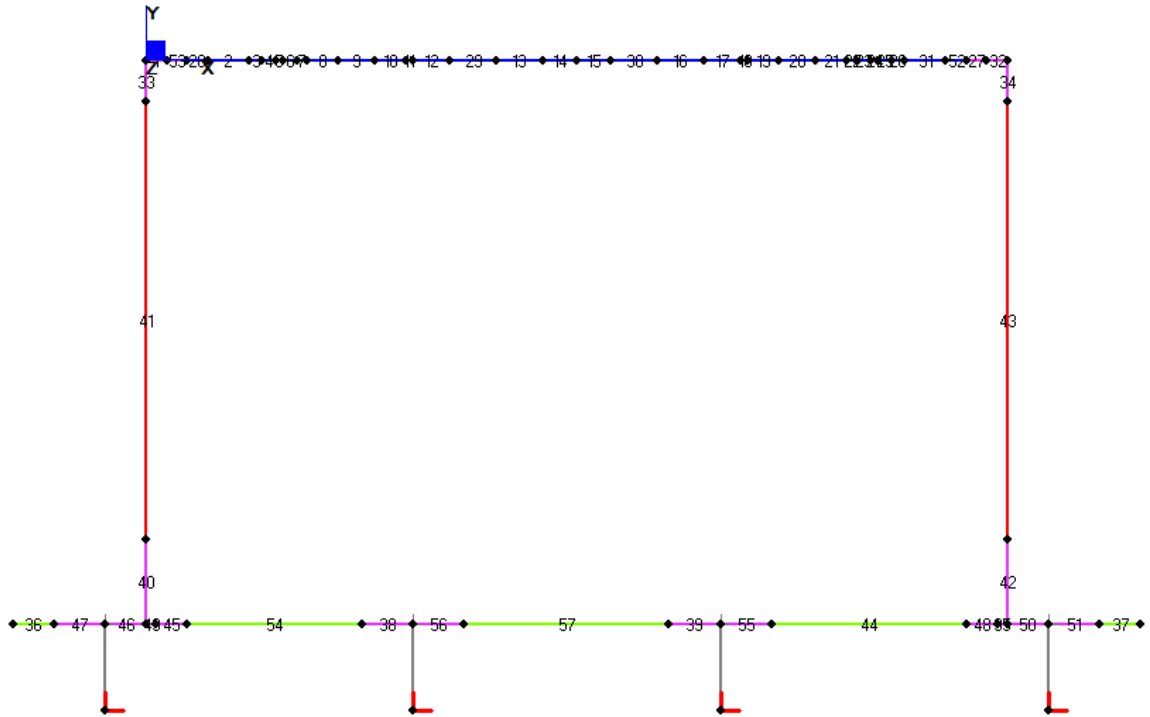


Figura 56 - Modello agli EF per la struttura scatolare - Numerazione elementi e indicazione zone nodali (viola)

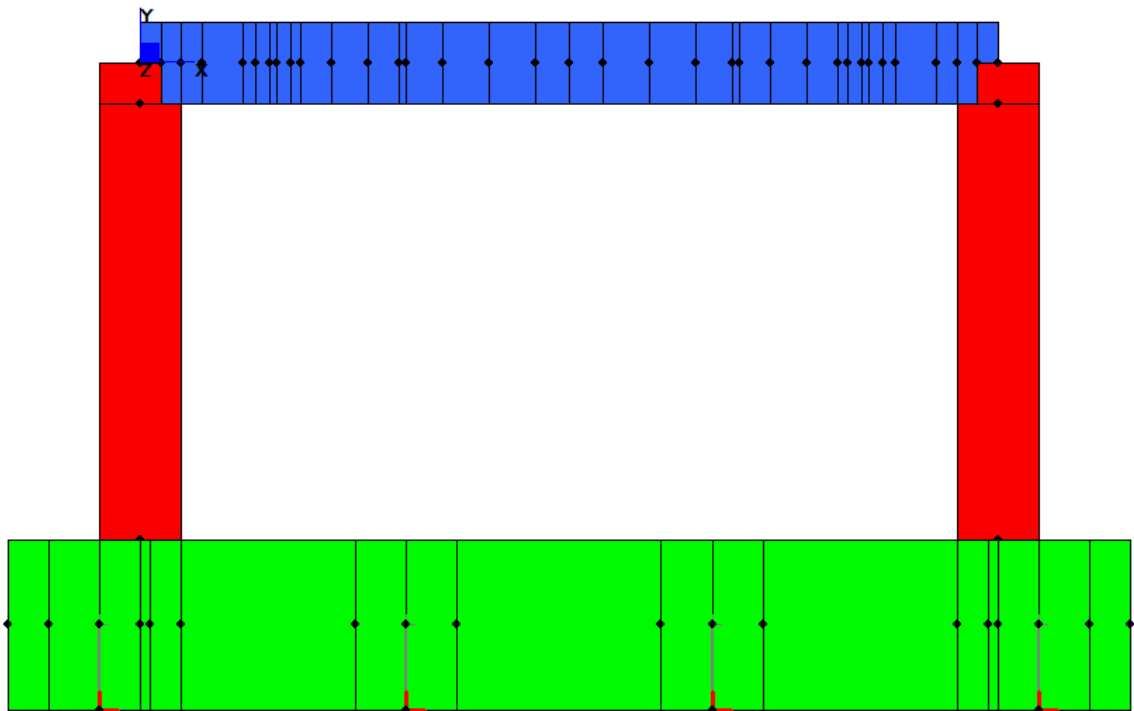


Figura 57 - Modello FEM

Nel modello sono state implementate le seguenti condizioni di vincolo:

- bracci rigidi tra l'estradosso (asse) del plinto di fondazione e intradosso (grigi);
- appoggi in corrispondenza dei pali di fondazione.

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	174

### 13.1.1 Risultati del modello FEM

Nel seguito si riportano i valori delle sollecitazioni sulla struttura associate agli involuipi SLU, SLV, SLE rara e SLE quasi permanente.

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-1341	1760
	[Bm:41]	[Bm:15]

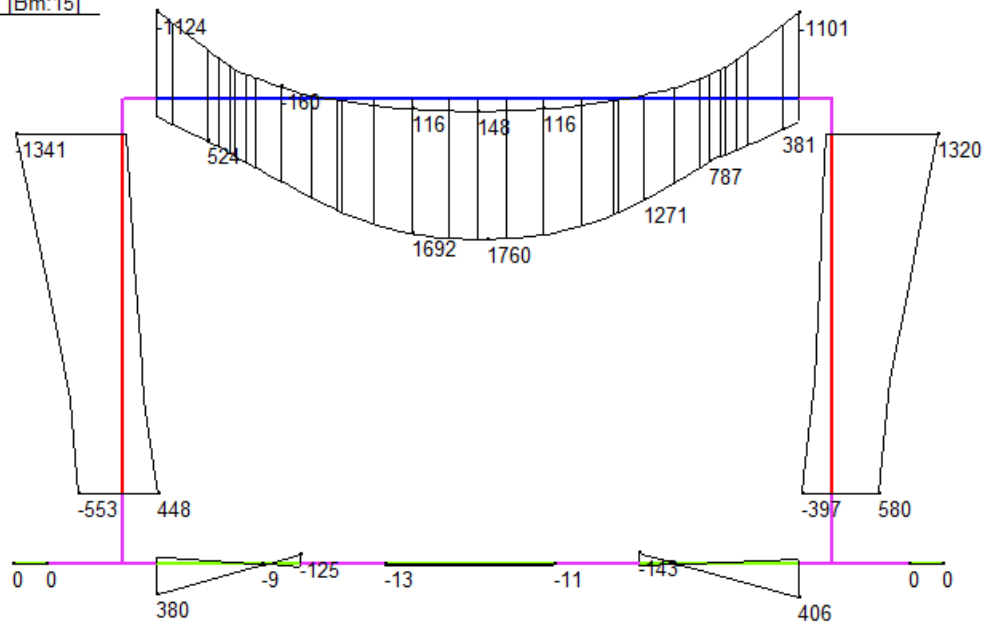


Figura 58 - ENV SLU – Momento flettente (kNm)

	MIN	MAX
SF2(kN)	-562	567
	[Bm:52]	[Bm:28]

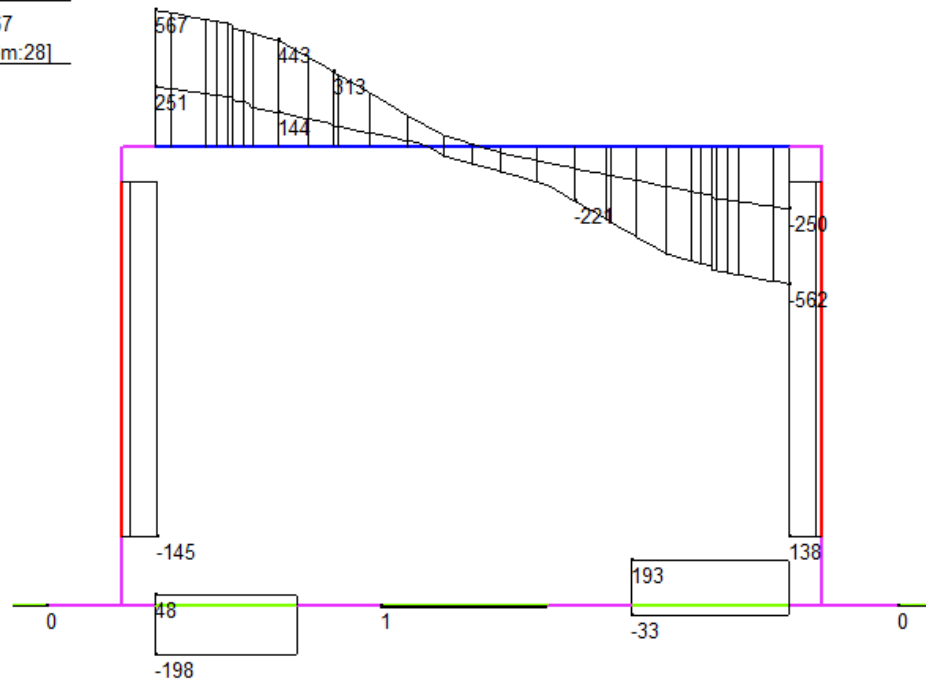


Figura 59 - ENV SLU - Taglio (kN)

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	175

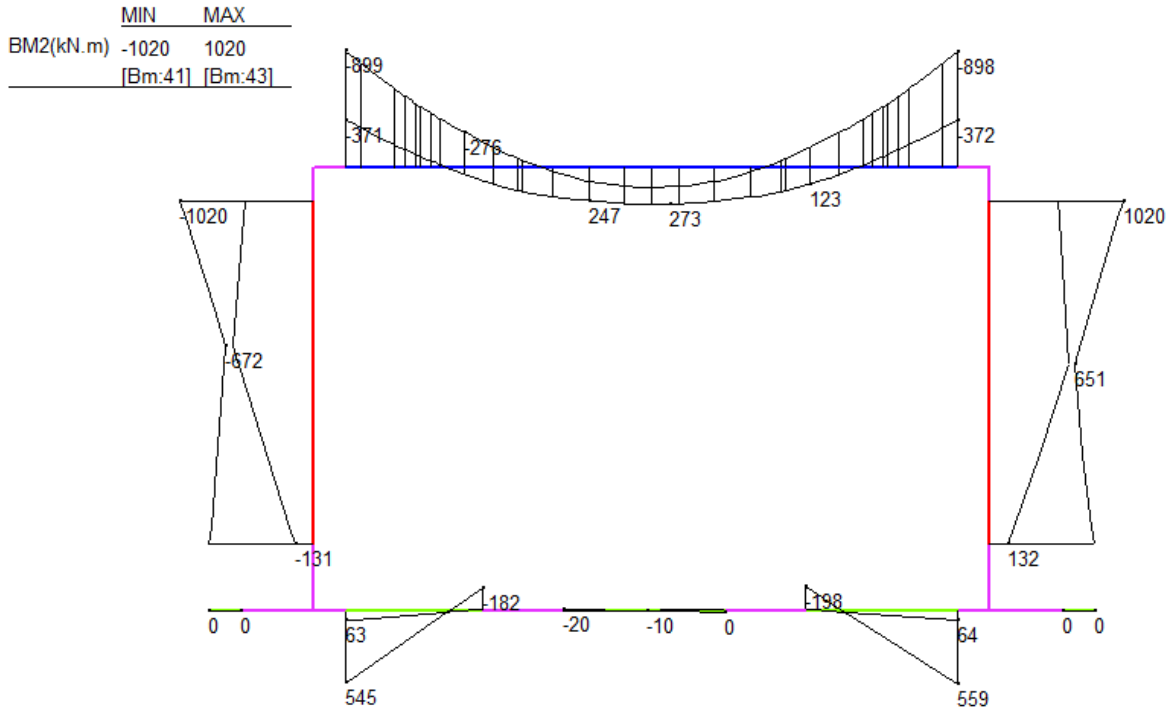


Figura 60 - ENV SLV – Momento flettente (kNm)

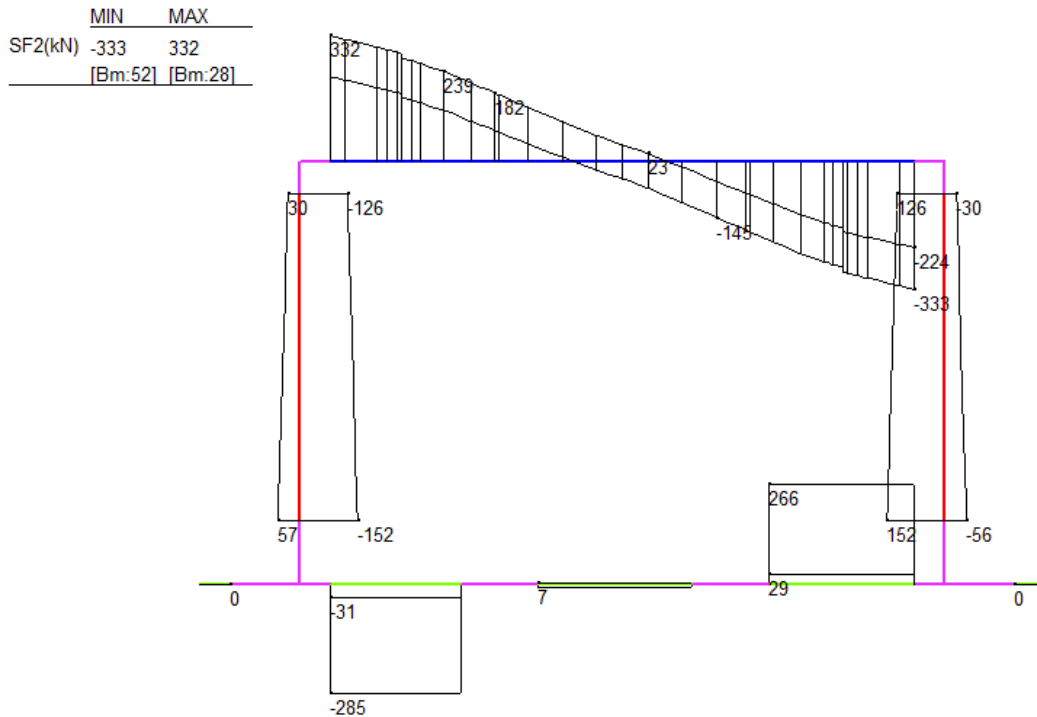


Figura 61 - ENV SLV - Taglio (kN)

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	176

MIN      MAX  
BM2(kN.m) -995    1322  
              [Bm:41] [Bm:15]

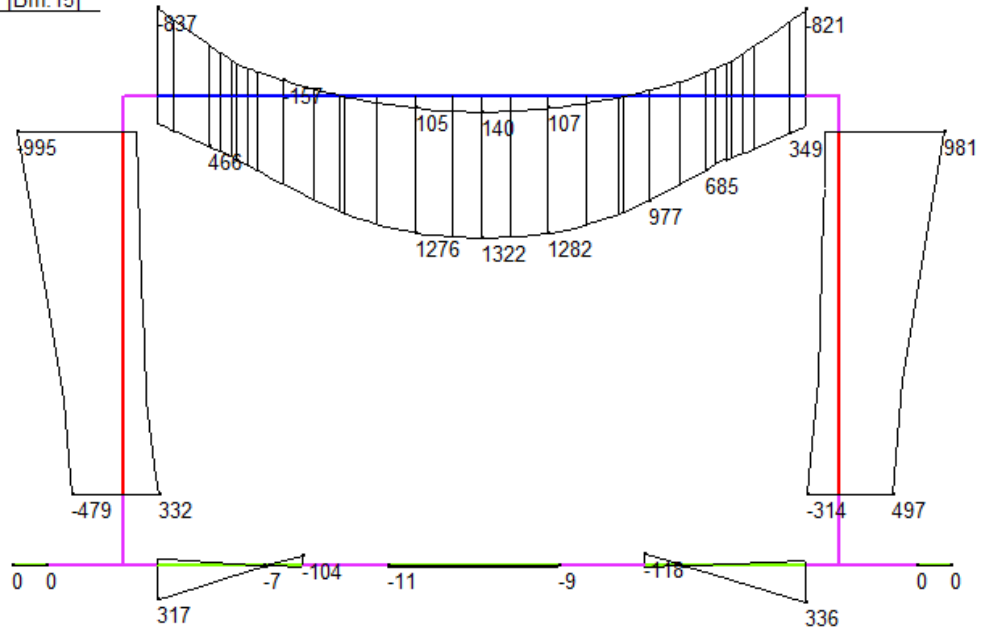


Figura 62 - ENV SLE RA - Momento flettente (kNm)

MIN      MAX  
BM2(kN.m) -518    789  
              [Bm:41] [Bm:15]

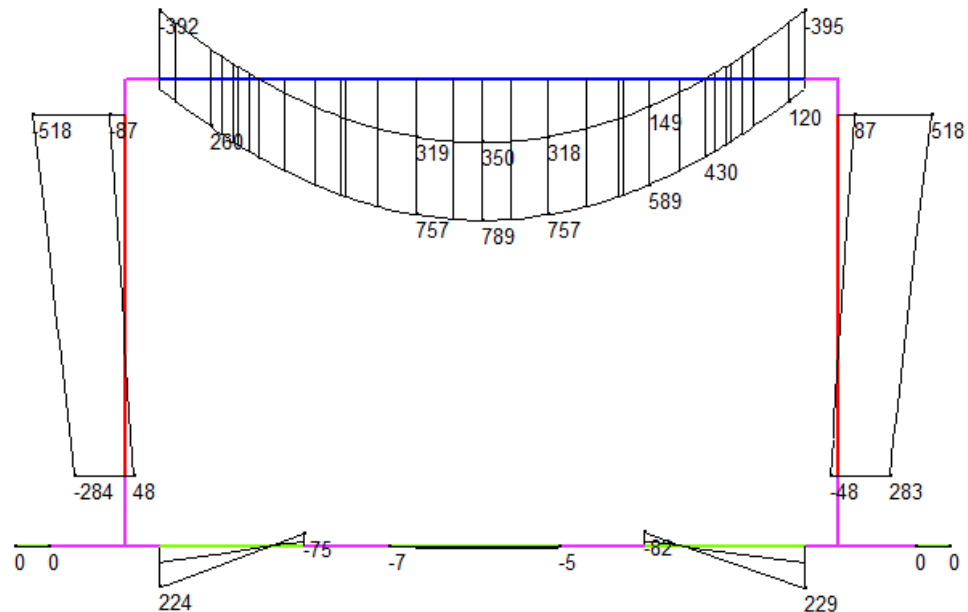
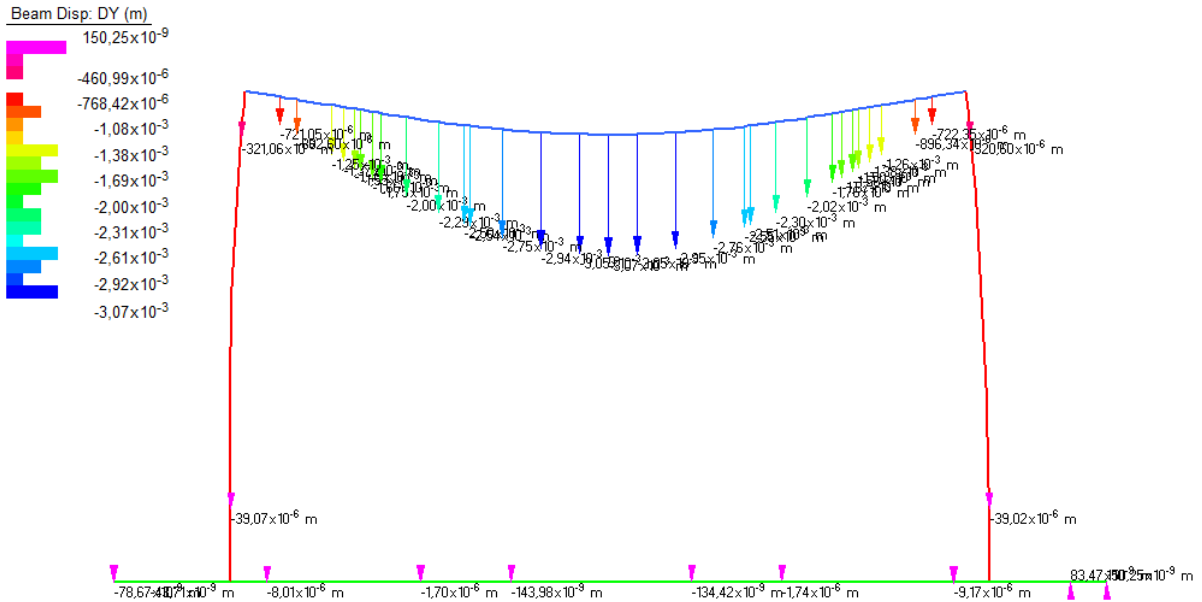


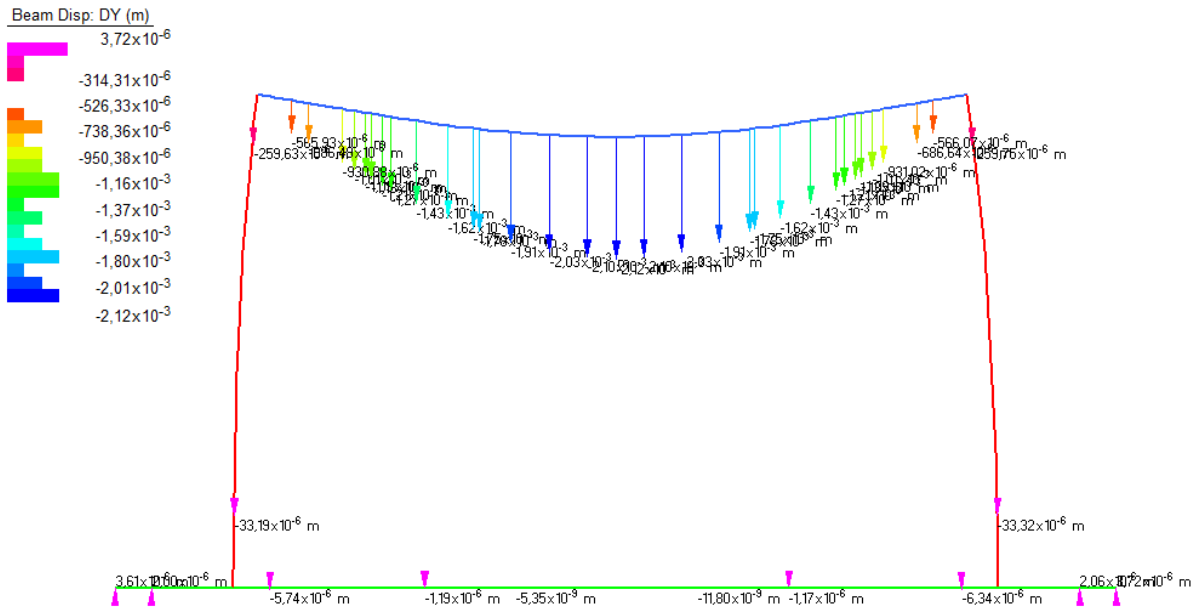
Figura 63 - ENV SLE QP - Momento flettente (kNm)

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	177



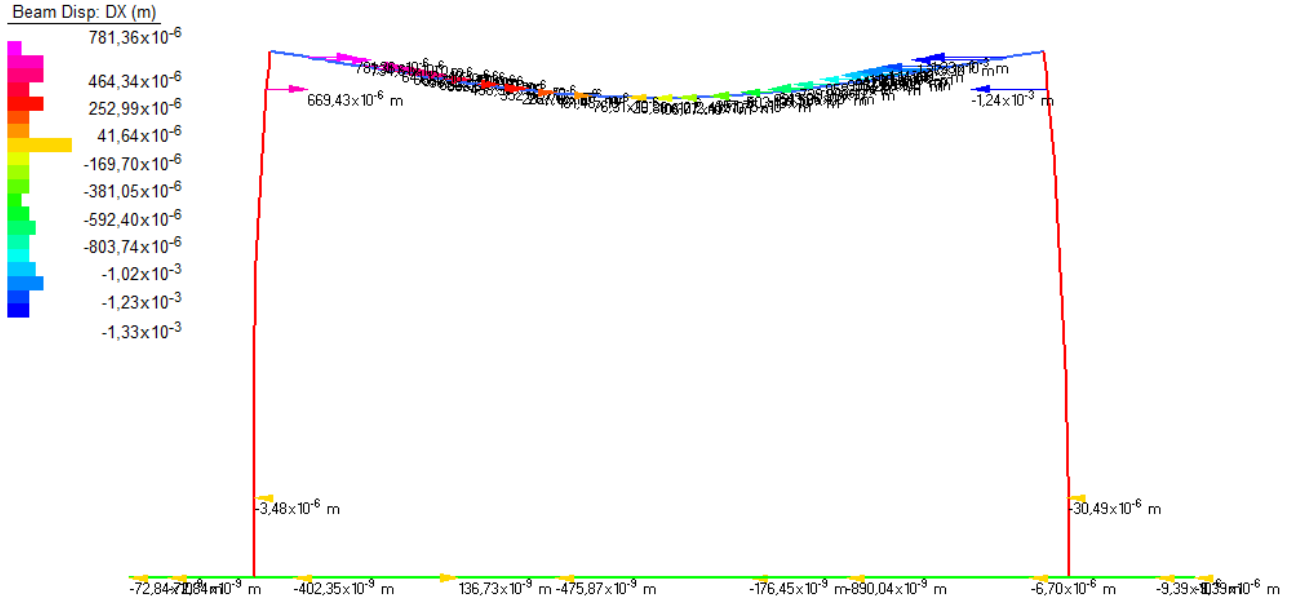
**Figura 64 - ENV SLE RA – Spostamento verticale (m)**



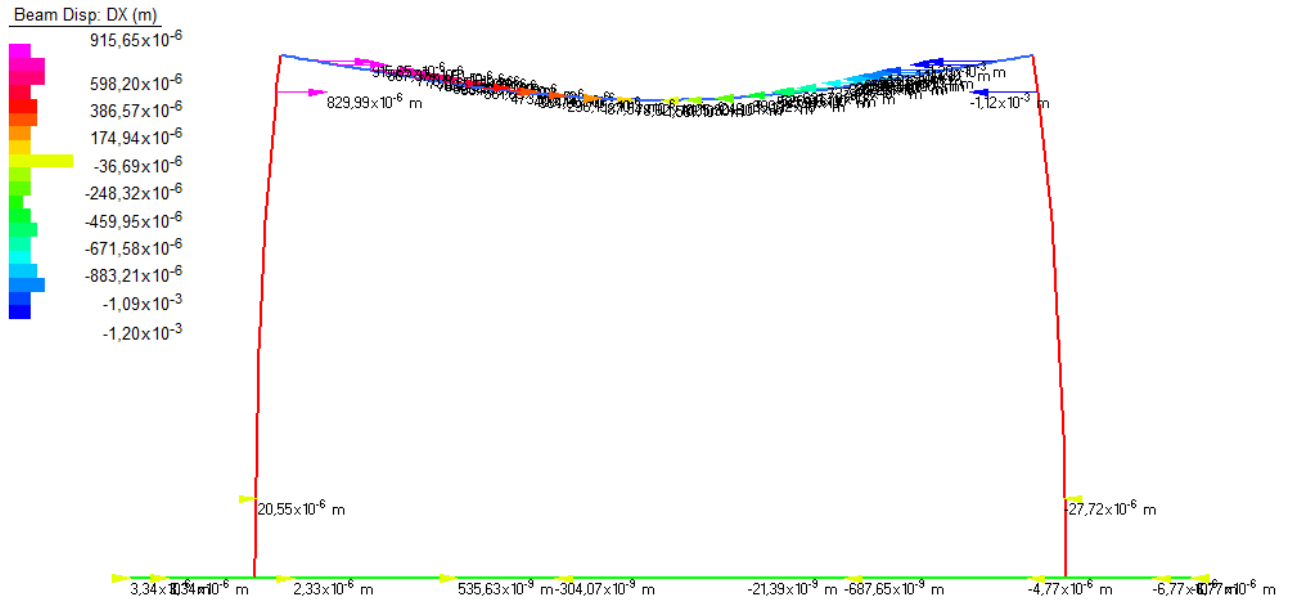
**Figura 65 - ENV SLE QP - Spostamento verticale (m)**

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>178</b>



**Figura 66 - ENV SLE RA – Spostamento orizzontale (m)**



**Figura 67 - ENV SLE QP - Spostamento orizzontale (m)**

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	179

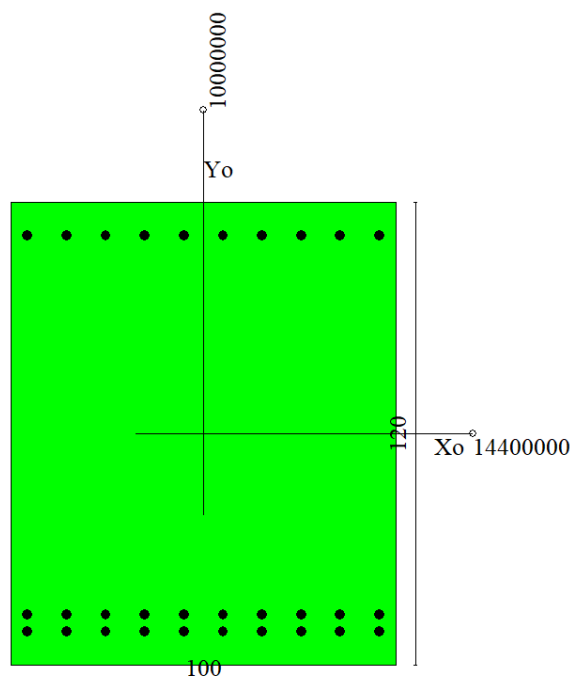
## 13.2 VERIFICHE STRUTTURALI

### 13.2.1 Solettone superiore

Nel seguente paragrafo vengono riportate le sollecitazioni del solettone superiore per le combinazioni di carico allo SLU e le relative verifiche di resistenza a pressoflessione e taglio.

#### 13.2.1.1 Verifica a pressoflessione SLU, SLV, SLE

La sezione è armata con un quantitativo di armatura longitudinale nel lato teso composta da 2 strati di  $\Phi 26/10$  e nel lato compresso di  $\Phi 26/10$  come rappresentato nella figura seguente per un totale di 30 ferri. I domini di resistenza M-N e i coefficienti di sicurezza a pressoflessione sono ottenuti attraverso il software SAX 10.0 distribuito da Aztec.



### Dati

<b>Nome sezione:</b>	Solettone
Tipo sezione	Rettangolare
Base	100,0 [cm]
Altezza	120,0 [cm]

### Caratteristiche geometriche

Area sezione	12000,00 [cmq]	
Inerzia in direzione X	10000000,0	[cm^4]
Inerzia in direzione Y	14400000,0	[cm^4]
Inerzia in direzione XY	0,0	[cm^4]
Ascissa baricentro sezione	$X_G = 50,00$	[cm]
Ordinata baricentro sezione	$Y_G = 60,00$	[cm]



MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	180

## Elenco ferri

### Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

N°	numero d'ordine
X	Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
Y	Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
d	Diametro ferro espresso in [mm]
ω	Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	ω
1	95,70	111,40	26	5,31
2	85,54	111,40	26	5,31
3	75,39	111,40	26	5,31
4	65,23	111,40	26	5,31
5	55,08	111,40	26	5,31
6	44,92	111,40	26	5,31
7	34,77	111,40	26	5,31
8	24,61	111,40	26	5,31
9	14,46	111,40	26	5,31
10	4,30	111,40	26	5,31
11	4,30	8,60	26	5,31
12	14,46	8,60	26	5,31
13	24,61	8,60	26	5,31
14	34,77	8,60	26	5,31
15	44,92	8,60	26	5,31
16	55,08	8,60	26	5,31
17	65,23	8,60	26	5,31
18	75,39	8,60	26	5,31
19	85,54	8,60	26	5,31
20	95,70	8,60	26	5,31
21	4,30	13,10	26	5,31
22	14,46	13,10	26	5,31
23	24,61	13,10	26	5,31
24	34,77	13,10	26	5,31
25	44,92	13,10	26	5,31
26	55,08	13,10	26	5,31
27	65,23	13,10	26	5,31
28	75,39	13,10	26	5,31
29	85,54	13,10	26	5,31
30	95,70	13,10	26	5,31

**Materiale impiegato** : Calcestruzzo armato

### Caratteristiche calcestruzzo

Resistenza caratteristica calcestruzzo	40,000	[MPa]
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15,00	
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso	1,00	
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO		

### Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

Tensione ammissibile acciaio	450,000	[MPa]
Tensione snervamento acciaio	450,000	[MPa]
Modulo elastico E	210000,000	[MPa]
Fattore di incrudimento acciaio	1,00	

### Combinazioni

### Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
----	------------------------------------

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	181

N	sforzio normale espresso in [kN]
M <sub>y</sub>	momento lungo Y espresso in [kNm]
M <sub>x</sub>	momento lungo X espresso in [kNm]
M <sub>t</sub>	momento torcente espresso in [kNm]
T <sub>y</sub>	taglio lungo Y espresso in [kN]
T <sub>x</sub>	taglio lungo X espresso in [kN]
VD	verifica di dominio
VT	verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLER - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>t</sub>	T <sub>y</sub>	T <sub>x</sub>	VD	VT
1	0,0000	1760,1400	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
2	0,0000	-1123,8700	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
3	0,0000	273,0500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
4	0,0000	-899,0800	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
5	0,0000	1322,2400	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
6	0,0000	-836,6900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
7	0,0000	788,6400	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
8	0,0000	-391,8100	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP

## Risultati analisi

### Caratteristiche asse neutro

#### Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
Xc	posizione asse neutro espresso in [cm]
α	inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]
(xi; yi) - (xf; yf)	Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	Xc	α	(xi; yi)	(xf; yf)
5	40,80	0,00	(0,00; 79,20)	(100,00; 79,20)
6	27,98	0,00	(100,00; 27,98)	(0,00; 27,98)
7	40,80	0,00	(0,00; 79,20)	(100,00; 79,20)
8	27,98	0,00	(100,00; 27,98)	(0,00; 27,98)

### Risultati tensionali

#### Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
σ <sub>c-max</sub>	Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
σ <sub>c-min</sub>	Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
σ <sub>f-max</sub>	Tensione massima nel ferro espresso in [MPa]
σ <sub>f-min</sub>	Tensione minima nel ferro espresso in [MPa]
τ <sub>c</sub>	Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [MPa]

N°	σ <sub>c-max</sub>	σ <sub>c-min</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>f-max</sub>	σ <sub>f-min</sub>
5	5,119	0,000	0,000	60,597	-132,869
6	3,470	0,000	0,000	36,048	-155,156
7	3,053	0,000	0,000	36,142	-79,249
8	1,625	0,000	0,000	16,881	-72,657

### Sollecitazioni ultime

#### Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N <sub>u</sub>	Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]
M <sub>xu</sub>	Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]
M <sub>yu</sub>	Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]
FS	Fattore di sicurezza

#### Combinazione n° 1

N <sub>u</sub>	M <sub>xu</sub>	M <sub>yu</sub>	FS
0,0000	0,0000	<u>4198,8713</u>	2,39

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>182</b>

Combinazione n° 2

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	<b>FS</b>
0,0000	0,0000	<u>-2183,2582</u>	1,94

Combinazione n° 3

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	<b>FS</b>
0,0000	0,0000	<u>4198,8713</u>	15,38

Combinazione n° 4

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	<b>FS</b>
0,0000	0,0000	<u>-2183,2582</u>	2,43

**Risultati fessurazione**

*Simbologia adottata*

$N^\circ$	numero d'ordine della combinazione
$M_x$	Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]
$M_y$	Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]
$\sigma_f$	Tensione nell'acciaio, espressa in [MPa]
$\sigma_c$	Tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]
$A_{eff}$	Area efficace a trazione, espressa in [cm <sup>2</sup> ]
$\epsilon$	Deformazione media acciaio teso, espressa in [‰]
$S_{rm}$	Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]
$w$	Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

$N^\circ$	$M_x$	$M_y$	$\sigma_f$	$\sigma_c$	$A_{eff}$	$\epsilon$	$S_{rm}$	$w$
5	0,0000	772,9756	-77,675	-5,809	3035,00	0,0525	206	0,1835
6	0,0000	-708,8672	-131,452	-9,667	2810,00	0,0474	213	0,1713
7	0,0000	772,9756	-77,675	-5,809	3035,00	0,0196	206	0,0686
8	0,0000	-708,8672	-131,452	-9,667	2810,00	0,0000	0	0,0000

Inviluppo verifiche tensionali

*Simbologia adottata*

TC	Tipo combinazione
scc	tensione di compressione nel cls espresso in [MPa]
scl	tensione di compressione limite nel cls espresso in [MPa]
sct	tensione di trazione nel cls espresso in [MPa]
sctl	tensione di trazione limite nel cls espresso in [MPa]
sfc, sft	tensione minima e massima nell'armatura espressa in [MPa]
sf	tensione limite nell'armatura espressa in [MPa]
Comb.	Combinazione critica

**Sezione n° 1 - Solettone**

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLEQP	3,053	13,280	-5,927	3,099	-79,249	36,142	450,000	7
SLER	3,470	18,260	-11,410	3,099	-155,156	36,048	337,500	6

Inviluppo verifiche fessurazione

*Simbologia adottata*

TC	Tipo combinazione
sf	tensione nell'acciaio espresso in [MPa]
sc	tensione nel cls espresso in [MPa]
$A_{eff}$	Area efficace a trazione espresso in [cm <sup>2</sup> ]
Eps	Deformazione espressa in [‰]
sr	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w, wl	ampiezza fessure e fessura limite espresse in [mm]
Comb.	Combinazione critica

**Sezione n° 1 - Solettone**

TC	sf	sc	$A_{eff}$	Esp	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-77,675	-5,809	297,637	0,0196	205,757	0,069	0,200	7
SLER	-77,675	-5,809	297,637	0,0525	205,757	0,183	0,200	5

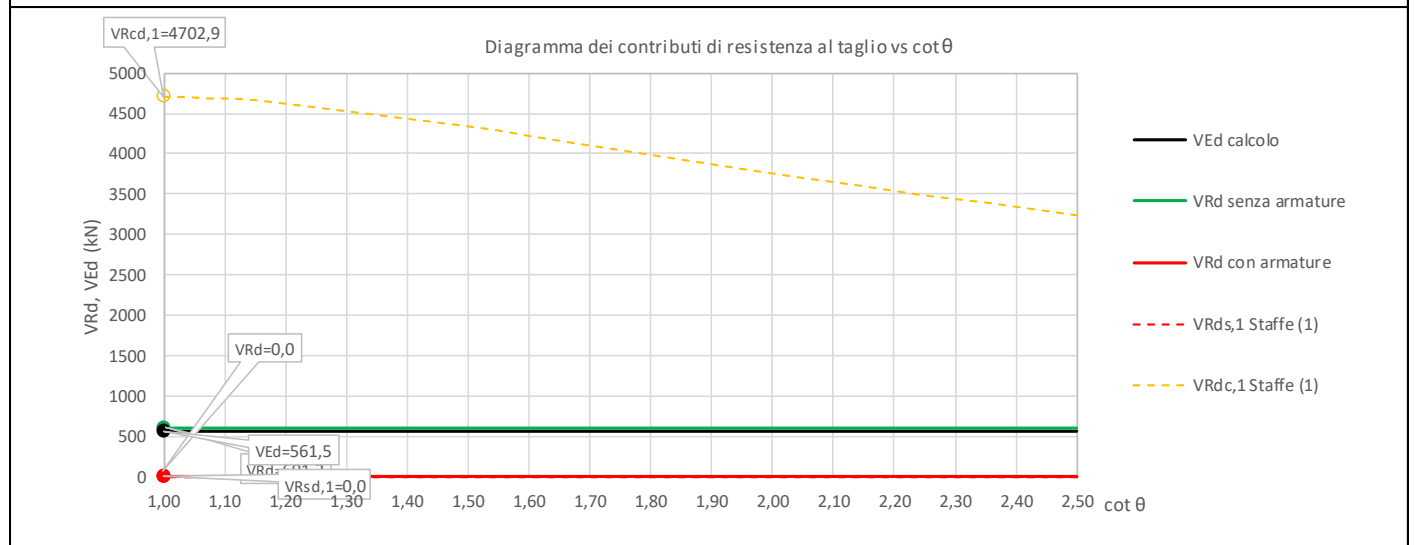
MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
		<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	183

### 13.2.1.2 Verifica a taglio SLU, SLV

Secondo le sollecitazioni associate alle combinazioni di carico allo SLU riportate nel capitolo precedente, si riporta la relativa verifica di resistenza a taglio.

Il valore dei tagli resistenti è stato, invece, ricavato attraverso un apposito foglio di calcolo realizzato in accordo con il D.M. 14/01/2008 p.to 4.1.2.1.3.2.

NOME: SOLETTONE SUPERIORE	CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)									Rev. 10.1
DATI SEZIONE			AZIONI CALCOLO			CALCESTRUZZO				
$b_w$	$d$	$\theta$ cotg $\theta$	$N_{Ed}$	$V_{Ed}$	$M_{Ed}$	$f_{ck}$	$f_{cd}$	$\gamma_c$		
(m)	(m)	(°)	(kN)	(kN)	(kNm)	(MPa)	(MPa)			
1,00	1,11	45,00 1,00	0,0	561,5	104,4	33,20	18,81	1,50		
$1,00 \leq \cotg \theta \leq 2,50$										
VERIFICA ARMATURE LONGITUDINALI (§4.1.2.1.3.1)										
	$f_{yd}$	$n$	$\varnothing$	$A_{sl,\varnothing}$	$A_{sl}$					
	(MPa)		(mm)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )					
Barre B450C	391,3	20	26	5,31	106,19					
VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1)										
	$A_{sl}$	$k_1$	$k$	$\rho_l$ (%)	$v_{min}$	$\sigma_{cp}$	$\alpha_c$	$V_{Rd}$	$V_{Ed}/V_{Rd}$	
	(cm <sup>2</sup> )			(%)	(MPa)	(MPa)		(kN)		
	106,19	0,15	1,42	0,96%	0,34	0,00	1,00	601,2	93,4%	VERIFICA OK



Non si è reso necessario l'inserimento di armatura trasversale per questa sezione.

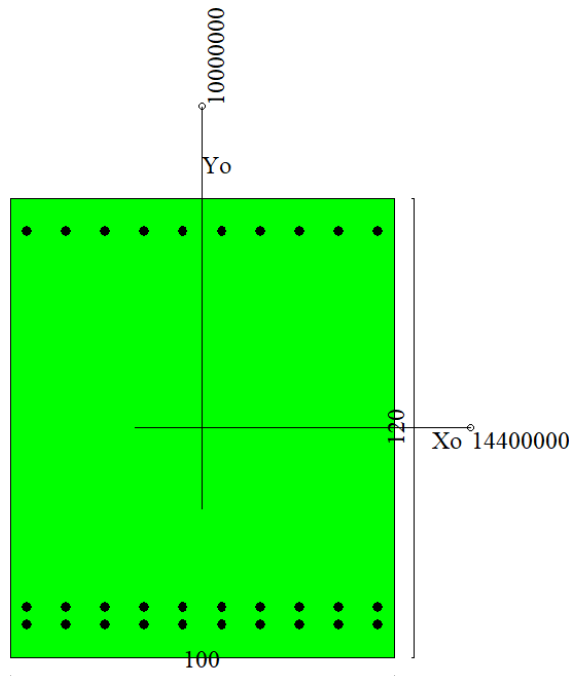
MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	184

### 13.2.2 Muri laterali

Nel seguente paragrafo vengono riportate le sollecitazioni per il muro laterale per le combinazioni di carico allo SLU e le relative verifiche di resistenza a pressoflessione e taglio.

#### 13.2.2.1 Verifica a pressoflessione SLU, SLV, SLE

La sezione è armata con un quantitativo di armatura longitudinale nel lato teso di  $\Phi 26/10$  e nel lato compresso di  $\Phi 22/10$  come rappresentato nella figura seguente per un totale di 30 ferri. I domini di resistenza M-N e i coefficienti di sicurezza a pressoflessione sono ottenuti attraverso il software SAX 10.0 distribuito da Aztec.



### Dati

<b>Nome sezione:</b>	Muro laterale
Tipo sezione	Rettangolare
Base	100,0 [cm]
Altezza	120,0 [cm]

### Caratteristiche geometriche

Area sezione	12000,00 [cmq]	
Inerzia in direzione X	10000000,0	[cm <sup>4</sup> ]
Inerzia in direzione Y	14400000,0	[cm <sup>4</sup> ]
Inerzia in direzione XY	0,0	[cm <sup>4</sup> ]
Ascissa baricentro sezione	$X_G = 50,00$	[cm]
Ordinata baricentro sezione	$Y_G = 60,00$	[cm]

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	185

## Elenco ferri

### Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

N°	numero d'ordine
X	Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
Y	Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
d	Diametro ferro espresso in [mm]
ω	Area del ferro espresso in [cm <sup>2</sup> ]

N°	X	Y	d	ω
1	95,80	111,60	26	5,31
2	85,62	111,60	26	5,31
3	75,44	111,60	26	5,31
4	65,27	111,60	26	5,31
5	55,09	111,60	26	5,31
6	44,91	111,60	26	5,31
7	34,73	111,60	26	5,31
8	24,56	111,60	26	5,31
9	14,38	111,60	26	5,31
10	4,20	111,60	26	5,31
11	4,30	8,50	22	3,80
12	14,46	8,50	22	3,80
13	24,61	8,50	22	3,80
14	34,77	8,50	22	3,80
15	44,92	8,50	22	3,80
16	55,08	8,50	22	3,80
17	65,23	8,50	22	3,80
18	75,39	8,50	22	3,80
19	85,54	8,50	22	3,80
20	95,70	8,50	22	3,80

**Materiale impiegato** : Calcestruzzo armato

### Caratteristiche calcestruzzo

Resistenza caratteristica calcestruzzo	40,000	[MPa]
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15,00	
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso	1,00	
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO		

### Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

Tensione ammissibile acciaio	450,000	[MPa]
Tensione snervamento acciaio	450,000	[MPa]
Modulo elastico E	210000,000	[MPa]
Fattore di incrudimento acciaio	1,00	

## Combinazioni

### Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N	sforzio normale espresso in [kN]
M <sub>Y</sub>	momento lungo Y espresso in [kNm]
M <sub>X</sub>	momento lungo X espresso in [kNm]
M <sub>t</sub>	momento torcente espresso in [kNm]
T <sub>Y</sub>	taglio lungo Y espresso in [kN]
T <sub>X</sub>	taglio lungo X espresso in [kN]
VD	verifica di dominio
VT	verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLER - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M <sub>Y</sub>	M <sub>X</sub>	M <sub>t</sub>	T <sub>Y</sub>	T <sub>X</sub>	VD	VT
1	929,2300	447,6200	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
2	670,0300	-1341,1600	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	186

3	625,7300	-131,0600	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
4	407,4500	-1020,3800	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
5	664,1700	332,1400	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
6	472,1700	-995,1800	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
7	515,1200	48,0300	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
8	323,1200	-517,9100	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP

## Risultati analisi

### Caratteristiche asse neutro

#### Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
Xc	posizione asse neutro espresso in [cm]
$\alpha$	inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]
(xi; yi) - (xf; yf)	Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	Xc	$\alpha$	(xi; yi)	(xf; yf)
5	66,43	0,00	(0,00; 53,57)	(100,00; 53,57)
6	38,94	0,00	(100,00; 38,94)	(0,00; 38,94)
7	218,75	0,00	(0,00; -98,75)	(100,00; -98,75)
8	41,44	0,00	(100,00; 41,44)	(0,00; 41,44)

### Risultati tensionali

#### Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
$\sigma_{c-max}$	Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
$\sigma_{c-min}$	Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [MPa]
$\sigma_{f-max}$	Tensione massima nel ferro espresso in [MPa]
$\sigma_{f-min}$	Tensione minima nel ferro espresso in [MPa]
$\tau_c$	Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [MPa]

N°	$\sigma_{c-max}$	$\sigma_{c-min}$	$\tau_c$	$\sigma_{f-max}$	$\sigma_{f-min}$
5	1,829	0,000	0,000	23,971	-18,614
6	5,205	0,000	0,000	61,040	-145,680
7	0,528	0,000	0,000	7,618	3,884
8	2,746	0,000	0,000	32,739	-69,736

### Sollecitazioni ultime

#### Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N <sub>u</sub>	Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]
M <sub>Xu</sub>	Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]
M <sub>Yu</sub>	Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]
FS	Fattore di sicurezza

#### Combinazione n° 1

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
<u>10602,8098</u>	0,0000	<u>5107,4865</u>	11,41
<u>25868,4279</u>	0,0000	447,6200	27,84
929,2300	0,0000	<u>2061,1198</u>	4,60

#### Combinazione n° 2

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
<u>1458,1495</u>	0,0000	<u>-2918,6928</u>	2,18
<u>22667,9910</u>	0,0000	-1341,1600	33,83
670,0300	0,0000	<u>-2531,6061</u>	1,89

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>187</b>

Combinazione n° 3

<b>N<sub>u</sub></b>	<b>M<sub>Xu</sub></b>	<b>M<sub>Yu</sub></b>	<b>FS</b>
<u>17032,3086</u>	0,0000	<u>-3567,4402</u>	27,22
<u>25283,2797</u>	0,0000	-131,0600	40,41
625,7300	0,0000	<u>-2509,4303</u>	19,15

Combinazione n° 4

<b>N<sub>u</sub></b>	<b>M<sub>Xu</sub></b>	<b>M<sub>Yu</sub></b>	<b>FS</b>
<u>1094,9571</u>	0,0000	<u>-2742,1092</u>	2,69
<u>23387,8733</u>	0,0000	-1020,3800	57,40
407,4500	0,0000	<u>-2399,5580</u>	2,35

**Risultati fessurazione**

*Simbologia adottata*

N°	numero d'ordine della combinazione
M <sub>x</sub>	Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]
M <sub>y</sub>	Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]
σ <sub>f</sub>	Tensione nell'acciaio, espressa in [MPa]
σ <sub>c</sub>	Tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]
A <sub>eff</sub>	Area efficace a trazione, espressa in [cmq]
ε	Deformazione media acciaio teso, espressa in [‰]
S <sub>rm</sub>	Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]
w	Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

<b>N°</b>	<b>M<sub>x</sub></b>	<b>M<sub>y</sub></b>	<b>σ<sub>f</sub></b>	<b>σ<sub>c</sub></b>	<b>A<sub>eff</sub></b>	<b>ε</b>	<b>S<sub>rm</sub></b>	<b>w</b>
5	0,0000	801,2229	-126,903	-9,447	2500,00	0,0000	0	0,0000
6	0,0000	-771,0701	-104,513	-7,799	2790,00	0,0515	209	0,1828
7	0,0000	766,9040	-134,850	-10,001	2500,00	0,0000	0	0,0000
8	0,0000	-738,3758	-110,262	-8,194	2790,00	0,0000	0	0,0000

Inviluppo verifiche tensionali

*Simbologia adottata*

TC	Tipo combinazione
scc	tensione di compressione nel cls espresso in [MPa]
scl	tensione di compressione limite nel cls espresso in [MPa]
sct	tensione di trazione nel cls espresso in [MPa]
sctl	tensione di trazione limite nel cls espresso in [MPa]
sfc, sft	tensione minima e massima nell'armatura espressa in [MPa]
sf	tensione limite nell'armatura espressa in [MPa]
Comb.	Combinazione critica

**Sezione n° 2 - Muro laterale**

<b>TC</b>	<b>scc</b>	<b>scl</b>	<b>sct</b>	<b>sctl</b>	<b>sfc</b>	<b>sft</b>	<b>sfl</b>	<b>Comb.</b>
SLEQP	2,746	13,280	-5,206	3,099	-69,736	32,739	450,000	8
SLER	5,205	18,260	-10,835	3,099	-145,680	61,040	337,500	6

Inviluppo verifiche fessurazione

*Simbologia adottata*

TC	Tipo combinazione
sf	tensione nell'acciaio espresso in [MPa]
sc	tensione nel cls espresso in [MPa]
A <sub>eff</sub>	Area efficace a trazione espresso in [cmq]
Eps	Deformazione espressa in [‰]
sr	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w, wl	ampiezza fessure e fessura limite espresse in [mm]
Comb.	Combinazione critica

**Sezione n° 2 - Muro laterale**

<b>TC</b>	<b>sf</b>	<b>sc</b>	<b>A<sub>eff</sub></b>	<b>Eps</b>	<b>sr</b>	<b>w</b>	<b>wl</b>	<b>Comb.</b>
SLEQP	-134,850	-10,001	245,170	0,0000	0,000	0,000	0,200	7
SLER	-104,513	-7,799	273,610	0,0515	208,670	0,183	0,200	6



**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

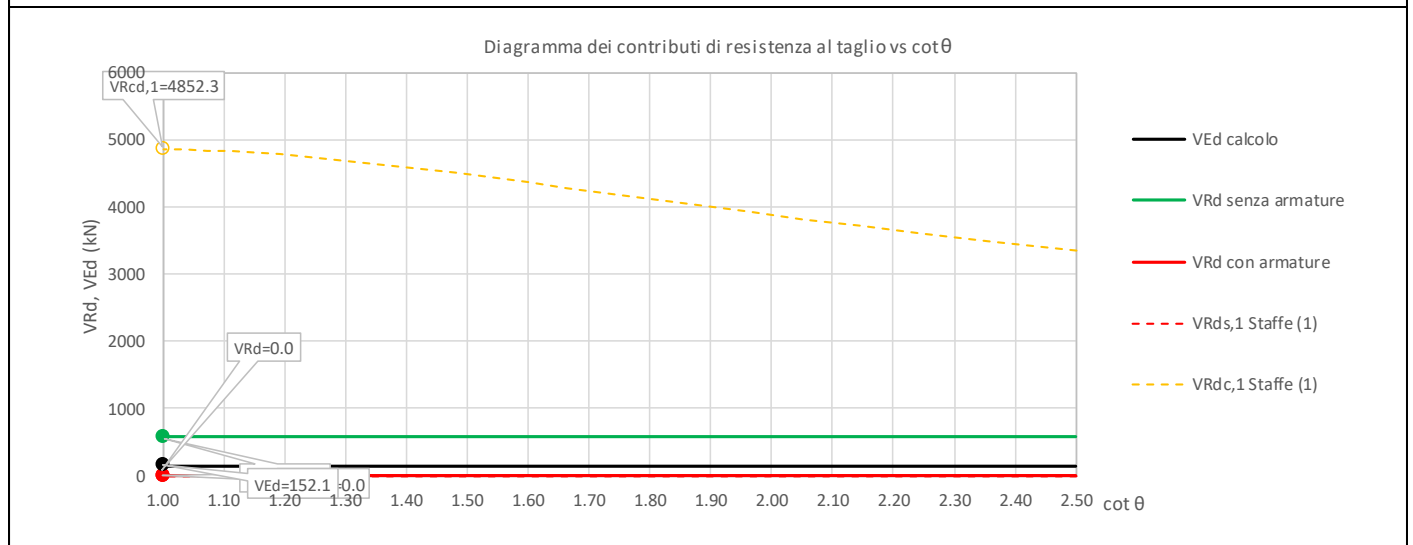
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	188

### 13.2.2.2 Verifica a taglio SLU, SLV

Secondo le sollecitazioni associate alle combinazioni di carico allo SLU riportate nel capitolo precedente, si riporta la relativa verifica di resistenza a taglio.

Il valore dei tagli resistenti è stato, invece, ricavato attraverso un apposito foglio di calcolo realizzato in accordo con il D.M. 14/01/2008 p.to 4.1.2.1.3.2.

NOME: MURI LATERALI				CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)							Rev. 10.1
DATI SEZIONE				AZIONI CALCOLO			CALCESTRUZZO				
$b_w$	$d$	$\theta$	$\cotg \theta$	$N_{Ed}$	$V_{Ed}$	$M_{Ed}$	$f_{ck}$	$f_{cd}$	$\gamma_c$		
(m)	(m)	(°)		(kN)	(kN)	(kNm)	(MPa)	(MPa)			
1.00	1.11	45.00	1.00	-664.0	152.1	131.1	33.20	18.81	1.50		
				$1,00 \leq \cotg \theta \leq 2,50$							
VERIFICA ARMATURE LONGITUDINALI (§4.1.2.1.3.1)											
	$f_{yd}$	$n$	$\emptyset$	$A_{sl,\emptyset}$	$A_{sl}$						
	(MPa)		(mm)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )						
Barre B450C	391.3	10	26	5.31	53.09						
VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1)											
	$A_{sl}$	$k_1$	$k$	$\rho_l$ (%)	$v_{min}$	$\sigma_{cp}$	$\alpha_c$	$V_{Rd}$	$V_{Ed}/V_{Rd}$		
	(cm <sup>2</sup> )			(%)	(MPa)	(MPa)		(kN)			
	53.09	0.15	1.42	0.48%	0.34	0.60	1.03	576.7	26.4%	VERIFICA OK	



Non si è reso necessario l'inserimento di armatura trasversale per questa sezione.

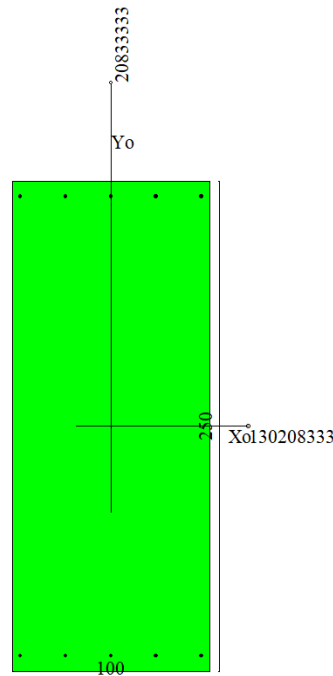
MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	189

### 13.2.3 Plinto fondazione

Nel seguente paragrafo vengono riportate le sollecitazioni per il plinto di fondazione per le combinazioni di carico allo SLU e le relative verifiche di resistenza a pressoflessione e taglio.

#### 13.2.3.1 Verifica a pressoflessione SLU, SLV, SLE

La sezione è armata con un quantitativo di armatura longitudinale nel lato teso di  $\Phi 20/20$  e nel lato compresso di  $\Phi 20/20$  come rappresentato nella figura seguente per un totale di 10 ferri. I domini di resistenza M-N e i coefficienti di sicurezza a pressoflessione sono ottenuti attraverso il software SAX 10.0 distribuito da Aztec.



### Dati

<b>Nome sezione:</b>	Fondazione
Tipo sezione	Rettangolare
Base	100,0 [cm]
Altezza	250,0 [cm]

### Caratteristiche geometriche

Area sezione	25000,00 [cmq]	
Inerzia in direzione X	20833333,3	[cm^4]
Inerzia in direzione Y	130208333,3	[cm^4]
Inerzia in direzione XY	0,0	[cm^4]
Ascissa baricentro sezione	$X_G = 50,00$	[cm]
Ordinata baricentro sezione	$Y_G = 125,00$	[cm]

### Elenco ferri

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>190</b>

### Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

N°	numero d'ordine
X	Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
Y	Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
d	Diametro ferro espresso in [mm]
ω	Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	ω
1	4,00	8,00	20	3,14
2	27,00	8,00	20	3,14
3	50,00	8,00	20	3,14
4	73,00	8,00	20	3,14
5	96,00	8,00	20	3,14
6	96,00	242,00	20	3,14
7	73,00	242,00	20	3,14
8	50,00	242,00	20	3,14
9	27,00	242,00	20	3,14
10	4,00	242,00	20	3,14

**Materiale impiegato** : Calcestruzzo armato

### Caratteristiche calcestruzzo

Resistenza caratteristica calcestruzzo	40,000	[MPa]
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15,00	
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso	1,00	
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO		

### Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

Tensione ammissibile acciaio	450,000	[MPa]
Tensione snervamento acciaio	450,000	[MPa]
Modulo elastico E	210000,000	[MPa]
Fattore di incrudimento acciaio	1,00	

### Combinazioni

#### Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N	sforzo normale espresso in [kN]
M <sub>y</sub>	momento lungo Y espresso in [kNm]
M <sub>x</sub>	momento lungo X espresso in [kNm]
M <sub>t</sub>	momento torcente espresso in [kNm]
T <sub>y</sub>	taglio lungo Y espresso in [kN]
T <sub>x</sub>	taglio lungo X espresso in [kN]
VD	verifica di dominio
VT	verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLER - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>t</sub>	T <sub>y</sub>	T <sub>x</sub>	VD	VT
1	0,0000	405,8200	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
2	0,0000	-142,8900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
3	0,0000	558,9400	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
4	0,0000	-198,5000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
5	0,0000	336,3700	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
6	0,0000	-118,0600	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
7	0,0000	228,6900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
8	0,0000	-82,0800	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	191

## Risultati analisi

### Caratteristiche asse neutro

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
 Xc posizione asse neutro espresso in [cm]  
 $\alpha$  inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]  
 (xi; yi) - (xf; yf) Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	Xc	$\alpha$	(xi; yi)	(xf; yf)
5	29,93	0,00	(0,00; 220,07)	(100,00; 220,07)
6	29,93	0,00	(100,00; 29,93)	(0,00; 29,93)
7	29,93	0,00	(0,00; 220,07)	(100,00; 220,07)
8	29,93	0,00	(100,00; 29,93)	(0,00; 29,93)

### Risultati tensionali

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
 $\sigma_{c-max}$  Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [MPa]  
 $\sigma_{c-min}$  Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [MPa]  
 $\sigma_{f-max}$  Tensione massima nel ferro espresso in [MPa]  
 $\sigma_{f-min}$  Tensione minima nel ferro espresso in [MPa]  
 $\tau_c$  Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [MPa]

N°	$\sigma_{c-max}$	$\sigma_{c-min}$	$\tau_c$	$\sigma_{f-max}$	$\sigma_{f-min}$
5	0,868	0,000	0,000	9,537	-92,211
6	0,305	0,000	0,000	3,347	-32,365
7	0,590	0,000	0,000	6,484	-62,692
8	0,212	0,000	0,000	2,327	-22,501

### Sollecitazioni ultime

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
 $N_u$  Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]  
 $M_{Xu}$  Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]  
 $M_{Yu}$  Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]  
 FS Fattore di sicurezza

#### Combinazione n° 1

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
0,0000	0,0000	<u>1459,5850</u>	3,60

#### Combinazione n° 2

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
0,0000	0,0000	<u>-1459,5850</u>	10,21

#### Combinazione n° 3

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
0,0000	0,0000	<u>1459,5850</u>	2,61

#### Combinazione n° 4

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
0,0000	0,0000	<u>-1459,5850</u>	7,35

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	192

**Risultati fessurazione**

*Simbologia adottata*

N°	numero d'ordine della combinazione
M <sub>x</sub>	Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]
M <sub>y</sub>	Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]
σ <sub>t</sub>	Tensione nell'acciaio, espressa in [MPa]
σ <sub>c</sub>	Tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]
A <sub>eff</sub>	Area efficace a trazione, espressa in [cmq]
ε	Deformazione media acciaio teso, espressa in [‰]
S <sub>rm</sub>	Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]
w	Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

N°	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	σ <sub>t</sub>	σ <sub>c</sub>	A <sub>eff</sub>	ε	S <sub>rm</sub>	w
5	0,0000	2394,0718	-656,304	-45,404	2300,00	0,0000	0	0,0000
6	0,0000	-2394,0718	-656,304	-45,404	2300,00	0,0000	0	0,0000
7	0,0000	2394,0718	-656,304	-45,404	2300,00	0,0000	0	0,0000
8	0,0000	-2394,0718	-656,304	-45,404	2300,00	0,0000	0	0,0000

**Inviluppo verifiche tensionali**

*Simbologia adottata*

TC	Tipo combinazione
scc	tensione di compressione nel cls espresso in [MPa]
scl	tensione di compressione limite nel cls espresso in [MPa]
sct	tensione di trazione nel cls espresso in [MPa]
sctl	tensione di trazione limite nel cls espresso in [MPa]
sfc, sft	tensione minima e massima nell'armatura espressa in [MPa]
sf	tensione limite nell'armatura espressa in [MPa]
Comb.	Combinazione critica

**Sezione n° 4 - Fondazione**

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLEQP	0,590	13,280	-4,337	3,099	-62,692	6,484	450,000	7
SLER	0,868	18,260	-6,379	3,099	-92,211	9,537	337,500	5

**Inviluppo verifiche fessurazione**

*Simbologia adottata*

TC	Tipo combinazione
sf	tensione nell'acciaio espresso in [MPa]
sc	tensione nel cls espresso in [MPa]
A <sub>eff</sub>	Area efficace a trazione espresso in [cmq]
Eps	Deformazione espressa in [‰]
sr	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w, wl	ampiezza fessure e fessura limite espresse in [mm]
Comb.	Combinazione critica

**Sezione n° 4 - Fondazione**

TC	sf	sc	A <sub>eff</sub>	Eps	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-656,304	-45,404	225,557	0,0000	0,000	0,000	0,200	7
SLER	-656,304	-45,404	225,557	0,0000	0,000	0,000	0,200	5

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	193

## 14. ANALISI MURO POSTERIORE SPALLA

Di seguito si riportano le analisi e le verifiche del muro posteriore a chiusura dello scatolare dietro alla spalla denominata S01.

Il muro in c.a. presenta un'altezza pari a 6.40m e uno spessore pari a 1.20m. Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di riferimento.

### 14.1 ANALISI CARICHI MURO POSTERIORE SPALLA

#### 14.1.1 Azioni permanenti strutturali ( $G_1$ )

Si riporta a seguire l'analisi dei carichi agenti sul muro posteriore a chiusura della struttura scatolare dietro alla spalla in termini di pesi propri strutturali. Si considera uno spessore pari a 1.20m

$$g_1 = (1,20 \text{ m} * 1.00 \text{ m}) * 25 \text{ kN/m}^3 = 30,00 \text{ kN/m} \quad \text{Peso muro posteriore}$$

#### 14.1.2 Azioni permanenti non strutturali ( $G_2$ )

##### 14.1.2.1 Ballast ( $G_{2,1}$ )

Si applicano le pressioni verticali derivanti dal peso del cassonetto di ballast a tergo della spalla, di larghezza circa 9.00 m, spessore 0.80 m e peso specifico  $20 \text{ kN/m}^3$ . Si considera una spinta a riposo con un coefficiente  $k_0$  pari a 0.03843.

Si valuta come carico permanente associato una pressione uniforme mediata sulla larghezza del muro di 12.50 m, come di seguito esposto:

$$G_2 = (0.80 * 20 * 8.2) / (12.50) = 10.50 \text{ kPa}$$

$$G_{2h} = 10.50 * 0.3843 = 4.03 \text{ kN/m}$$

Si ha pertanto una spinta a riposo distribuita sull'altezza del muro. Di seguito si riportano le azioni associate inserite nel modello FEM:

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	194

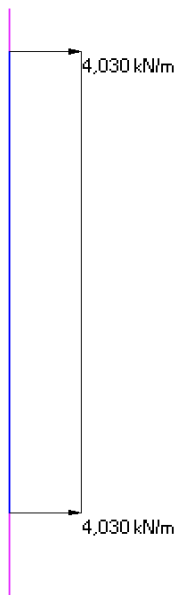


Figura 68. Azione associate alla presenza del cassonetto di ballast dietro alla spalla.

### 14.1.3 Azioni variabili orizzontali (Q)

#### 14.1.3.1 Azioni da traffico ferroviario (Q<sub>1</sub>)

Sopra il profilo di monte della spalla si applicano le pressioni verticali derivanti dal transito ferroviario esterno. Come da normativa, si ipotizza come larghezza totale transitabile il tratto di profilo dove i carichi possono interagire con l'opera di sostegno, ovvero al di sopra della fondazione e all'interno del cuneo di spinta del terreno sulla parete.

Considerando caricati entrambi i binari, si valuta come carico accidentale associato una pressione uniforme media, come di seguito esposto:

$$q = \frac{1}{L_T \cdot L_L} \cdot \sum_1^n Q_i$$

pressione uniforme media sull'area caricata  $L_T \cdot L_L$

$$L_L = 6.40 \text{ m}$$

lunghezza longitudinale interessata dai carichi

(lunghezza fondazione di monte spalla, comprensiva del cuneo di spinta del terreno)

$$L_T = 12.50 \text{ m}$$

larghezza trasversale transitabile (larghezza muro posteriore)

Spalla S2

$$q = 1/(6.40 \cdot 12.50) \cdot (4 \cdot 250) \cdot 2 = 25.00 \text{ kPa}$$

L'azione da traffico ferroviaria applicata all'elemento si valuta come di seguito esposto:

$$S_q = q \cdot k_0 \cdot L_T$$

pressione uniforme media sull'area caricata  $L_T \cdot L_L$

$$k_0 = 1 - \sin(38^\circ) \cdot 1^{0.5} = 0.03843$$

coefficiente di spinta a riposo

$$S_q = 25.00 \cdot 0.03843 = 9.61 \text{ kN/m}$$

Si ha pertanto una spinta a riposo distribuita sull'altezza del muro.

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 03 04</b>			PROGR <b>001</b>

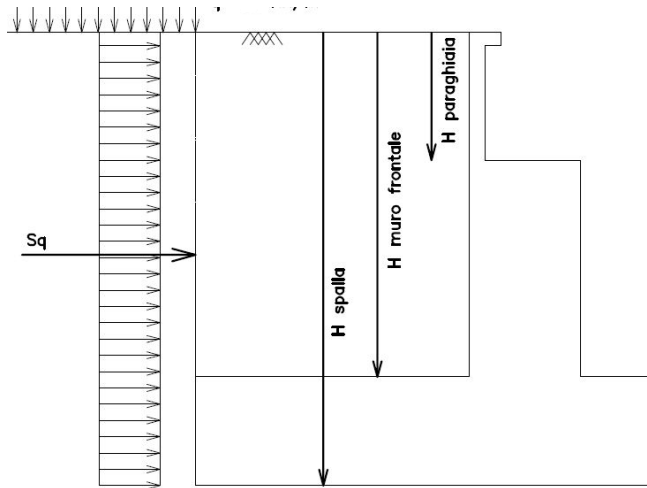


Figura 69: Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

Nel seguito si riporta il valore dell'azione sul muro posteriore:

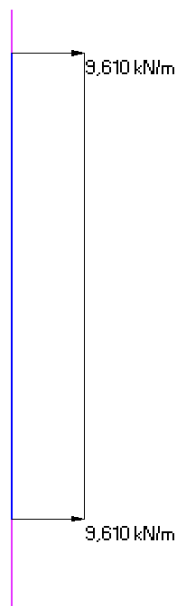


Figura 70. Azioni associate al sovraccarico longitudinale da traffico.



MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 03 04</b>			PROGR <b>001</b>

## 14.2 DESCRIZIONE DEL MODELLO FEM

Per la determinazione delle sollecitazioni che interessano la struttura è stato realizzato un modello agli elementi finiti. Il muro è stato trattato come una trave a semplice appoggio. L'analisi è stato fatto considerando 1m di larghezza. Si riporta di seguito una descrizione del modello FEM.

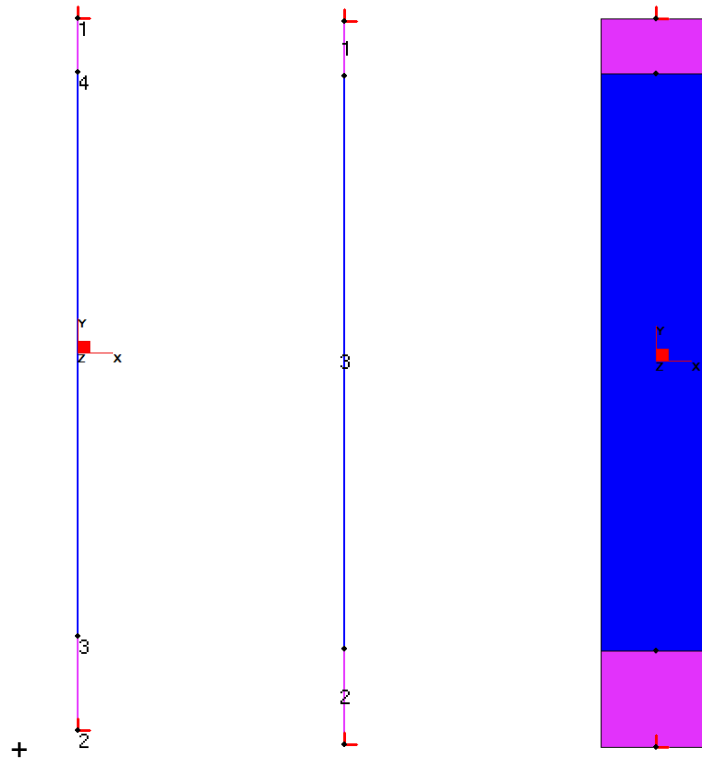


Figura 71 - Modello agli EF per il muro posteriore- Numerazione nodi - Numerazione elementi e indicazione zone nodali (viole)

Nel modello sono state implementate le seguenti condizioni di vincolo:

- appoggi in corrispondenza all'asse del solettone superiore e all'asse plinto di fondazione.

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	197

### 14.2.1 Risultati del modello FEM

Nel seguito si riportano i valori delle sollecitazioni sulla struttura associate agli involuipi SLU, SLV, SLE rara e SLE quasi permanente.

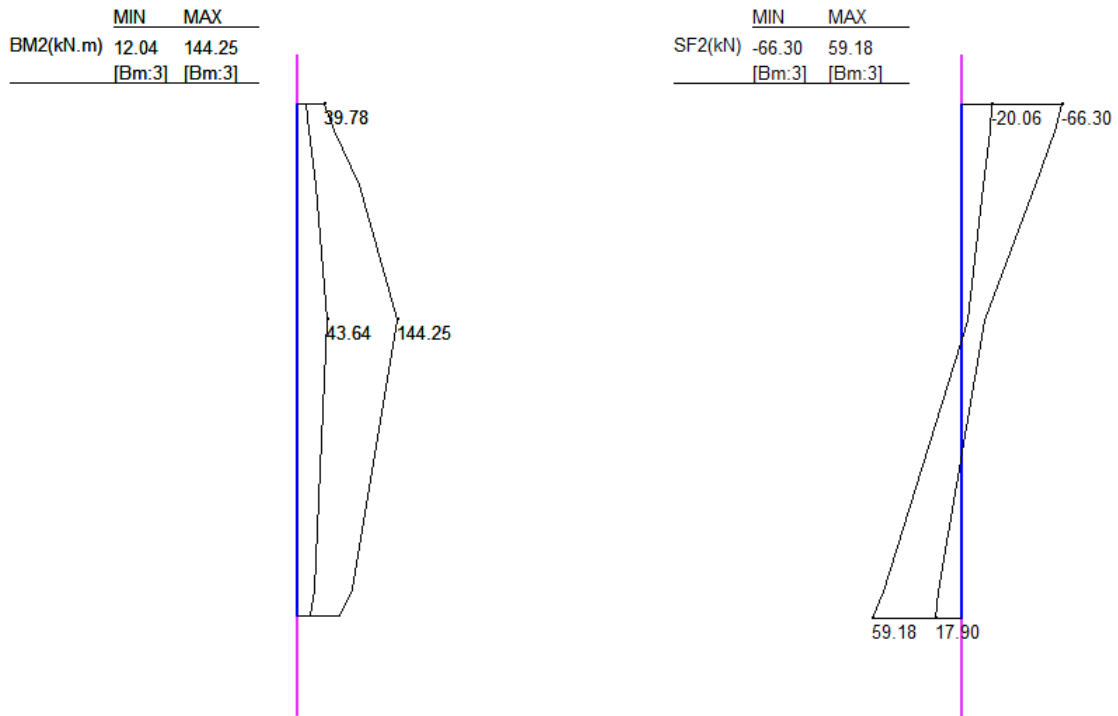


Figura 72 - ENV SLU – Momento flettente (kNm) – Taglio (kN)

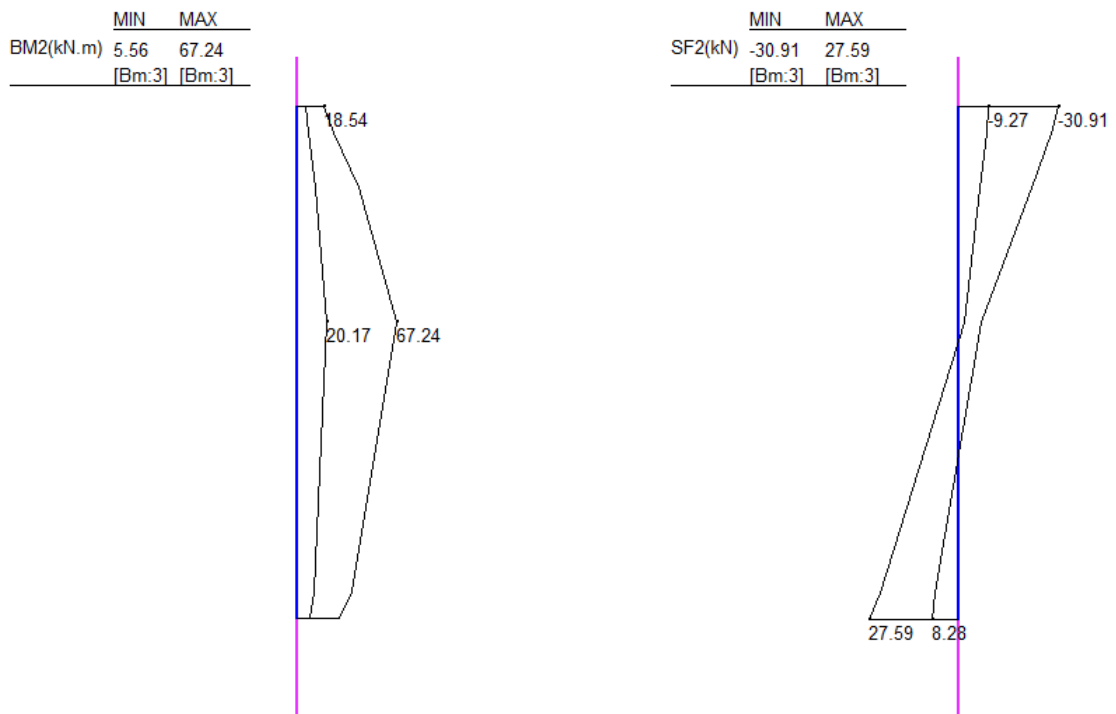
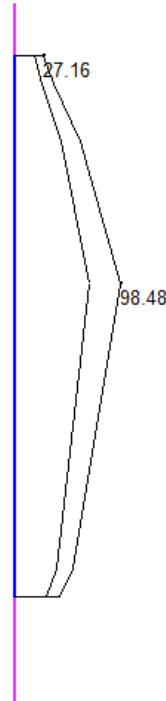


Figura 73 - ENV SLV – Momento flettente (kNm) - Taglio (kN)

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

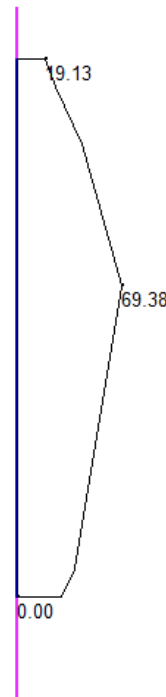
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	198

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	19.13	98.48
	[Bm:3]	[Bm:3]



*Figura 74 - ENV SLE RA - Momento flettente (kNm)*

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	0.00	69.38
	[Bm:3]	[Bm:3]



*Figura 75 - ENV SLE QP - Momento flettente (kNm)*

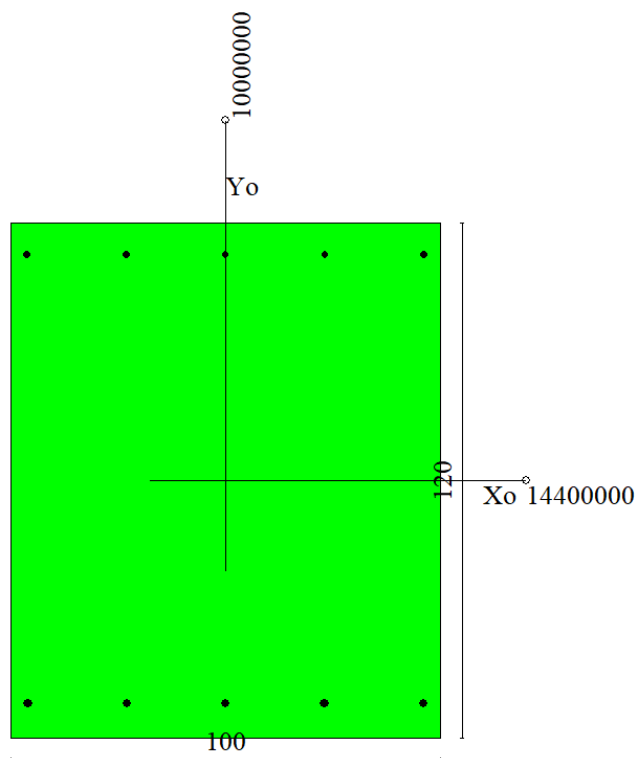
MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	199

### 14.3 VERIFICHE STRUTTURALI

Nel seguente paragrafo vengono riportate le sollecitazioni del muro posteriore per le combinazioni di carico allo SLU e le relative verifiche di resistenza a pressoflessione e taglio.

#### 14.3.1.1 Verifica a pressoflessione SLU, SLV, SLE

La sezione è armata con un quantitativo di armatura longitudinale nel lato teso di  $\Phi 20/20$  e nel lato compresso di  $\Phi 16/20$  come rappresentato nella figura seguente per un totale di 10 ferri. I domini di resistenza M-N e i coefficienti di sicurezza a pressoflessione sono ottenuti attraverso il software SAX 10.0 distribuito da Aztec.



#### Dati

**Nome sezione:** Muro posteriore

Tipo sezione: Rettangolare  
 Base: 100,0 [cm]  
 Altezza: 120,0 [cm]

#### Caratteristiche geometriche

Area sezione: 12000,00 [cmq]  
 Inerzia in direzione X: 10000000,0 [cm<sup>4</sup>]  
 Inerzia in direzione Y: 14400000,0 [cm<sup>4</sup>]  
 Inerzia in direzione XY: 0,0 [cm<sup>4</sup>]  
 Ascissa baricentro sezione:  $X_G = 50,00$  [cm]  
 Ordinata baricentro sezione:  $Y_G = 60,00$  [cm]

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	200

## Elenco ferri

### Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

N°	numero d'ordine
X	Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
Y	Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
d	Diametro ferro espresso in [mm]
ω	Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	ω
1	4,00	8,00	20	3,14
2	27,00	8,00	20	3,14
3	50,00	8,00	20	3,14
4	73,00	8,00	20	3,14
5	96,00	8,00	20	3,14
6	96,20	112,60	16	2,01
7	73,10	112,60	16	2,01
8	50,00	112,60	16	2,01
9	26,90	112,60	16	2,01
10	3,80	112,60	16	2,01

**Materiale impiegato** : Calcestruzzo armato

### Caratteristiche calcestruzzo

Resistenza caratteristica calcestruzzo	40,000	[MPa]
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15,00	
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso	1,00	
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO		

### Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

Tensione ammissibile acciaio	450,000	[MPa]
Tensione snervamento acciaio	450,000	[MPa]
Modulo elastico E	210000,000	[MPa]
Fattore di incrudimento acciaio	1,00	

## Combinazioni

### Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N	sforzo normale espresso in [kN]
M <sub>Y</sub>	momento lungo Y espresso in [kNm]
M <sub>X</sub>	momento lungo X espresso in [kNm]
M <sub>t</sub>	momento torcente espresso in [kNm]
T <sub>Y</sub>	taglio lungo Y espresso in [kN]
T <sub>X</sub>	taglio lungo X espresso in [kN]
VD	verifica di dominio
VT	verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLER - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M <sub>Y</sub>	M <sub>X</sub>	M <sub>t</sub>	T <sub>Y</sub>	T <sub>X</sub>	VD	VT
1	0,0000	154,7000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
2	0,0000	72,1200	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
3	0,0000	105,6100	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
4	0,0000	71,4100	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	201

## Risultati analisi

### Caratteristiche asse neutro

#### Simbologia adottata

$N^\circ$  numero d'ordine della combinazione  
 $X_c$  posizione asse neutro espresso in [cm]  
 $\alpha$  inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]  
 $(x_i; y_i) - (x_f; y_f)$  Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

$N^\circ$	$X_c$	$\alpha$	$(x_i; y_i)$	$(x_f; y_f)$
3	19,91	0,00	(0,00; 100,09)	(100,00; 100,09)
4	19,91	0,00	(0,00; 100,09)	(100,00; 100,09)

### Risultati tensionali

#### Simbologia adottata

$N^\circ$  numero d'ordine della combinazione  
 $\sigma_{c-max}$  Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [MPa]  
 $\sigma_{c-min}$  Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [MPa]  
 $\sigma_{f-max}$  Tensione massima nel ferro espresso in [MPa]  
 $\sigma_{f-min}$  Tensione minima nel ferro espresso in [MPa]  
 $\tau_c$  Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [MPa]

$N^\circ$	$\sigma_{c-max}$	$\sigma_{c-min}$	$\tau_c$	$\sigma_{f-max}$	$\sigma_{f-min}$
3	0,920	0,000	0,000	8,671	-63,851
4	0,622	0,000	0,000	5,863	-43,174

### Sollecitazioni ultime

#### Simbologia adottata

$N^\circ$  numero d'ordine della combinazione  
 $N_u$  Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]  
 $M_{Xu}$  Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]  
 $M_{Yu}$  Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]  
 $FS$  Fattore di sicurezza

#### Combinazione n° 1

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	$FS$
0,0000	0,0000	<u>668,7910</u>	4,32

#### Combinazione n° 2

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	$FS$
0,0000	0,0000	<u>668,7910</u>	9,27

### Risultati fessurazione

#### Simbologia adottata

$N^\circ$  numero d'ordine della combinazione  
 $M_x$  Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]  
 $M_y$  Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]  
 $\sigma_f$  Tensione nell'acciaio, espressa in [MPa]  
 $\sigma_c$  Tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]  
 $A_{eff}$  Area efficace a trazione, espressa in [cm<sup>2</sup>]  
 $\epsilon$  Deformazione media acciaio teso, espressa in [°]  
 $S_{rm}$  Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]  
 $w$  Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

$N^\circ$	$M_x$	$M_y$	$\sigma_f$	$\sigma_c$	$A_{eff}$	$\epsilon$	$S_{rm}$	$w$
3	0,0000	567,2797	-342,971	-24,851	2300,00	0,0000	0	0,0000
4	0,0000	567,2797	-342,971	-24,851	2300,00	0,0000	0	0,0000

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	202

Inviluppo verifiche tensionali

*Simbologia adottata*

TC	Tipo combinazione
scc	tensione di compressione nel cls espresso in [MPa]
scl	tensione di compressione limite nel cls espresso in [MPa]
sct	tensione di trazione nel cls espresso in [MPa]
sctl	tensione di trazione limite nel cls espresso in [MPa]
sfc, sft	tensione minima e massima nell'armatura espressa in [MPa]
sf	tensione limite nell'armatura espressa in [MPa]
Comb.	Combinazione critica

**Sezione n° 3 - Muro posteriore**

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLEQP	0,622	13,280	-3,128	3,099	-43,174	5,863	450,000	4
SLER	0,920	18,260	-4,626	3,099	-63,851	8,671	337,500	3

Inviluppo verifiche fessurazione

*Simbologia adottata*

TC	Tipo combinazione
sf	tensione nell'acciaio espresso in [MPa]
sc	tensione nel cls espresso in [MPa]
Aeff	Area efficace a trazione espresso in [cmq]
Eps	Deformazione espressa in [%]
sr	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w, wl	ampiezza fessure e fessura limite espresse in [mm]
Comb.	Combinazione critica

**Sezione n° 3 - Muro posteriore**

TC	sf	sc	Aeff	Esp	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-342,971	-24,851	225,557	0,0000	0,000	0,000	0,200	4
SLER	-342,971	-24,851	225,557	0,0000	0,000	0,000	0,200	3

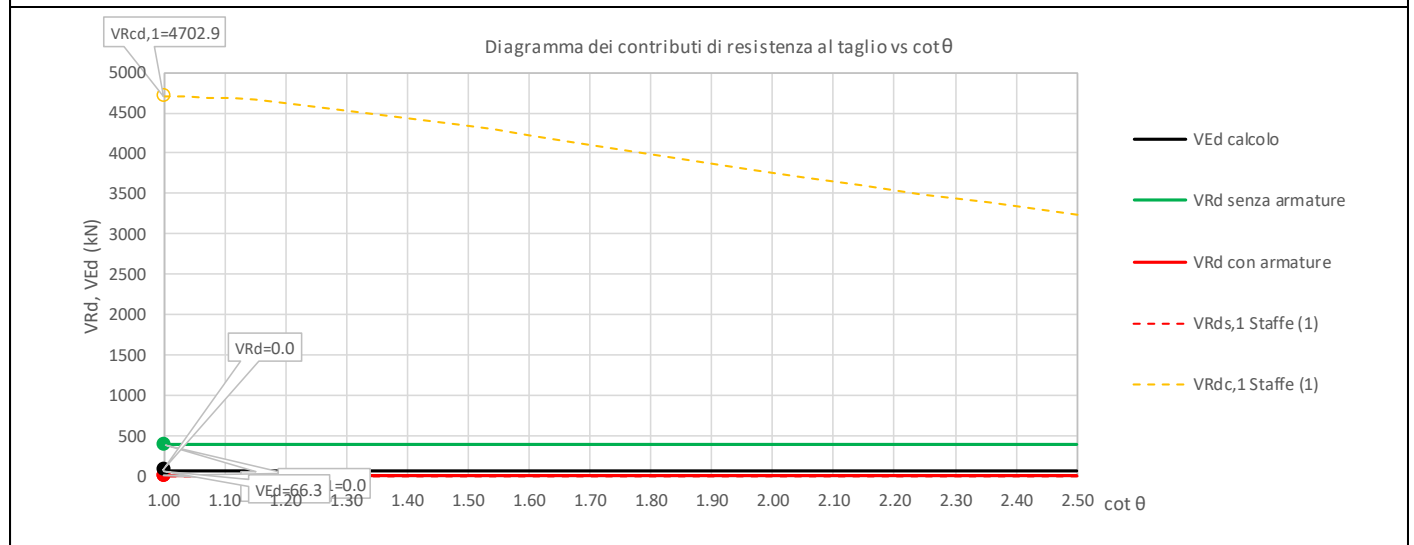
MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 03 04</b>			PROGR <b>001</b>

### 14.3.1.2 Verifica a taglio SLU, SLV

Secondo le sollecitazioni associate alle combinazioni di carico allo SLU riportate nel capitolo precedente, si riporta la relativa verifica di resistenza a taglio.

Il valore dei tagli resistenti è stato, invece, ricavato attraverso un apposito foglio di calcolo realizzato in accordo con il D.M. 14/01/2008 p.to 4.1.2.1.3.2.

NOME: MURO POSTERIORE	CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)									Rev. 10.1
DATI SEZIONE			AZIONI CALCOLO			CALCESTRUZZO				
$b_w$ (m)	$d$ (m)	$\theta$ cotg $\theta$ (°)	$N_{Ed}$ (kN)	$V_{Ed}$ (kN)	$M_{Ed}$ (kNm)	$f_{ck}$ (MPa)	$f_{cd}$ (MPa)	$\gamma_c$		
1.00	1.11	45.00 1.00	0.0	66.3	39.8	33.20	18.81	1.50		
$1,00 \leq \cotg \theta \leq 2,50$										
VERIFICA ARMATURE LONGITUDINALI (§4.1.2.1.3.1)										
	$f_{yd}$ (MPa)	$n$	$\varnothing$ (mm)	$A_{sl,\varnothing}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{sl}$ (cm <sup>2</sup> )					
Barre B450C	391.3	5	20	3.14	15.71					
VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1)										
	$A_{sl}$ (cm <sup>2</sup> )	$k_1$	$k$	$\rho_l$ (%) (%)	$v_{min}$ (MPa)	$\sigma_{cp}$ (MPa)	$\alpha_c$	$V_{Rd}$ (kN)	$V_{Ed}/V_{Rd}$	
	15.71	0.15	1.42	0.14%	0.34	0.00	1.00	380.8	17.4% VERIFICA OK	



Non si è reso necessario l'inserimento di armatura trasversale per questa sezione.



**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	204

## 15. ANALISI CARICHI MURI SCATOLARI ESTERNI

### 15.1 AZIONI PERMANENTI STRUTTURALI (G<sub>1</sub>) E NON STRUTTURALI (G<sub>2</sub>)

Si riporta a seguire l'analisi dei carichi agenti sul solettone superiore in termini di pesi propri strutturali e non strutturali e carichi accidentali.

Si considera uno spessore costante sia per il solettone che per i muri laterali pari a 0.90m

$g_{1,s} = (0,90 \text{ m} * 1,00 \text{ m}) * 25 \text{ kN/m}^3 = 22,50 \text{ kN/m}$	Peso solettone
$g_{1,ml} = (0,90 \text{ m} * 1,00 \text{ m}) * 25 \text{ kN/m}^3 = 22,50 \text{ kN/m}$	Peso muro laterale
$g_{2,c} = (0,21 \text{ m} * 1,00 \text{ m}) * 25 \text{ kN/m}^3 = 5,25 \text{ kN/m}$	Cordolo
$g_{2,m} = (0,05 \text{ m} * 1,00 \text{ m}) * 25 \text{ kN/m}^3 = 1,25 \text{ kN/m}$	Massetto
$g_{2,b} = (0,80 \text{ m} * 1,00 \text{ m}) * 20 \text{ kN/m}^3 = 16,00 \text{ kN/m}$	Ballast
$g_{2,v} = (0,26 \text{ m} * 1,00 \text{ m}) * 25 \text{ kN/m}^3 = 6,50 \text{ kN/m}$	Velette
$g_{2,pb+ffpp} = (0,50 \text{ m} * 1,00 \text{ m}) * 25 \text{ kN/m}^3 = 12,50 \text{ kN/m}$	Muretti paraballast + FFPP
$g_{2,par} = 1,50 \text{ kN/m}$	Parapetto
$g_{2,barr} = (5,00 \text{ m} * 1,00 \text{ m}) * 4 \text{ kN/m}^2 = 20,00 \text{ kN/m}$	Barriera antirumore

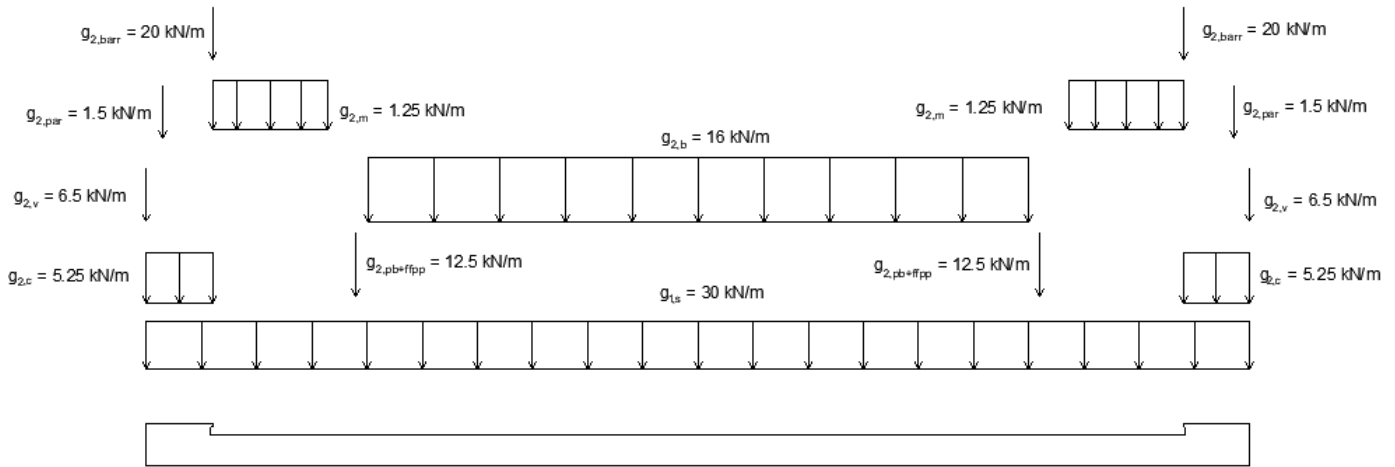


Figura 76 – Schema carichi permanenti.

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; S.R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	205


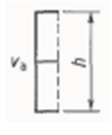
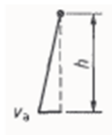

## 15.2 SPINTA DEL TERRENO (G<sub>3</sub>)

I valori delle spinte vengono computate automaticamente dai software secondo le metodologie seguenti, per ulteriori approfondimenti si rimanda direttamente al manuale d'uso.

Nome	Tipo	$\gamma_{G1}$ (Fav / Sfav)	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
TERRENO, FALDA	Permanente	EQU 0.90 / 1.10 (A1) 1.00 / 1.30 (A2) 1.00 / 1.00	-	-	-

Le condizioni di spinta sono assunte in base agli spostamenti delle pareti, ovvero del grado di mobilitazione necessario per innescare il regime di spinta, vedi a riguardo le indicazioni contenute nell'EC7.

Table C.1 — Ratios  $v_s/h$

Kind of wall movement		$v_s/h$ loose soil %	$v_s/h$ dense soil %
a)		0,4 to 0,5	0,1 to 0,2
b)		0,2	0,05 to 0,1
c)		0,8 to 1,0	0,2 to 0,5
d)		0,4 to 0,5	0,1 to 0,2

where:  
 $v_s$  is the wall motion to mobilise active earth pressure  
 $h$  is the height of the wall

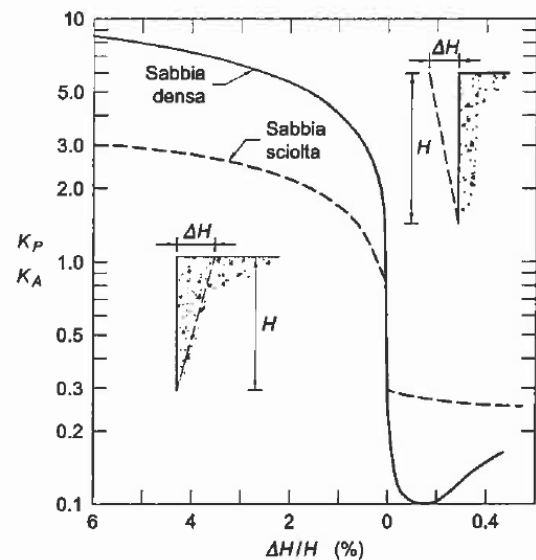


Figura 77 - Spostamenti relativi muro-terreno necessari per il raggiungimento di un regime di spinta attiva secondo EC7 Annex C e Lancillotta (1999)

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	206

### 15.2.1 Spinta a riposo

La spinta statica totale sulla parete  $S_{0h}$  si calcola secondo le seguenti relazioni:

$$S_{0h} = \int_0^H \sigma_h(z) dz \quad \text{spinta a riposo statica totale sul muro}$$

$$\sigma_h(z) = \sigma_v(z) \cdot k_0 \quad \text{pressione orizzontale di spinta del terreno}$$

Per piano campagna orizzontale si fa riferimento alla seguente correlazione (Jaky, 1944 e Schmidt, 1966):

$$k_0 = 1 - \sin(\varphi') \cdot OCR^\alpha$$

$$OCR = 1 \quad \text{grado di sovraconsolidazione}$$

$$\alpha = 0.5$$

Per pendio inclinato ( $\beta$ ) si può considerare che la spinta a riposo sia parallela al p.c. e che il coefficiente  $k_0$  valga:

$$k_0 = (1 - \sin(\varphi') \cdot OCR^\alpha) \cdot (1 + \sin \beta)$$

$$\beta = 0 \quad \text{angolo inclinazione tra profilo e piano orizzontale}$$

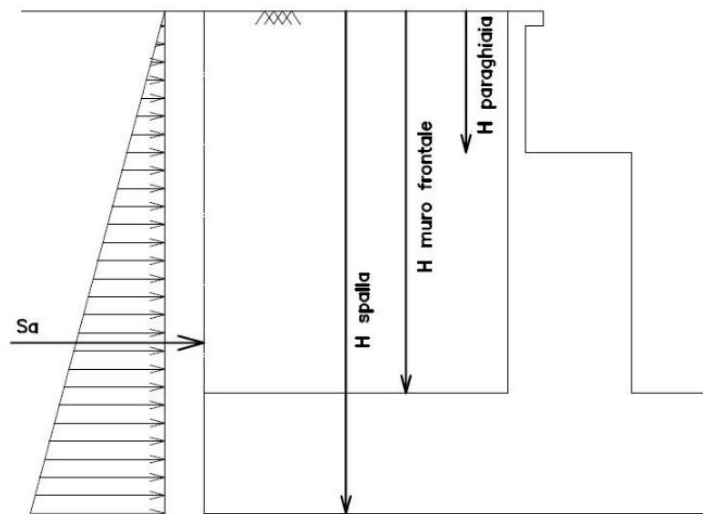


Figura 78: Schema per il calcolo degli effetti della spinta statica del terreno

Nel caso in esame si considera un'altezza del terreno pari a metà della altezza dei muri. Si ha pertanto una spinta a riposo distribuita sui muri esterni. Di seguito si riporta il valore dell'azione sulla struttura:

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 03 04</b>			PROGR <b>001</b>

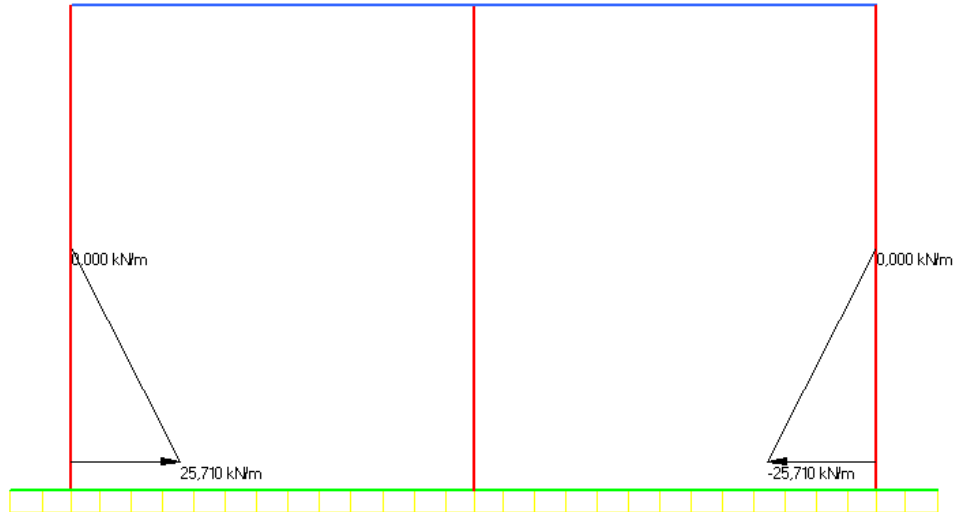


Figura 79. Azioni associate alla spinta del terreno.

### 15.2.2 Spinta attiva

Il coefficiente di spinta attiva ( $K_a$ ) viene valutato ricorrendo alla correlazione generale di Mueller-Breslau basata sulla teoria di Coulomb e riferita a superfici di rottura piane. In questo caso l'approssimazione (rispetto a quanto si sarebbe ottenuto considerando superfici di rottura di geometria complessa) risulta molto contenuta e a favore di sicurezza.

La spinta attiva statica totale sulla parete  $S_{ah}$  si calcola secondo le seguenti relazioni:

$$S_{ah} = \int_0^H \sigma_h(z) dz$$

spinta attiva statica totale sul muro

$$K_a = \frac{\text{ser}^2(\psi + \varphi)}{\text{ser}^2\psi \cdot \text{ser}(\psi - \delta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{ser}(\varphi + \delta) \cdot \text{ser}(\varphi - \beta)}{\text{ser}(\psi - \delta) \cdot \text{ser}(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

coefficiente di spinta attiva

$$\sigma_h(z) = \sigma_v(z) \cdot K_a - 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}$$

pressione orizzontale di spinta del terreno

$$\sigma_v(z)$$

pressione verticale del terreno

$$H$$

altezza della parete di spinta

$$\varphi$$

angolo attrito del terreno

$$\delta = 0$$

attrito tra terreno e parete

$$\psi = 90^\circ$$

angolo tra parete di spinta e piano orizzontale

$$\beta$$

angolo inclinazione tra profilo e piano orizzontale

$$c$$

coesione del terreno

Nel caso in cui a monte della parete sia presente la falda il diagramma delle pressioni sulla parete risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni, viceversa al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume di galleggiamento:

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$$

$$\gamma_{\text{sat}}$$

peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori)

$$\gamma_w$$

peso di volume dell'acqua

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	208

$$S_{ah} = \int_0^H \sigma'_h(z) dz + E_{ws} + E_{wd}$$

spinta attiva statica totale efficace sul muro

$$\sigma'_h(z) = \sigma'_h(z) \cdot K_a - 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}$$

pressione orizzontale di spinta efficace del terreno

$$\sigma'_v(z)$$

pressione verticale efficace del terreno

$$E_{ws}$$

spinta idrostatica

$$E_{wd}$$

spinta idrodinamica

### 15.2.3 Pressioni idrostatiche

La distribuzione di forze delle spinte idrostatiche  $E_{ws}$  sulla parete sono descritte dalle seguenti relazioni:

$$E_{ws}(z) = \gamma_w \cdot z$$

spinta idrostatica

$$z$$

affondamento rispetto al pelo libero dell'acqua

$$\gamma_w$$

peso di volume dell'acqua

Cautelativamente la falda è stata posta in corrispondenza del piano di posa delle fondazioni. Pertanto, il regime di spinta non è influenzato dalla presenza della falda.

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	209

### 15.3 AZIONI VARIABILI VERTICALI DA TRAFFICO FERROVIARIO

Le azioni verticali dovute al passaggio dei convogli sull'impalcato sono da definirsi secondo quanto riportato al par §7.5.1 della presente relazione. Tuttavia, nell'ambito dell'analisi trasversale dei carichi, il valore del coefficiente dinamico  $\phi_3$  da adottarsi nell'amplificazione dei carichi da treno differirà da quello precedentemente calcolato, dovendo in questo caso considerarsi una lunghezza  $L_\phi$  definita in Tab. 2.5.1.4.2.5.3-1 per il caso 4.1 (solette superiori di impalcato a sezione scatolare nella direzione trasversale alle travi principali), i.e. 3 volte la luce. Si noti che, per questo caso, si assume che la luce del solettone sia pari all'interassi tra i piedritti, pari cioè a  $L = 5.85$  m. Fermo restando queste considerazioni, si ottiene:

$$L_\phi = 17.55 \text{ m}$$

$$\phi_3 = 1.27 (\leq 2.00)$$

$$\phi_3 = \frac{2.16}{\sqrt{L_\phi} - 0.2} + 0.73 = 1.27$$

#### 15.3.1 Ripartizione trasversale dei carichi

Al fine della valutazione degli effetti locali dei carichi verticali ferroviari sul solettone è necessario operare una distribuzione degli stessi in direzione trasversale, eseguendo una diffusione del carico, a partire dalla larghezza della traversina,  $\frac{1}{4}$  attraverso la massicciata ed  $\frac{1}{1}$  fino al piano medio di soletta, per una lunghezza pari a:

$$b = (0.80 - 0.26)/4 * 2 + (1.20/2) * 2 + 2.40 = 3.87 \text{ m}$$

laddove si sono considerate le seguenti caratteristiche geometriche:

	[m]
Altezza ballast	0.80
Altezza traversina	0.26
Larghezza traversina	2.40
Altezza soletta	1.20

I carichi relativi al modello LM71 vengono distribuiti secondo lo schema di Fig. 5.2.5 al §5.2.2.3.1.4 delle NTC2008, dal momento che è stata considerata per essi una eccentricità rispetto all'asse del binario pari ad  $e = s/18 = 0.08$  m.

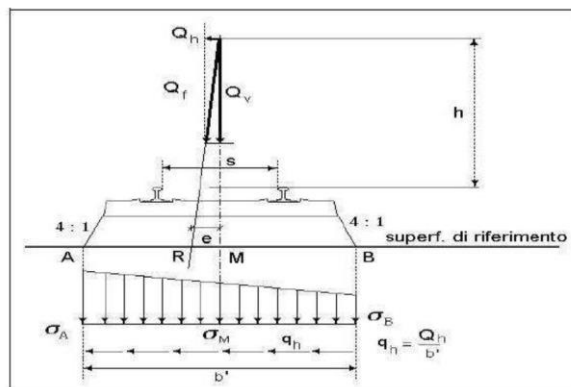


Fig. 5.2.5 Distribuzione trasversale in rettangolo delle azioni per mezzo delle traverse e del ballast. In figura,  $Q_h$  rappresenta la forza centrifuga definita al successivo §5.2.2.3.1

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 03 04</b>			PROGR <b>001</b>	REV <b>B</b>	FOGLIO <b>210</b>

Prima di procedere alla ripartizione trasversale dei carichi ferroviari verticali, si è proceduto ad una distribuzione del carico assiale  $Q_{vk}$  in direzione longitudinale, suddividendo tale valore per una lunghezza di influenza assunta pari ad 1.6 m, risultando pertanto in un carico uniformemente distribuito in direzione longitudinale pari a 156.25 kN/m per il treno di carico LM71.

In accordo con quanto riportato al par. §7.5.1 della presente relazione, si moltiplicano i valori dei carichi per il coefficiente di adattamento e per quello di incremento dinamico, ottenendo quindi:

#### TRENO LM71

$$q_1 = 156.25 \text{ kN/m} * 1.27 * 1.1 = 218.53 \text{ kN/m}$$

Valore amplificato della ripartizione longitudinale del carico  $Q_{vk}$

$$q_2 = 80 \text{ kN/m} * 1.27 * 1.1 = 111.89 \text{ kN/m}$$

Valore amplificato del carico longitudinale  $q_{vk}$

#### TRENO SW/2

$$q_3 = 150 \text{ kN/m} * 1.27 * 1.0 = 190.72 \text{ kN/m}$$

Valore amplificato del carico longitudinale  $q_{vk}$

Ripartendo in direzione trasversale i carichi così ottenuti si ottengono per il treno di carico LM71, fermo restando il dover considerare l'eccentricità  $e = 0.08$  m rispetto all'asse del binario e la distribuzione trapezoidale delle tensioni indicati nella Fig. 5.2.5 della NTC08, i seguenti valori:

#### CARICO $q_1$

$$\sigma_A = 69.41 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_B = 53.01 \text{ kN/m}^2$$

#### CARICO $q_2$

$$\sigma_A = 35.54 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_B = 27.14 \text{ kN/m}^2$$

L'eccentricità non è da considerarsi, invece, per il caso di treno di carico SW/2, per il quale quindi si effettua la ripartizione semplicemente dividendo il valore  $q_3$  per la lunghezza  $b = 3.87$  m, risultando dunque in una distribuzione di tensioni sulla soletta pari a:

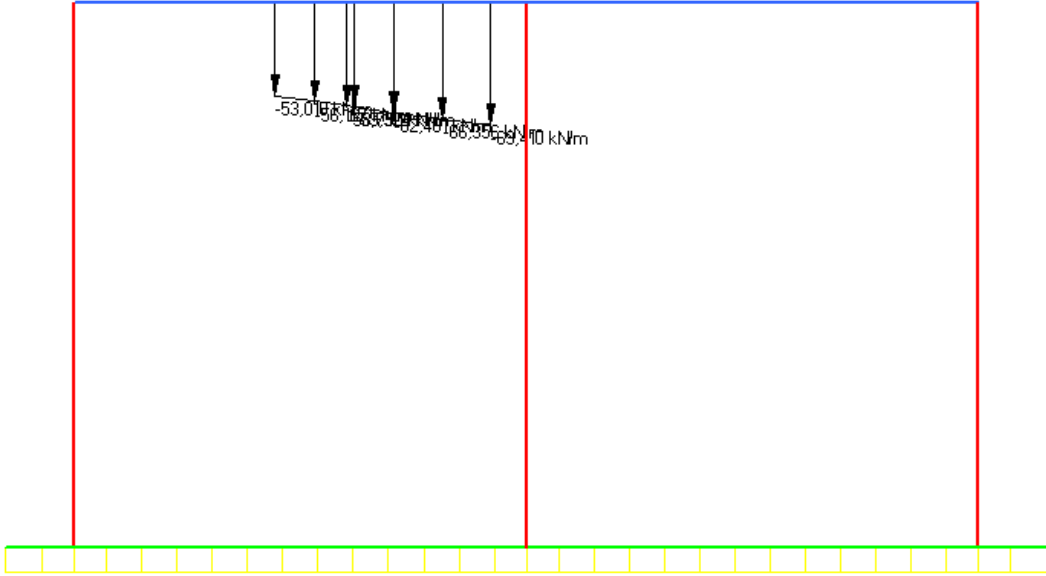
$$\sigma = 190.72 \text{ kN/m} / 3.87 \text{ m} = 53.42 \text{ kN/m}$$

Al fine delle verifiche da eseguirsi sulla soletta, non viene considerata l'azione del treno scarico, dal momento che la situazione più gravosa è determinata in concomitanza all'applicazione del treno LM71.

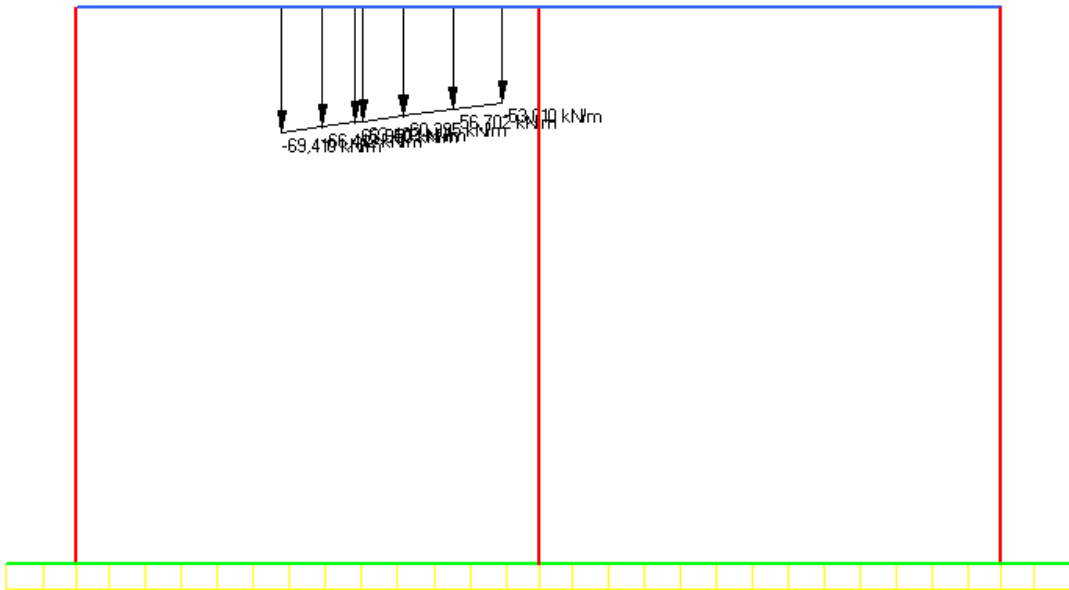
Di seguito si riportano le azioni associate al treno di carico LM71 inserite nel modello FEM, per ulteriori dettagli rispetto ai gruppi di carico considerati si rimanda al paragrafo §8.1.1 della presente relazione:

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	211



*Figura 80 - Azione associate al caso 1 del treno di carico LM71.*



*Figura 81 - Azione associate al caso 2 del treno di carico LM71.*



MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	212

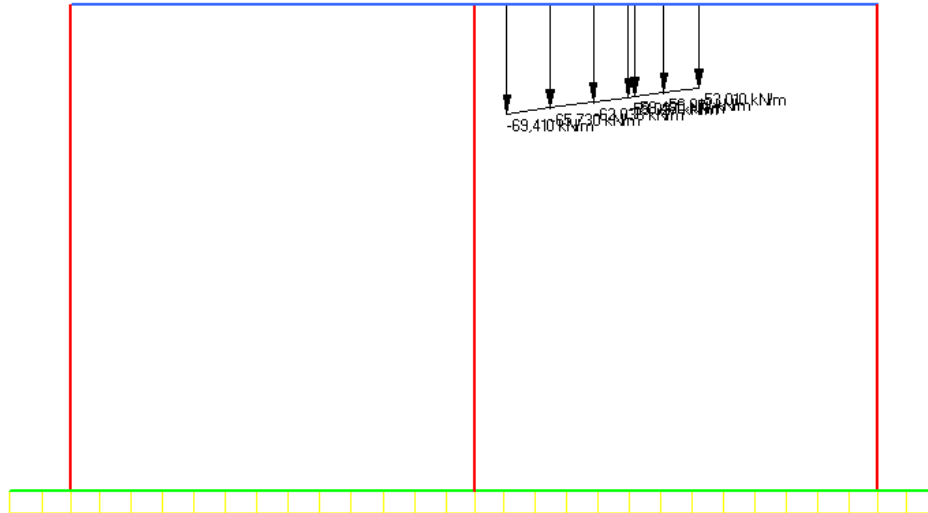


Figura 82 - Azione associate al caso 4 del treno di carico LM71.

#### 15.4 CARICHI SUI MARCIAPIEDI

In accordo con quanto definito al §2.5.1.4.1.6 del Manuale di progettazione delle opere civili, parte II – sezione 2 – ponti e strutture, che riprende le prescrizioni dettate da NTC08 al §5.2.2.3.2, si assume che i marciapiedi non aperti al pubblico siano utilizzati solo dal personale autorizzato. Pertanto, per essi si assume un carico accidentale uniformemente ripartito del valore di  $10 \text{ kN/m}^2$ . Questo carico non deve essere considerato contemporaneo al traffico dei convogli ferroviari e deve essere applicato sopra ai marciapiedi in modo da dare luogo agli effetti locali più sfavorevoli.

Per questo tipo di carico non deve applicarsi l'incremento dinamico. Di seguito si riportano le azioni associate al carico sui marciapiedi inserite nel modello FEM:

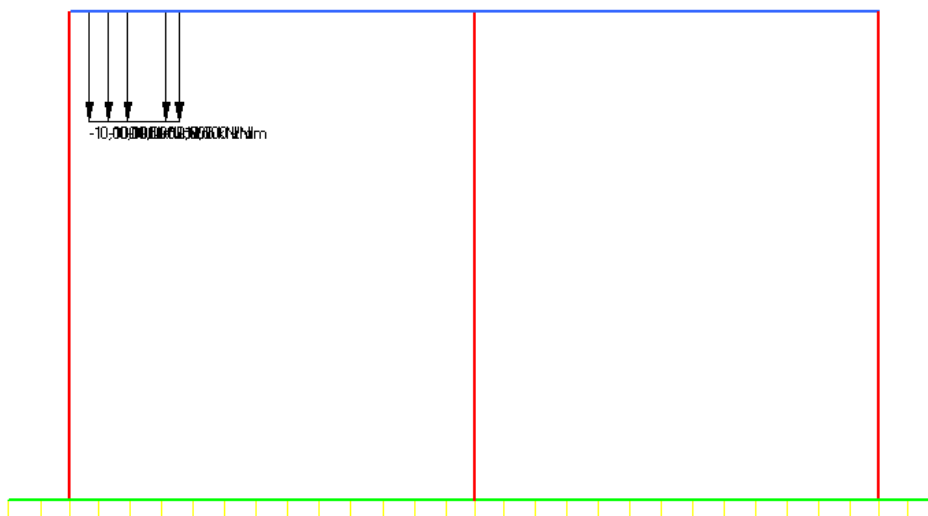


Figura 83 - Azione associate al carico sui marciapiedi.

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	213

### 15.5 CARICO ECCEZIONALE DOVUTO AL DERAGLIAMENTO

Le azioni di carico eccezionale sono state considerate in maniera analoga a quanto è stato riportato nel paragrafo §12.4 della presente relazione, a cui si rimanda per ulteriori dettagli. Si è considerata la azione del carico eccezionale agenti su entrambi binari. Di seguito si riportano le azioni associate inserite nel modello FEM:

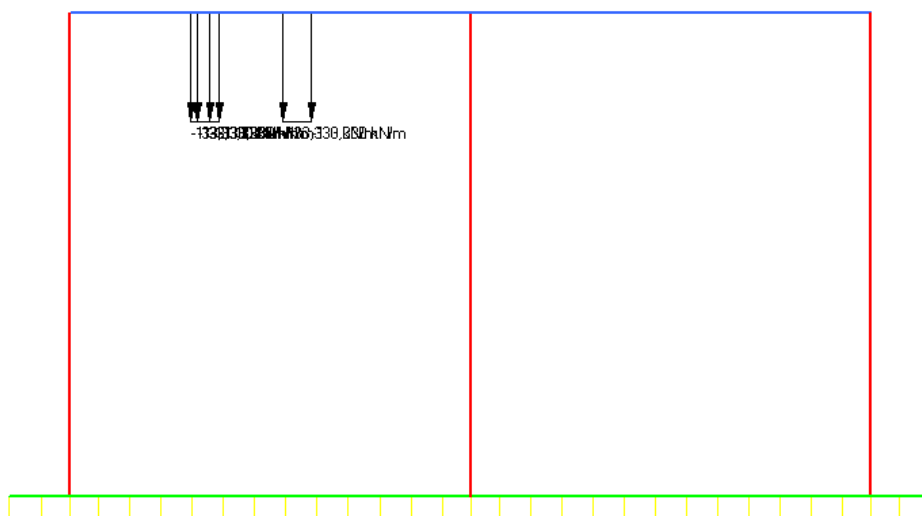


Figura 84 - Azione associata al caso eccezionale 1 dovuto al deragliamento.

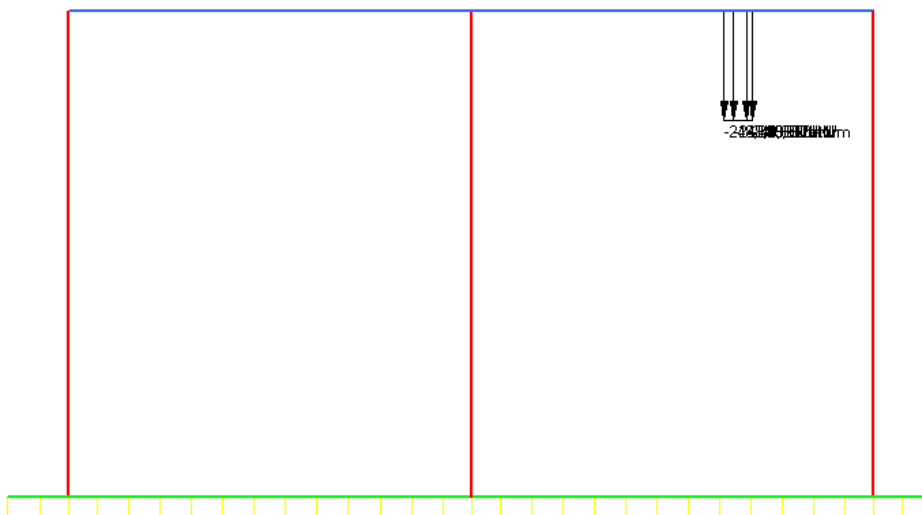


Figura 85 - Azione associata al caso eccezionale 2 dovuto al deragliamento.

### 15.6 CARICO DA VENTO SULLA BARRIERA ANTIRUMORE

La azione di carico da vento sulla barriera antirumore è stata considerata in maniera analoga a quanto è stato riportato nel paragrafo §12.5 della presente relazione, a cui si rimanda per ulteriori dettagli. Di seguito si riportano le azioni associate inserite nel modello FEM:

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 03 04</b>			PROGR <b>001</b>

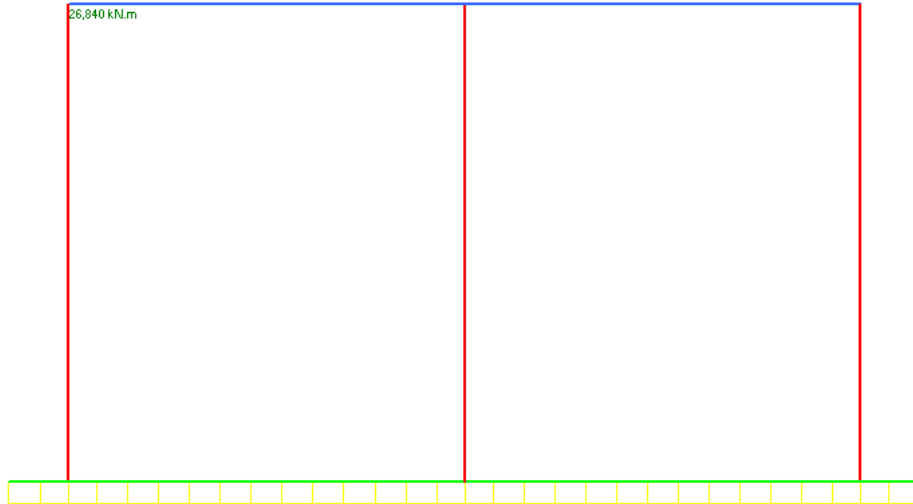


Figura 86 - Azione associata al momento dovuto al carico da vento e l'azione idrodinamica sul muro laterale sinistro.

### 15.7 AZIONE AERODINAMICA DA TRAFFICO FERROVIARIO

Le azioni di carico eccezionale sono state considerate in maniera analoga a quanto è stato riportato nel paragrafo §12.6 della presente relazione, a cui si rimanda per ulteriori dettagli. Di seguito, si riportano le azioni inserite nel modello FEM:

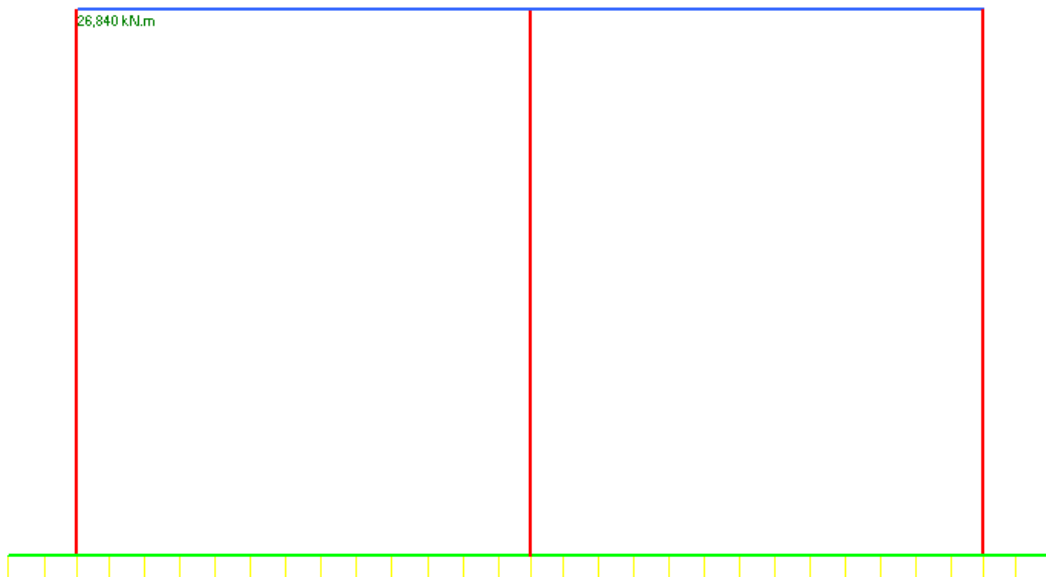


Figura 87 - Azione associata al momento dovuto al carico da vento e l'azione idrodinamica sul muro laterale sinistro.

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
		<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	215

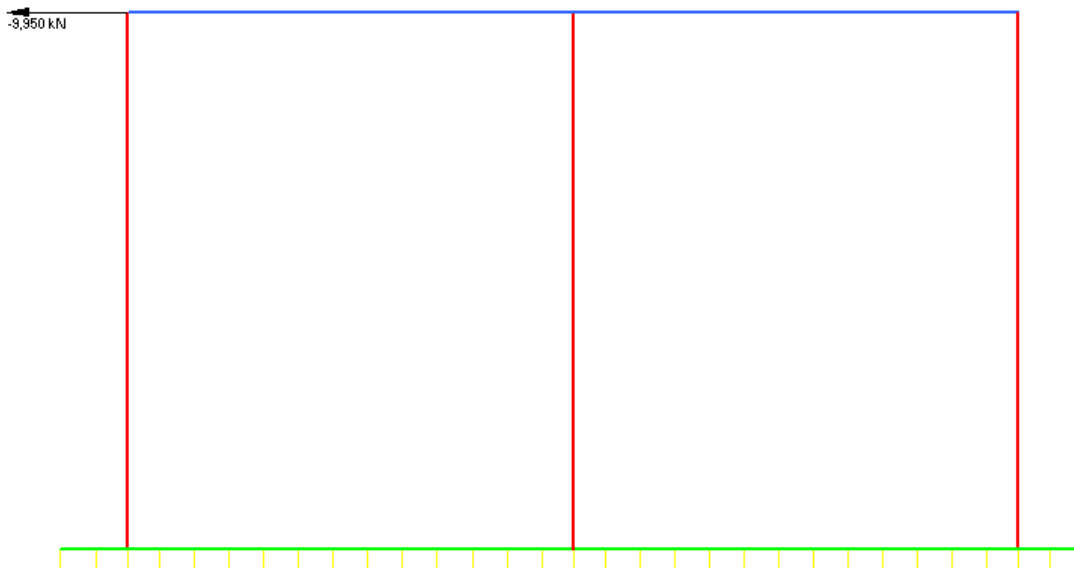


Figura 88 - Azione associata al taglio dovuto al carico da vento e l'azione idrodinamica sul muro laterale sinistro.

Le stesse condizioni di carico sono state applicate sul muro laterale destro.

### 15.8 VARIAZIONI TERMICHE (Q<sub>7</sub>)

La variazione termica è definita secondo quanto riportato nel § 2.5.1.4.4.1 del “Manuale di progettazione delle opere civili parte II - sezione 2- ponti e strutture” che riprende il § 5.2.2.5.2 delle NTC08.

La variazione termica uniforme volumetrica da considerare per l’impalcato risulta  $\pm 15^\circ$ , ai fini della valutazione delle escursioni dei giunti e degli appoggi mobili viene incrementata del 50% per una variazione totale di calcolo di  $\pm 22.5^\circ\text{C}$ .

Di seguito si riportano le azioni inserite nel modello FEM:

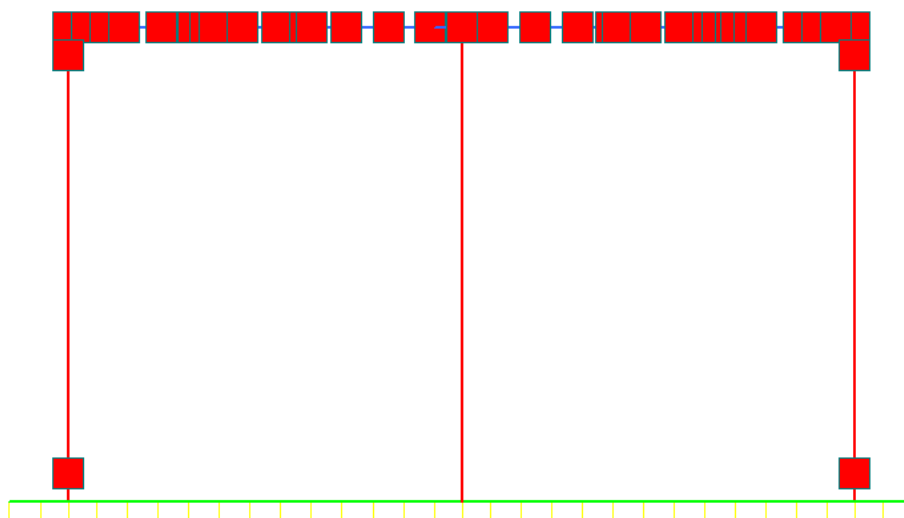


Figura 89 -Variazione temperatura uniforme.

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	216

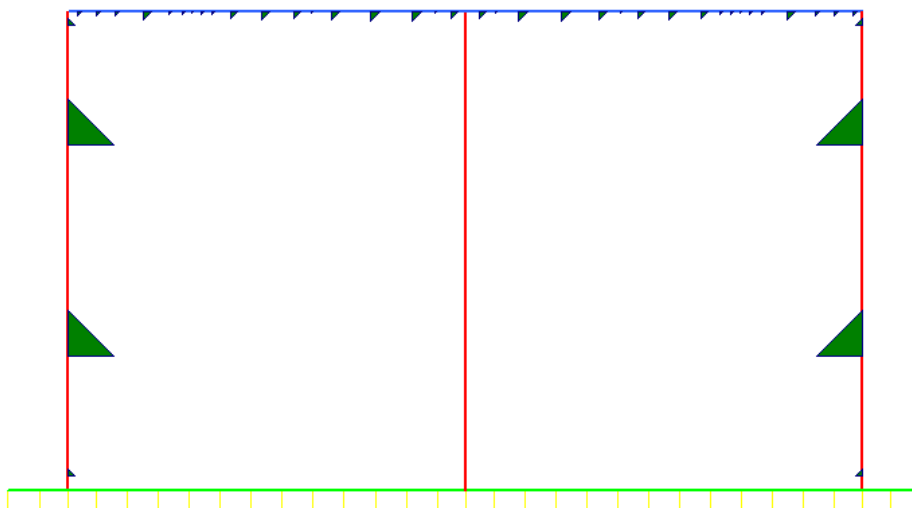


Figura 90 -Gradiente termico.

## 15.9 DISTORSIONI E DEFORMAZIONI IMPRESSE (P) (E)

### 15.9.1 Ritiro del calcestruzzo ( $\epsilon_2$ )

Nome	Tipo	$\gamma_{\epsilon_2}$ (Fav / Sfav)	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
RITIRO (ponti ferroviari)	Ritiro, viscosità, cedimenti imposti	EQU 0.00 / 1.20 (A1) 0.00 / 1.20 (A2) 0.00 / 1.00	-	-	-

Dato che il ritiro dipende dal tempo di maturazione del calcestruzzo, dalla sua resistenza e dalle condizioni ambientali, gli effetti possono evidenziarsi sia in fase di costruzione sulla sezione mista composta da due materiali di diverso modulo elastico (ritiro primario) sia a lungo termine sulla statica globale della struttura (ritiro secondario).

Tab. 11.2.Va – Valori di  $\epsilon_{c0}$

$f_{ck}$	Deformazione da ritiro per essiccamento (in ‰)					
	Umidità Relativa (in %)					
	20	40	60	80	90	100
20	-0,62	-0,58	-0,49	-0,30	-0,17	+0,00
40	-0,48	-0,46	-0,38	-0,24	-0,13	+0,00
60	-0,38	-0,36	-0,30	-0,19	-0,10	+0,00
80	-0,30	-0,28	-0,24	-0,15	-0,07	+0,00

Tabella 54 - Valori del parametro  $\epsilon_{c0}$  (‰)

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	217

Tab. 11.2.Vb – Valori di  $k_h$

$h_0$ (mm)	$k_h$
100	1,00
200	0,85
300	0,75
$\geq 500$	0,70

Tabella 55 - Valori del parametro  $k_h$

Nel caso in oggetto, dato che le sezioni strutturali sono interamente gettate in opera nella stessa fase, si tengono conto nel calcolo degli effetti secondari causati dalle differenze di ritiro tra la fondazione e la soletta, quando alla fine della costruzione si realizza la chiusura della sezione scatolare con il getto della soletta stessa.

Nell'ipotesi a favore di sicurezza di una tempistica di costruzione velocizzata, si analizza nel tempo l'andamento delle deformazioni da ritiro per i due elementi e si considera in progetto il valore a tempo infinito. Questa deformazione, inserita nel modello numerico della sezione scatolare come distorsione di temperatura equivalente, permette il calcolo della reazione iperstatica venuta a formarsi nel tempo.

$$\Delta T = \Delta \varepsilon_{cs} / \alpha = 11.25^\circ \text{ C}$$

$$\Delta \varepsilon_{cs} = 0.00112\% \quad \text{ritiro differenziale di progetto}$$

$$\alpha = 0.00001 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \quad \text{coefficiente di dilatazione termica}$$

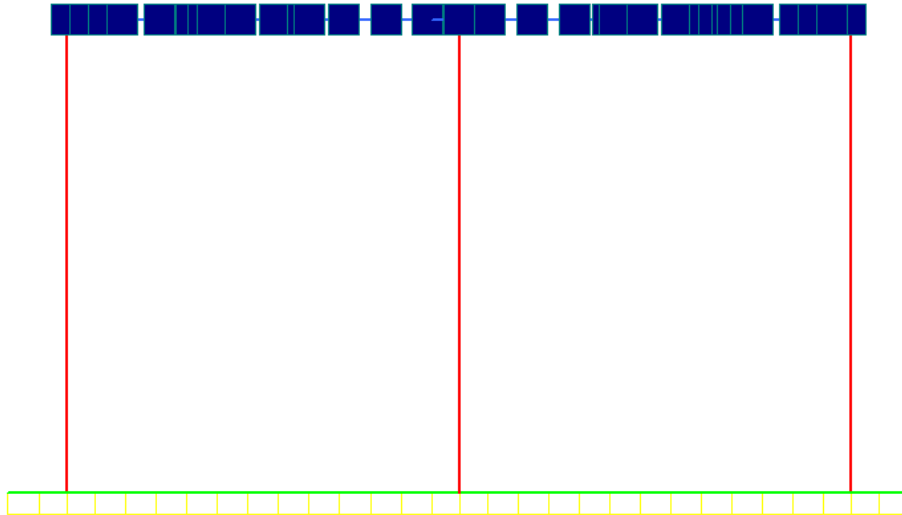


**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	219



*Figura 91 -Temperatura uniforme associata alla azione di ritiro.*



MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.	MANDANTI <b>HY</b> pro S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 03 04</b>			PROGR <b>001</b>

## 16. ANALISI MURI SCATOLARI ESTERNI

Di seguito si riportano le analisi e le verifiche della struttura scatolare posta a monte della spalla denominata S01.

La struttura scatolare in c.a. è costituita da due camere di dimensioni interne 5.40m (larghezza) x 6,80m (altezza) aventi uno spessore strutturale per la parte in fondazione e per la parte in elevazione (traverso e piedritti) pari a 0,90m. Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di riferimento.

### 16.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO FEM

Per la determinazione delle sollecitazioni che interessano la struttura è stato realizzato un modello agli elementi finiti. La struttura è stata trattata come un portale costituito dal solettone superiore e i muri laterali, vincolata alla base con il plinto di fondazione, il cui è stato modellato come una trave continua, per tutti gli elementi si considera una larghezza di 1m.

Si riporta di seguito una descrizione del modello FEM comprensivo di tutti gli elementi strutturali costituenti la struttura scatolare.

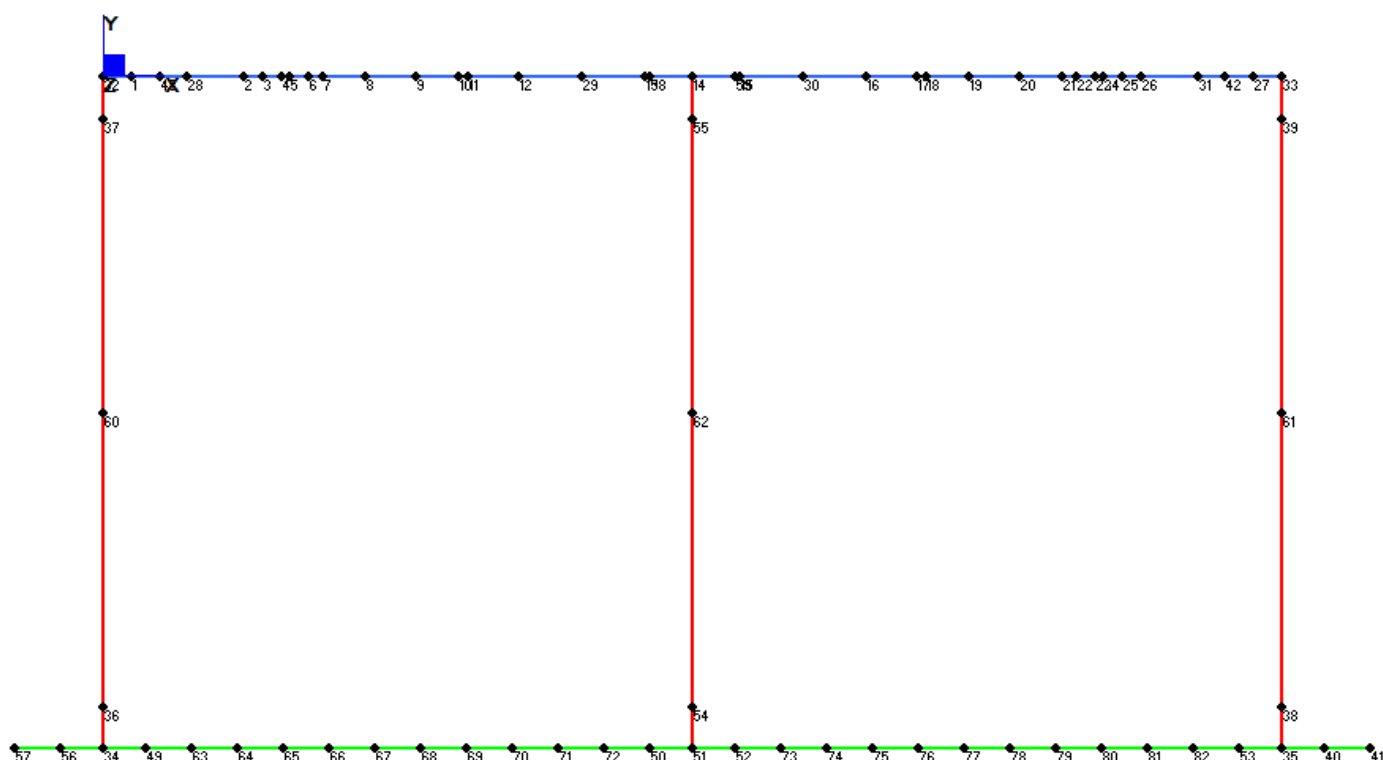


Figura 92 - Modello agli EF per la struttura scatolare - Numerazione nodi

VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	221

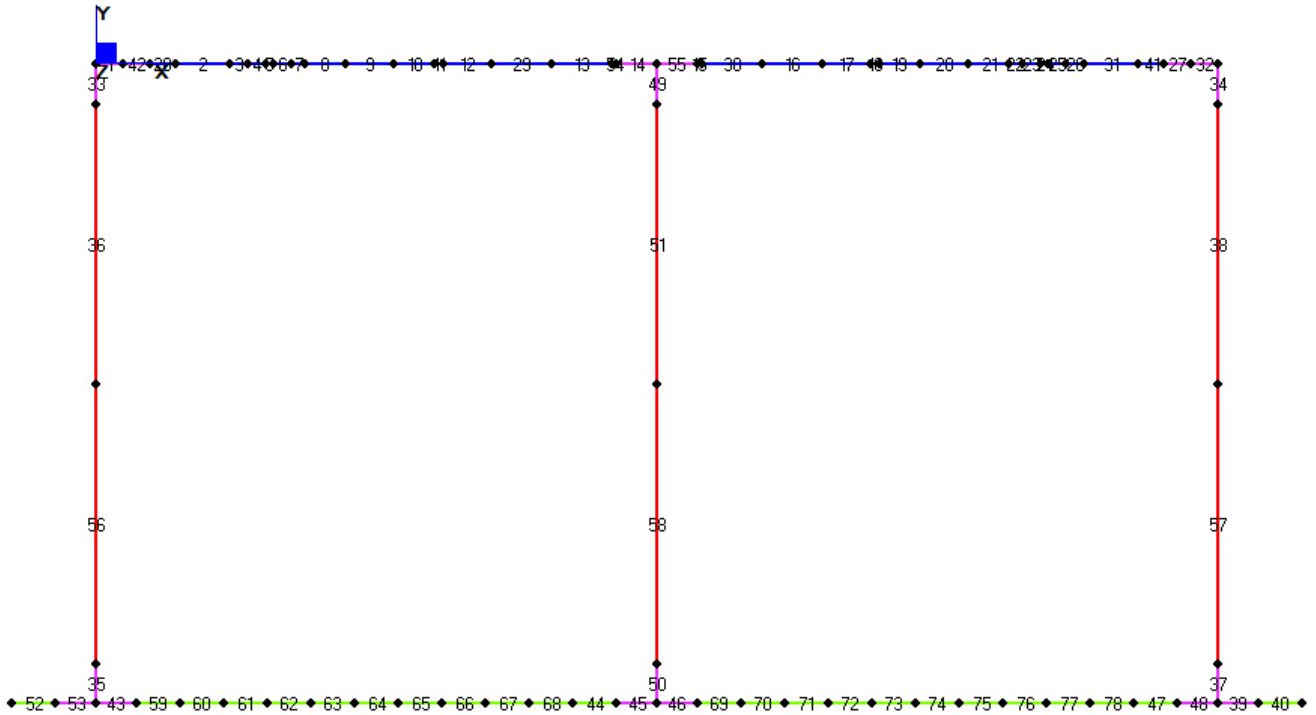


Figura 93 - Modello agli EF per la struttura scatolare - Numerazione elementi e indicazione zone nodali (viola)

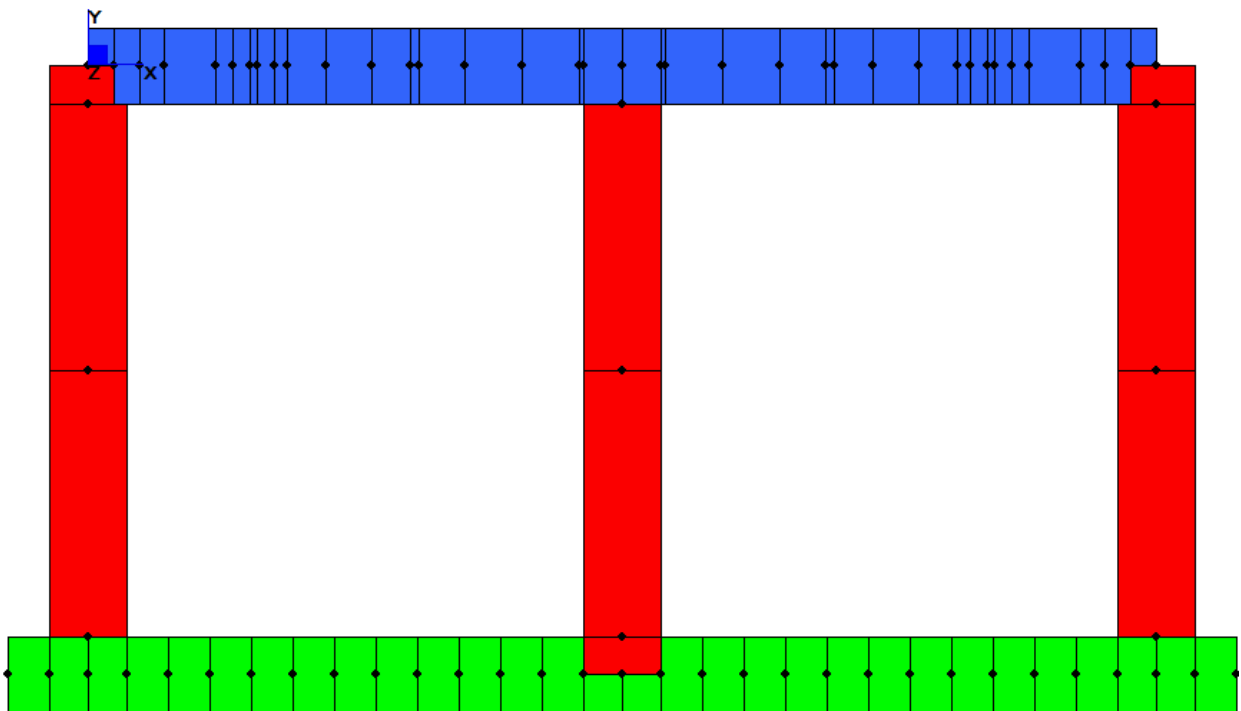


Figura 94 - Modello FEM

La fondazione viene schematizzata con una trave discretizzata ogni 50 cm, considerata come un suolo elastico non reagente a trazione, adottando il modello di Winkler. La costante di Winkler è stata assegnata agli elementi posti all'asse fondazione

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>222</b>

Il valore della costante di sottofondo  $k_w$  è valutato attraverso il rapporto tra il carico applicato ed il corrispondente cedimento, pertanto, si ottiene:

$$k_w = E / [(1-\nu^2) * B * c_t]$$

$$E' = 100000 \text{ kN/m}^2$$

$$\nu = 0.25$$

$$B = 14.5 \text{ m}$$

$$L = 10.0 \text{ m}$$

$$c_t = 0.65$$

modulo elastico medio del terreno sottostante

coefficiente di Poisson del terreno

lato minore della fondazione

lato maggiore della fondazione

coefficiente adimensionale di forma ottenuto dalla interpolazione dei valori dei coefficienti proposti dal Bowles (1960):

$$c_t = 0.853 + 0.534 \ln (L / B) \text{ rettangolare con } L / B \leq 10$$

$$c_t = 2 + 0.0089 (L / B) \text{ rettangolare con } L / B > 10$$

$$k_w = 11238 \text{ kN/m}^3$$

Si è assunta una costante di Winkler pari a  $k_w=11200 \text{ kPa/m}$ .

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>223</b>

**16.1.1 Risultati del modello FEM**

Nel seguito si riportano i valori delle sollecitazioni sulla struttura associate agli involuipi SLU, SLV, SLE rara e SLE quasi permanente.

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-362.86	528.36
	[Bm:36]	[Bm:9]

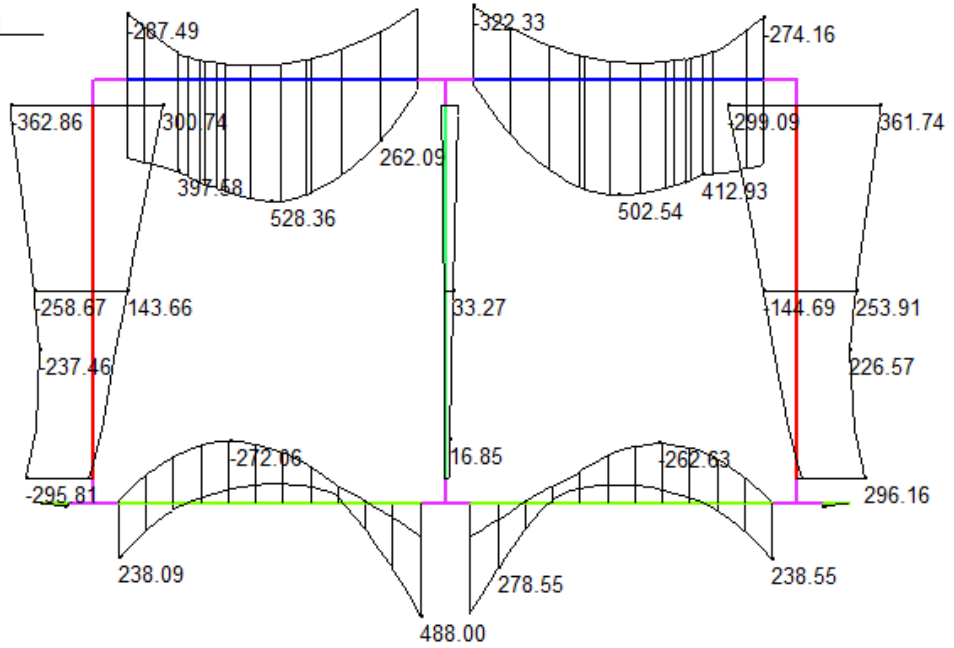


Figura 95 - ENV SLU – Momento flettente (kNm)

	MIN	MAX
SF2(kN)	-443.26	450.48
	[Bm:69]	[Bm:44]

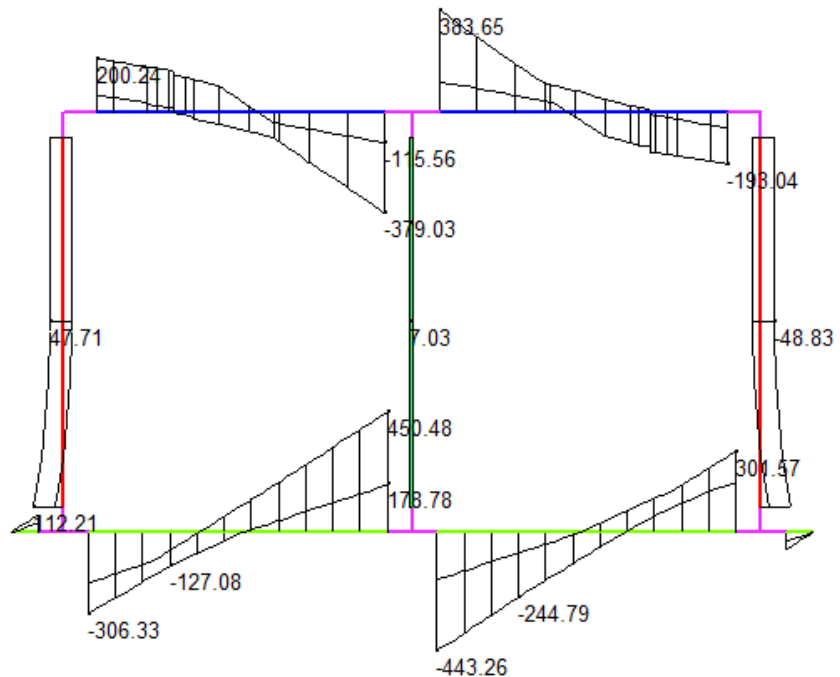


Figura 96 - ENV SLU - Taglio (kN)

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	224

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-258.78	247.27
	[Bm:56]	[Bm:57]

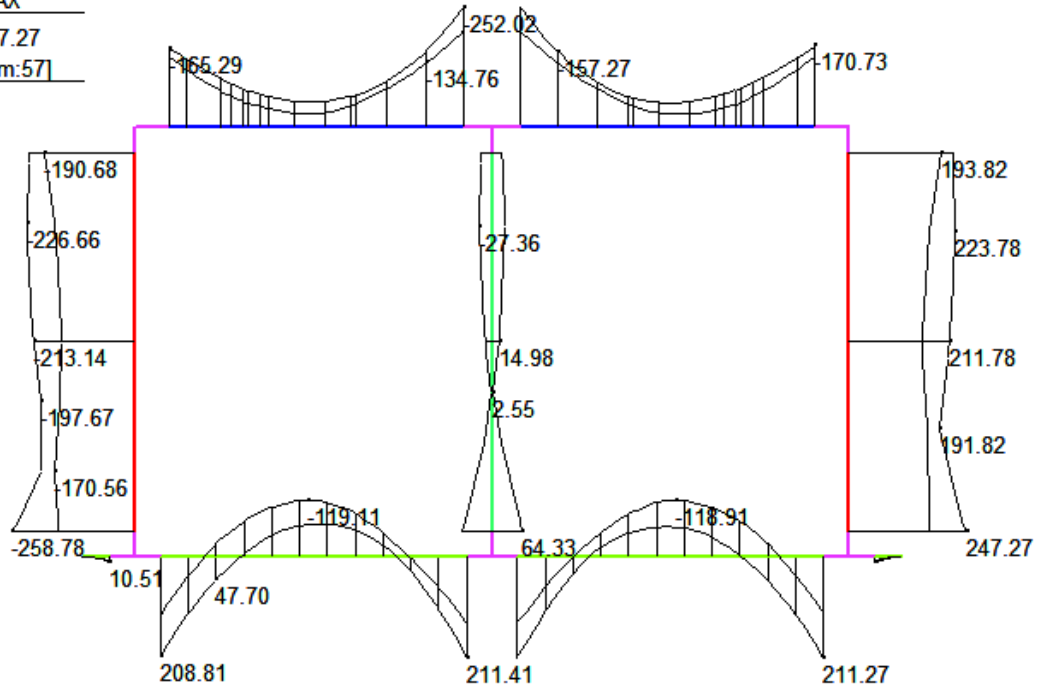


Figura 97 - ENV SLV – Momento flettente (kNm)

	MIN	MAX
SF2(kN)	-231.36	231.69
	[Bm:69]	[Bm:44]

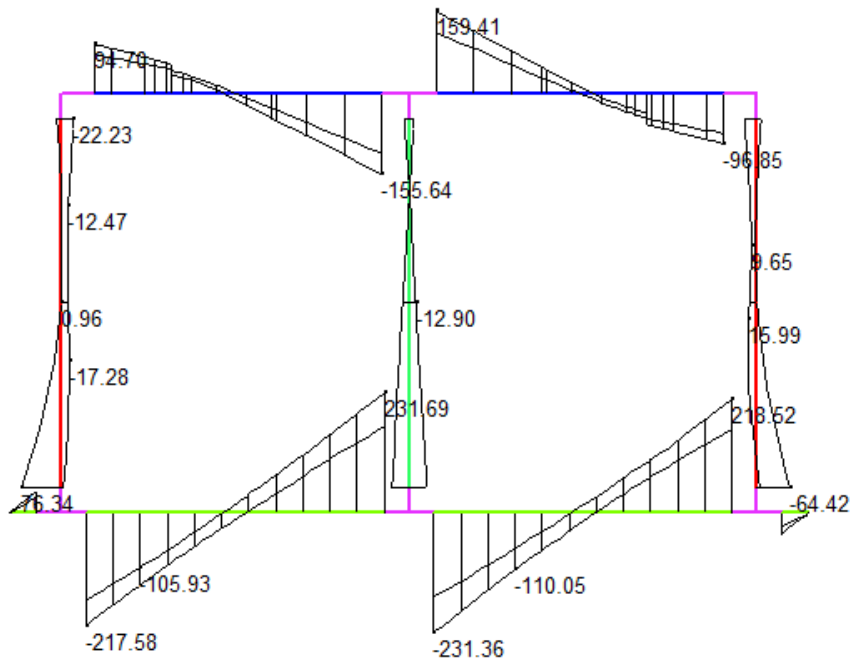


Figura 98 - ENV SLV - Taglio (kN)

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>225</b>

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-279.13	403.27
	[Bm:36]	[Bm:9]

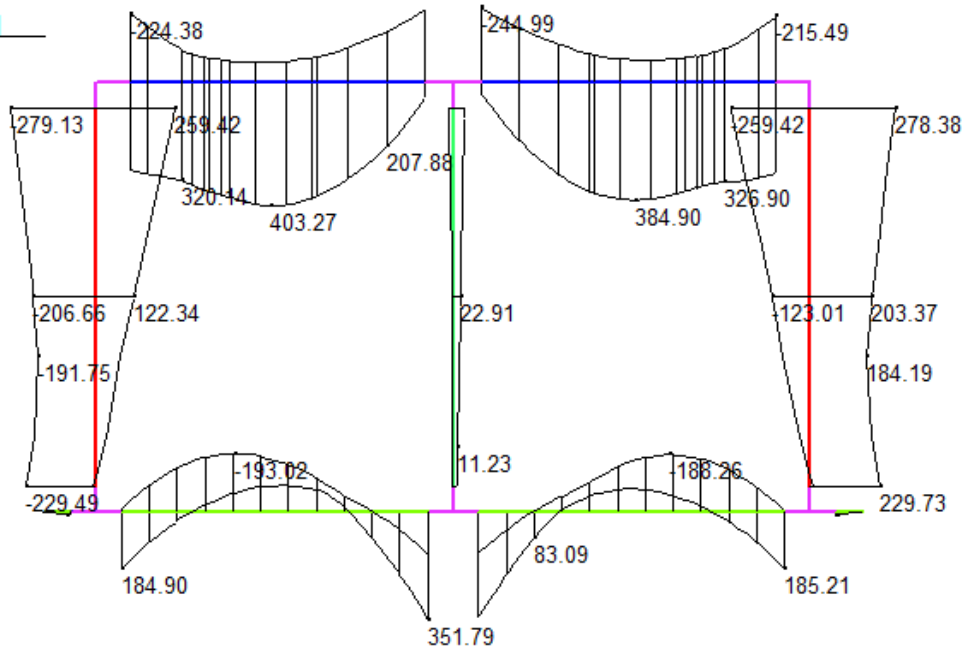


Figura 99 - ENV SLE RA - Momento flettente (kNm)

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	-177.64	226.63
	[Bm:56]	[Bm:24]

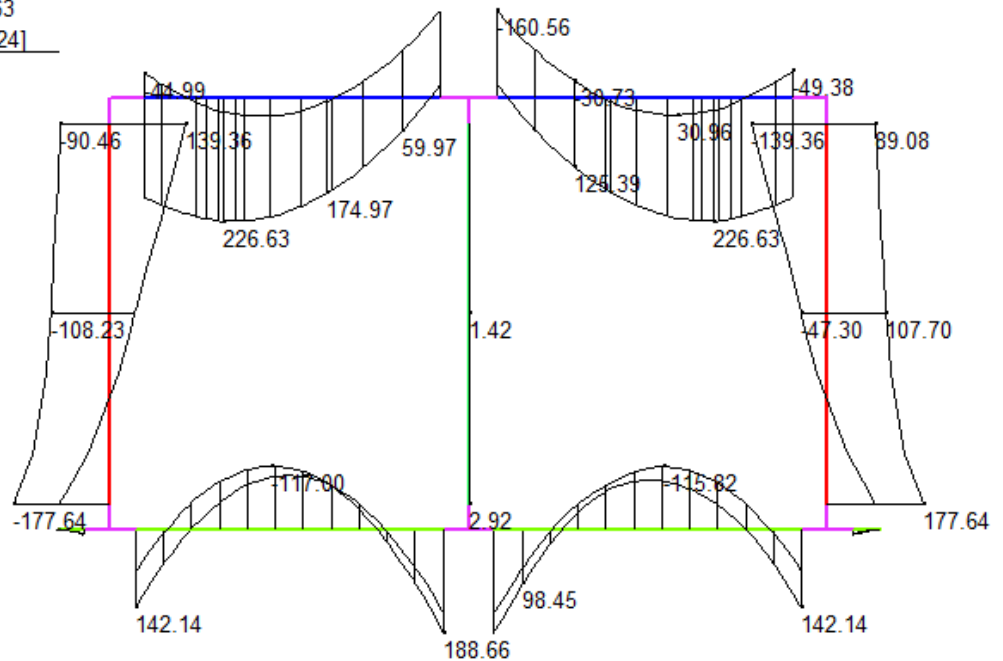


Figura 100 - ENV SLE QP - Momento flettente (kNm)

VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	226

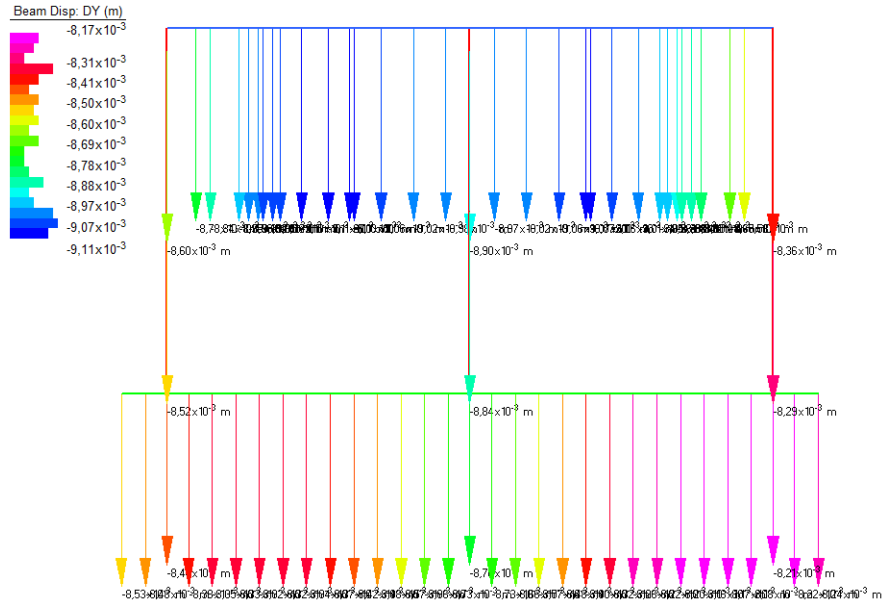


Figura 101 - ENV SLE RA – Spostamento verticale (m)

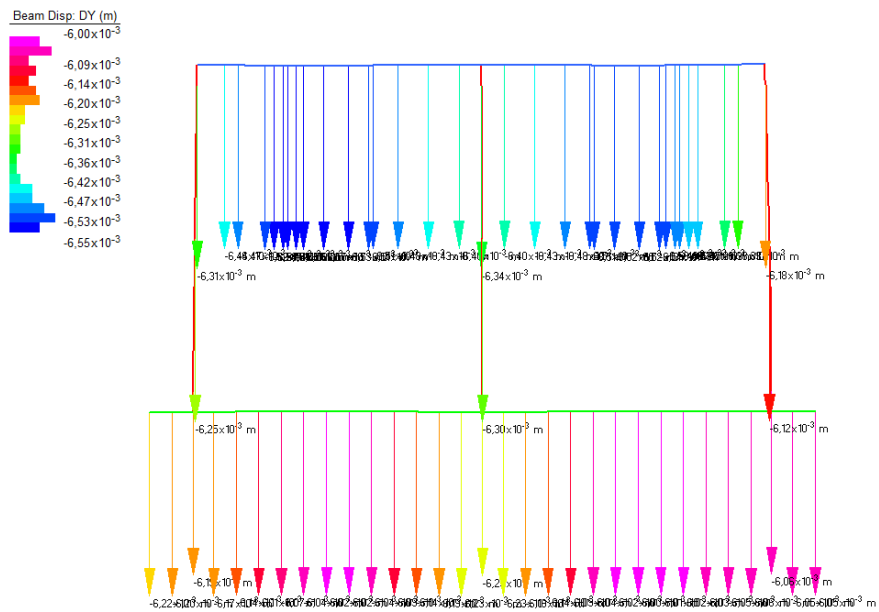
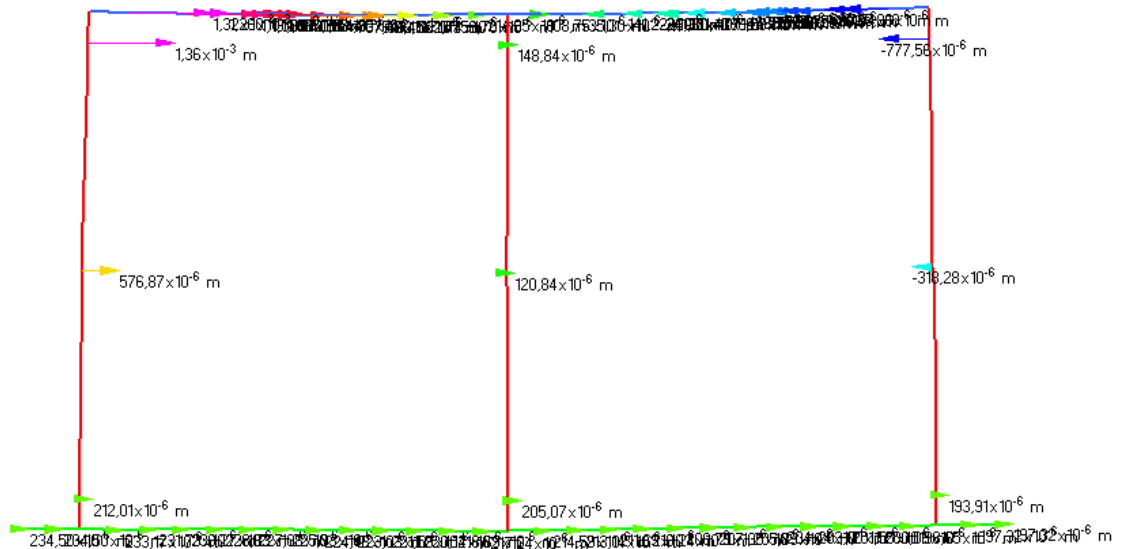
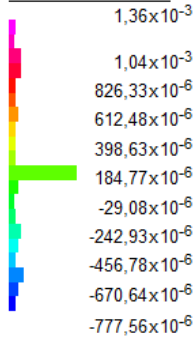


Figura 102 - ENV SLE QP - Spostamento verticale (m)

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

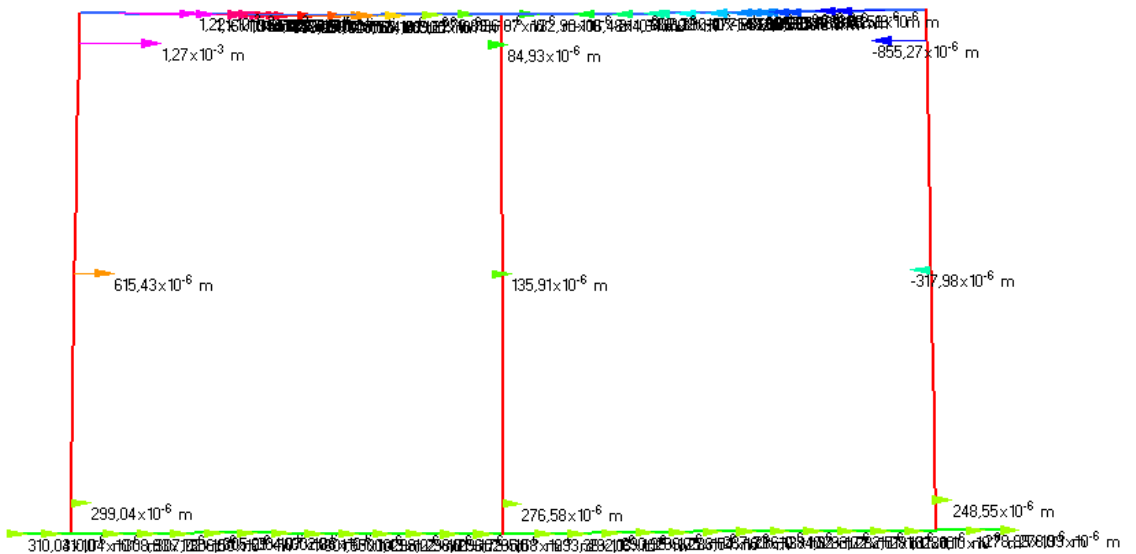
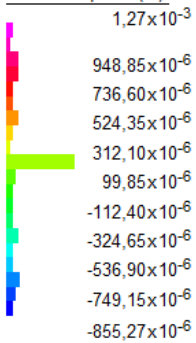
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>227</b>

Beam Disp: DX (m)



**Figura 103 - ENV SLE RA – Spostamento orizzontale (m)**

Beam Disp: DX (m)



**Figura 104 - ENV SLE QP - Spostamento orizzontale (m)**



MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	228

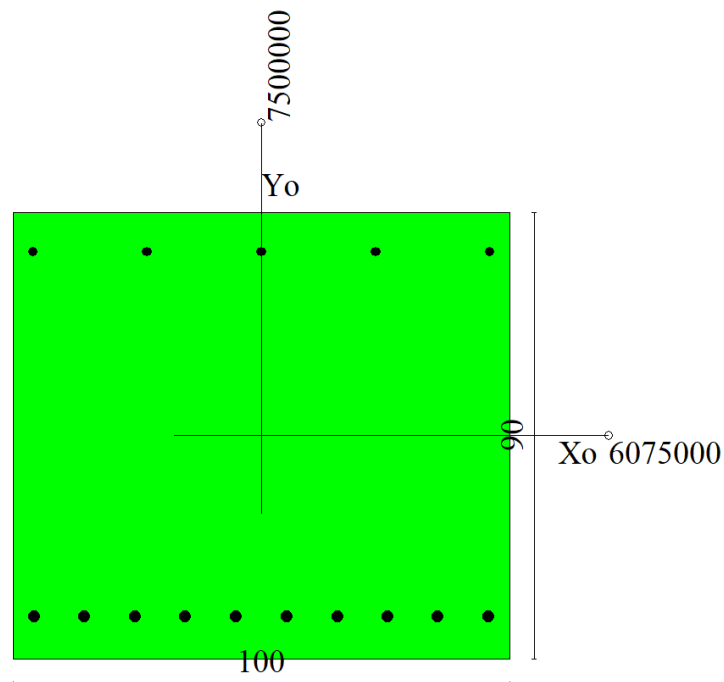
## 16.2 VERIFICHE STRUTTURALI

### 16.2.1 Solettone superiore

Nel seguente paragrafo vengono riportate le sollecitazioni del solettone superiore per le combinazioni di carico allo SLU e le relative verifiche di resistenza a pressoflessione e taglio.

#### 16.2.1.1 Verifica a pressoflessione SLU, SLV, SLE

La sezione è armata con un quantitativo di armatura longitudinale nel lato teso di  $\Phi 24/10$  e nel lato compresso di  $\Phi 20/20$  come rappresentato nella figura seguente per un totale di 15 ferri. I domini di resistenza M-N e i coefficienti di sicurezza a pressoflessione sono ottenuti attraverso il software SAX 10.0 distribuito da Aztec.



### Dati

<b>Nome sezione:</b>	Solettone
Tipo sezione	Rettangolare
Base	100,0 [cm]
Altezza	90,0 [cm]

### Caratteristiche geometriche

Area sezione	9000,00 [cmq]
Inerzia in direzione X	7500000,0 [cm <sup>4</sup> ]
Inerzia in direzione Y	6075000,0 [cm <sup>4</sup> ]
Inerzia in direzione XY	0,0 [cm <sup>4</sup> ]
Ascissa baricentro sezione	$X_G = 50,00$ [cm]
Ordinata baricentro sezione	$Y_G = 45,00$ [cm]

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	229

## Elenco ferri

### Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

N°	numero d'ordine
X	Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
Y	Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
d	Diametro ferro espresso in [mm]
ω	Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	ω
1	4,20	8,60	24	4,52
2	14,38	8,60	24	4,52
3	24,56	8,60	24	4,52
4	34,73	8,60	24	4,52
5	44,91	8,60	24	4,52
6	55,09	8,60	24	4,52
7	65,27	8,60	24	4,52
8	75,44	8,60	24	4,52
9	85,62	8,60	24	4,52
10	95,80	8,60	24	4,52
11	96,00	82,00	20	3,14
12	73,00	82,00	20	3,14
13	50,00	82,00	20	3,14
14	27,00	82,00	20	3,14
15	4,00	82,00	20	3,14

**Materiale impiegato** : Calcestruzzo armato

### Caratteristiche calcestruzzo

Resistenza caratteristica calcestruzzo	40,000	[MPa]
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15,00	
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso	1,00	
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO		

### Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

Tensione ammissibile acciaio	450,000	[MPa]
Tensione snervamento acciaio	450,000	[MPa]
Modulo elastico E	210000,000	[MPa]
Fattore di incrudimento acciaio	1,00	

## Combinazioni

### Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N	sforzo normale espresso in [kN]
M <sub>Y</sub>	momento lungo Y espresso in [kNm]
M <sub>X</sub>	momento lungo X espresso in [kNm]
M <sub>t</sub>	momento torcente espresso in [kNm]
T <sub>Y</sub>	taglio lungo Y espresso in [kN]
T <sub>X</sub>	taglio lungo X espresso in [kN]
VD	verifica di dominio
VT	verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLER - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M <sub>Y</sub>	M <sub>X</sub>	M <sub>t</sub>	T <sub>Y</sub>	T <sub>X</sub>	VD	VT
1	0,0000	528,3600	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
2	0,0000	-322,3300	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
3	0,0000	-27,1800	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
4	0,0000	-252,0200	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
5	0,0000	403,2700	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
6	0,0000	-244,9900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
7	0,0000	226,6300	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	230

8            0,0000       -160,5600       0,0000       0,0000       0,0000       0,0000       0,0000       NO       SLEQP

## Risultati analisi

### Caratteristiche asse neutro

#### Simbologia adottata

N°            numero d'ordine della combinazione  
Xc            posizione asse neutro espresso in [cm]  
α            inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]  
(xi; yi) - (xf; yf)            Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	Xc	α	(xi; yi)	(xf; yf)
5	25,87	0,00	(0,00; 64,13)	(100,00; 64,13)
6	15,08	0,00	(100,00; 15,08)	(0,00; 15,08)
7	25,87	0,00	(0,00; 64,13)	(100,00; 64,13)
8	15,08	0,00	(100,00; 15,08)	(0,00; 15,08)

### Risultati tensionali

#### Simbologia adottata

N°            numero d'ordine della combinazione  
σ<sub>c-max</sub>       Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [MPa]  
σ<sub>c-min</sub>       Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [MPa]  
σ<sub>f-max</sub>       Tensione massima nel ferro espresso in [MPa]  
σ<sub>f-min</sub>       Tensione minima nel ferro espresso in [MPa]  
τ<sub>c</sub>            Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [MPa]

N°	σ <sub>c-max</sub>	σ <sub>c-min</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>f-max</sub>	σ <sub>f-min</sub>
5	3,801	0,000	0,000	39,387	-122,371
6	3,084	0,000	0,000	19,878	-205,280
7	2,136	0,000	0,000	22,135	-68,770
8	2,021	0,000	0,000	13,027	-134,535

### Sollecitazioni ultime

#### Simbologia adottata

N°            numero d'ordine della combinazione  
N<sub>u</sub>            Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]  
M<sub>Xu</sub>          Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]  
M<sub>Yu</sub>          Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]  
FS            Fattore di sicurezza

#### Combinazione n° 1

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
0,0000	0,0000	<u>1349,6867</u>	2,55

#### Combinazione n° 2

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
0,0000	0,0000	<u>-490,3199</u>	1,52

#### Combinazione n° 3

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
0,0000	0,0000	<u>-490,3198</u>	18,04

#### Combinazione n° 4

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
0,0000	0,0000	<u>-490,3198</u>	1,95

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>231</b>

### Risultati fessurazione

#### *Simbologia adottata*

N°	numero d'ordine della combinazione
M <sub>x</sub>	Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]
M <sub>y</sub>	Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]
σ <sub>f</sub>	Tensione nell'acciaio, espressa in [MPa]
σ <sub>c</sub>	Tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]
A <sub>eff</sub>	Area efficace a trazione, espressa in [cmq]
ε	Deformazione media acciaio teso, espressa in [‰]
S <sub>rm</sub>	Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]
w	Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

N°	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	σ <sub>f</sub>	σ <sub>c</sub>	A <sub>eff</sub>	ε	S <sub>rm</sub>	w
5	0,0000	366,9675	-111,356	-8,573	2660,00	0,0341	217	0,1257
6	0,0000	-341,5843	-286,218	-21,362	2300,00	0,0000	0	0,0000
7	0,0000	366,9675	-111,356	-8,573	2660,00	0,0000	0	0,0000
8	0,0000	-341,5843	-286,218	-21,362	2300,00	0,0000	0	0,0000

### Inviluppo verifiche tensionali

#### *Simbologia adottata*

TC	Tipo combinazione
scc	tensione di compressione nel cls espresso in [MPa]
scl	tensione di compressione limite nel cls espresso in [MPa]
sct	tensione di trazione nel cls espresso in [MPa]
sctl	tensione di trazione limite nel cls espresso in [MPa]
sfc, sft	tensione minima e massima nell'armatura espressa in [MPa]
sf	tensione limite nell'armatura espressa in [MPa]
Comb.	Combinazione critica

#### **Sezione n° 1 - Solettone**

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLEQP	2,021	13,280	-10,041	3,099	-134,535	13,027	450,000	8
SLER	3,084	18,260	-15,321	3,099	-205,280	19,878	337,500	6

### Inviluppo verifiche fessurazione

#### *Simbologia adottata*

TC	Tipo combinazione
sf	tensione nell'acciaio espresso in [MPa]
sc	tensione nel cls espresso in [MPa]
A <sub>eff</sub>	Area efficace a trazione espresso in [cmq]
Eps	Deformazione espressa in [‰]
sr	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w, wl	ampiezza fessure e fessura limite espresse in [mm]
Comb.	Combinazione critica

#### **Sezione n° 1 - Solettone**

TC	sf	sc	A <sub>eff</sub>	Eps	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-111,356	-8,573	260,861	0,0000	0,000	0,000	0,200	7
SLER	-111,356	-8,573	260,861	0,0341	216,514	0,126	0,200	5

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	232

**16.2.1.2 Verifica a taglio SLU, SLV**

Secondo le sollecitazioni associate alle combinazioni di carico allo SLU riportate nel capitolo precedente, si riporta la relativa verifica di resistenza a taglio.

Il valore dei tagli resistenti è stato, invece, ricavato attraverso un apposito foglio di calcolo realizzato in accordo con il D.M. 14/01/2008 p.to 4.1.2.1.3.2.

NOME: SOLETTONE SUPERIORE				CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)							Rev. 10.1
DATI SEZIONE				AZIONI CALCOLO				CALCESTRUZZO			
$b_w$	$d$	$\theta$	$\cotg \theta$	$N_{Ed}$	$V_{Ed}$	$M_{Ed}$	$f_{ck}$	$f_{cd}$	$\gamma_c$		
(m)	(m)	(°)		(kN)	(kN)	(kNm)	(MPa)	(MPa)			
1.00	0.81	45.00	1.00	0.0	383.7	322.3	33.20	18.81	1.50		
				$1,00 \leq \cotg \theta \leq 2,50$							
VERIFICA ARMATURE LONGITUDINALI (§4.1.2.1.3.1)											
	$f_{yd}$	$n$	$\emptyset$	$A_{sl,\emptyset}$	$A_{sl}$						
	(MPa)		(mm)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )						
Barre B450C	391.3	10	24	4.52	45.24						
VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1)											
	$A_{sl}$	$k_1$	$k$	$\rho_l$ (%)	$v_{min}$	$\sigma_{cp}$	$\alpha_c$	$V_{Rd}$	$V_{Ed}/V_{Rd}$		
	(cm <sup>2</sup> )			(%)	(MPa)	(MPa)		(kN)			
	45.24	0.15	1.50	0.56%	0.37	0.00	1.00	386.1	99.4% VERIFICA OK		



Non si è reso necessario l’inserimento di armatura trasversale per questa sezione.

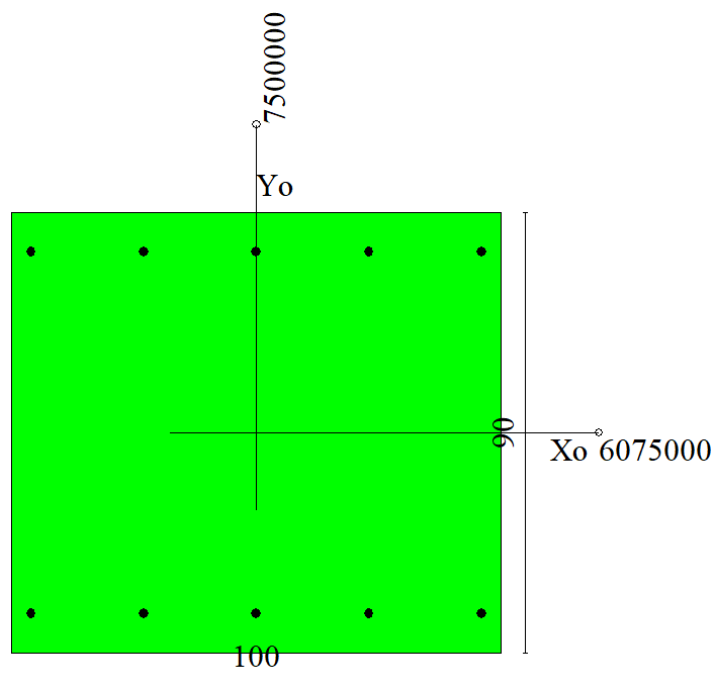
MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	233

## 16.2.2 Muri laterali

Nel seguente paragrafo vengono riportate le sollecitazioni per il muro laterale per le combinazioni di carico allo SLU e le relative verifiche di resistenza a pressoflessione e taglio.

### 16.2.2.1 Verifica a pressoflessione SLU, SLV, SLE

La sezione è armata con un quantitativo di armatura longitudinale nel lato teso di  $\Phi 20/20$  e nel lato compresso di  $\Phi 20/20$  come rappresentato nella figura seguente per un totale di 10 ferri. I domini di resistenza M-N e i coefficienti di sicurezza a pressoflessione sono ottenuti attraverso il software SAX 10.0 distribuito da Aztec.



## Dati

<b>Nome sezione:</b>	Muro laterale
Tipo sezione	Rettangolare
Base	100,0 [cm]
Altezza	90,0 [cm]

### Caratteristiche geometriche

Area sezione	9000,00 [cmq]
Inerzia in direzione X	7500000,0 [cm <sup>4</sup> ]
Inerzia in direzione Y	6075000,0 [cm <sup>4</sup> ]
Inerzia in direzione XY	0,0 [cm <sup>4</sup> ]
Ascissa baricentro sezione	$X_G = 50,00$ [cm]
Ordinata baricentro sezione	$Y_G = 45,00$ [cm]

### Elenco ferri

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>234</b>

### Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

N°	numero d'ordine
X	Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
Y	Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
d	Diametro ferro espresso in [mm]
ω	Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	ω
1	4,00	8,00	20	3,14
2	27,00	8,00	20	3,14
3	50,00	8,00	20	3,14
4	73,00	8,00	20	3,14
5	96,00	8,00	20	3,14
6	96,00	82,00	20	3,14
7	73,00	82,00	20	3,14
8	50,00	82,00	20	3,14
9	27,00	82,00	20	3,14
10	4,00	82,00	20	3,14

**Materiale impiegato** : Calcestruzzo armato

### Caratteristiche calcestruzzo

Resistenza caratteristica calcestruzzo	40,000	[MPa]
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15,00	
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso	1,00	
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO		

### Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

Tensione ammissibile acciaio	450,000	[MPa]
Tensione snervamento acciaio	450,000	[MPa]
Modulo elastico E	210000,000	[MPa]
Fattore di incrudimento acciaio	1,00	

### Combinazioni

#### Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N	sforzo normale espresso in [kN]
M <sub>y</sub>	momento lungo Y espresso in [kNm]
M <sub>x</sub>	momento lungo X espresso in [kNm]
M <sub>t</sub>	momento torcente espresso in [kNm]
T <sub>y</sub>	taglio lungo Y espresso in [kN]
T <sub>x</sub>	taglio lungo X espresso in [kN]
VD	verifica di dominio
VT	verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLER - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>t</sub>	T <sub>y</sub>	T <sub>x</sub>	VD	VT
1	284,4400	300,7400	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
2	284,4400	-362,8600	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
3	161,4800	-170,5600	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
4	332,6000	-258,7800	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
5	200,3400	259,4200	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
6	200,3400	-279,1300	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
7	127,3000	139,3600	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
8	277,8200	-177,6400	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	235

## Risultati analisi

### Caratteristiche asse neutro

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
 Xc posizione asse neutro espresso in [cm]  
 α inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]  
 (xi; yi) - (xf; yf) Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	Xc	α	(xi; yi)	(xf; yf)
5	21,35	0,00	(0,00; 68,65)	(100,00; 68,65)
6	20,95	0,00	(100,00; 20,95)	(0,00; 20,95)
7	22,43	0,00	(0,00; 67,57)	(100,00; 67,57)
8	28,40	0,00	(100,00; 28,40)	(0,00; 28,40)

### Risultati tensionali

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
 σ<sub>c-max</sub> Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [MPa]  
 σ<sub>c-min</sub> Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [MPa]  
 σ<sub>f-max</sub> Tensione massima nel ferro espresso in [MPa]  
 σ<sub>f-min</sub> Tensione minima nel ferro espresso in [MPa]  
 τ<sub>c</sub> Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [MPa]

N°	σ <sub>c-max</sub>	σ <sub>c-min</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>f-max</sub>	σ <sub>f-min</sub>
5	3,672	0,000	0,000	34,438	-156,431
6	3,953	0,000	0,000	36,654	-172,746
7	1,967	0,000	0,000	18,982	-78,376
8	2,428	0,000	0,000	26,157	-68,737

### Sollecitazioni ultime

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
 N<sub>u</sub> Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]  
 M<sub>Xu</sub> Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]  
 M<sub>Yu</sub> Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]  
 FS Fattore di sicurezza

#### Combinazione n° 1

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
<u>731,5297</u>	0,0000	<u>773,4504</u>	2,57
<u>17329,2390</u>	0,0000	300,7400	60,92
284,4400	0,0000	<u>600,5037</u>	2,00

#### Combinazione n° 2

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
<u>552,4717</u>	0,0000	<u>-704,7879</u>	1,94
<u>17146,6048</u>	0,0000	-362,8600	60,28
284,4400	0,0000	<u>-600,5037</u>	1,65

#### Combinazione n° 3

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
<u>732,6953</u>	0,0000	<u>-773,8947</u>	4,54
<u>17702,0454</u>	0,0000	-170,5600	109,62
161,4800	0,0000	<u>-552,0832</u>	3,24



MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	236

Combinazione n° 4

<b>N<sub>u</sub></b>	<b>M<sub>Xu</sub></b>	<b>M<sub>Yu</sub></b>	<b>FS</b>
<u>1237,2722</u>	0,0000	<u>-962,6617</u>	3,72
<u>17450,9887</u>	0,0000	<u>-258,7800</u>	52,47
332,6000	0,0000	<u>-619,3707</u>	2,39

**Risultati fessurazione**

**Simbologia adottata**

N°	numero d'ordine della combinazione
M <sub>x</sub>	Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]
M <sub>y</sub>	Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]
σ <sub>f</sub>	Tensione nell'acciaio, espressa in [MPa]
σ <sub>c</sub>	Tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]
A <sub>eff</sub>	Area efficace a trazione, espressa in [cmq]
ε	Deformazione media acciaio teso, espressa in [°]
S <sub>rm</sub>	Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]
w	Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

N°	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	σ <sub>f</sub>	σ <sub>c</sub>	A <sub>eff</sub>	ε	S <sub>rm</sub>	w
5	0,0000	358,6025	-238,723	-17,963	2300,00	0,0000	0	0,0000
6	0,0000	-358,6166	-238,735	-17,964	2300,00	0,0000	0	0,0000
7	0,0000	347,0935	-251,006	-18,845	2300,00	0,0000	0	0,0000
8	0,0000	-370,8235	-226,092	-17,056	2300,00	0,0000	0	0,0000

**Inviluppo verifiche tensionali**

**Simbologia adottata**

TC	Tipo combinazione
scc	tensione di compressione nel cls espresso in [MPa]
scl	tensione di compressione limite nel cls espresso in [MPa]
sct	tensione di trazione nel cls espresso in [MPa]
sctl	tensione di trazione limite nel cls espresso in [MPa]
sfc, sft	tensione minima e massima nell'armatura espressa in [MPa]
sf	tensione limite nell'armatura espressa in [MPa]
Comb.	Combinazione critica

**Sezione n° 2 - Muro laterale**

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLEQP	2,428	13,280	-5,266	3,099	-68,737	26,157	450,000	8
SLER	3,953	18,260	-13,026	3,099	-172,746	36,654	337,500	6

**Inviluppo verifiche fessurazione**

**Simbologia adottata**

TC	Tipo combinazione
sf	tensione nell'acciaio espresso in [MPa]
sc	tensione nel cls espresso in [MPa]
A <sub>eff</sub>	Area efficace a trazione espresso in [cmq]
Eps	Deformazione espressa in [%]
sr	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w, wl	ampiezza fessure e fessura limite espresse in [mm]
Comb.	Combinazione critica

**Sezione n° 2 - Muro laterale**

TC	sf	sc	A <sub>eff</sub>	Esp	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-251,006	-18,845	225,557	0,0000	0,000	0,000	0,200	7
SLER	-238,723	-17,963	225,557	0,0000	0,000	0,000	0,200	5

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

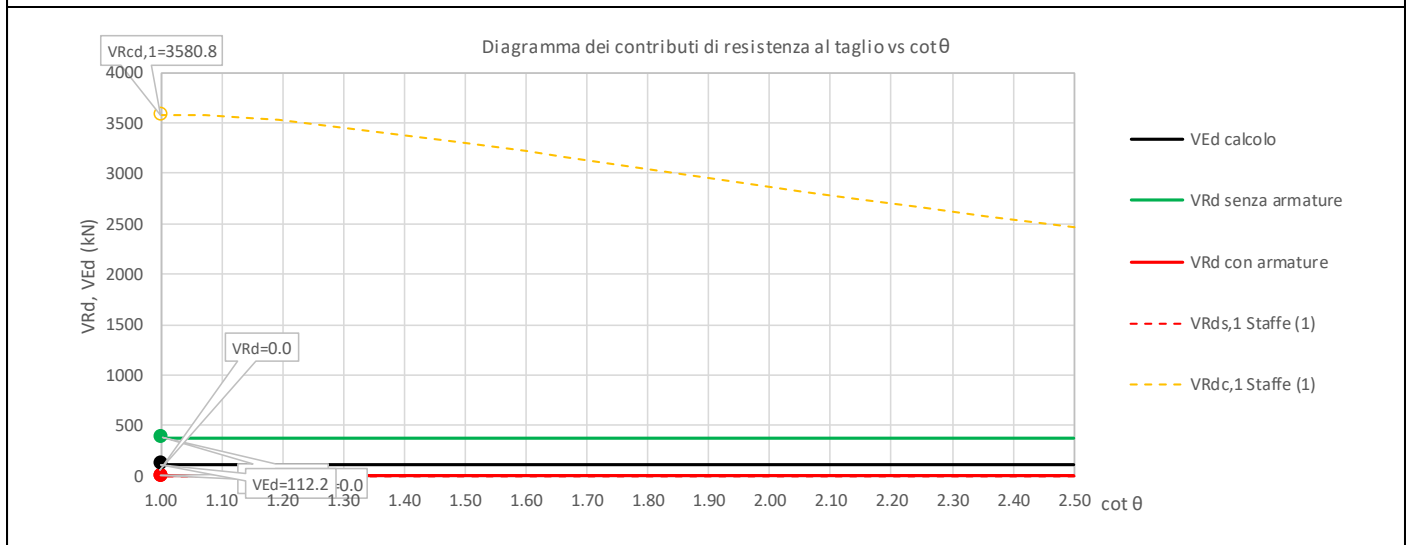
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	237

**16.2.2.2 Verifica a taglio SLU, SLV**

Secondo le sollecitazioni associate alle combinazioni di carico allo SLU riportate nel capitolo precedente, si riporta la relativa verifica di resistenza a taglio.

Il valore dei tagli resistenti è stato, invece, ricavato attraverso un apposito foglio di calcolo realizzato in accordo con il D.M. 14/01/2008 p.to 4.1.2.1.3.2.

NOME: MURI LATERALI				CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)							Rev. 10.1
DATI SEZIONE				AZIONI CALCOLO			CALCESTRUZZO				
$b_w$	$d$	$\theta$	$\cotg \theta$	$N_{Ed}$	$V_{Ed}$	$M_{Ed}$	$f_{ck}$	$f_{cd}$	$\gamma_c$		
(m)	(m)	(°)		(kN)	(kN)	(kNm)	(MPa)	(MPa)			
1.00	0.82	45.00	1.00	-487.6	112.2	295.8	33.20	18.81	1.50		
				$1,00 \leq \cotg \theta \leq 2,50$							
VERIFICA ARMATURE LONGITUDINALI (§4.1.2.1.3.1)											
	$f_{yd}$	$n$	$\emptyset$	$A_{sl,\emptyset}$	$A_{sl}$						
	(MPa)		(mm)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )						
Barre B450C	391.3	5	20	3.14	15.71						
VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1)											
	$A_{sl}$	$k_1$	$k$	$\rho_l$ (%)	$v_{min}$	$\sigma_{cp}$	$\alpha_c$	$V_{Rd}$	$V_{Ed}/V_{Rd}$		
	(cm <sup>2</sup> )			(%)	(MPa)	(MPa)		(kN)			
	15.71	0.15	1.49	0.19%	0.37	0.59	1.03	375.1	29.9%	VERIFICA OK	



Non si è reso necessario l'inserimento di armatura trasversale per questa sezione.

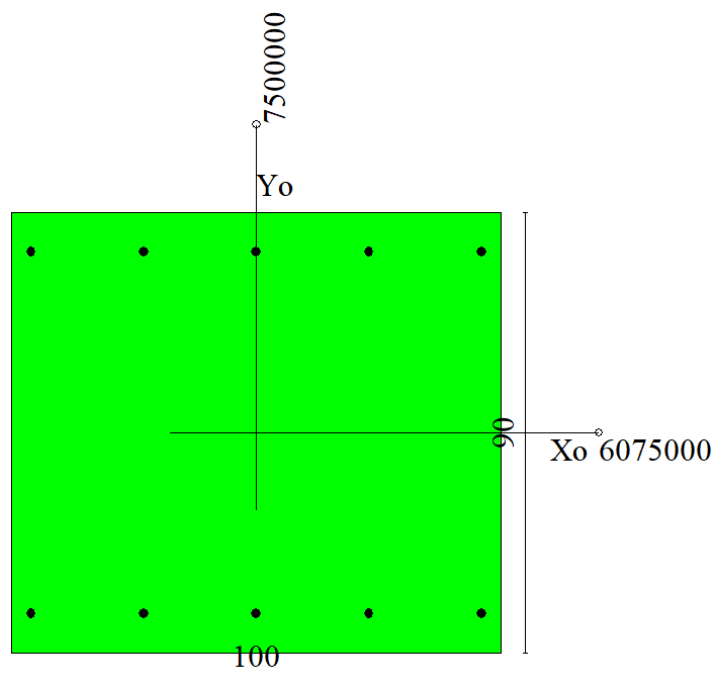
MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	238

### 16.2.3 Muro centrale

Nel seguente paragrafo vengono riportate le sollecitazioni per il muro centrale per le combinazioni di carico allo SLU e le relative verifiche di resistenza a pressoflessione e taglio.

#### 16.2.3.1 Verifica a pressoflessione SLU, SLV, SLE

La sezione è armata con un quantitativo di armatura longitudinale nel lato teso di  $\Phi 20/20$  e nel lato compresso di  $\Phi 20/20$  come rappresentato nella figura seguente per un totale di 10 ferri. I domini di resistenza M-N e i coefficienti di sicurezza a pressoflessione sono ottenuti attraverso il software SAX 10.0 distribuito da Aztec.



### Dati

<b>Nome sezione:</b>	Muro centrale
Tipo sezione	Rettangolare
Base	100,0 [cm]
Altezza	90,0 [cm]

### Caratteristiche geometriche

Area sezione	9000,00 [cmq]
Inerzia in direzione X	7500000,0 [cm <sup>4</sup> ]
Inerzia in direzione Y	6075000,0 [cm <sup>4</sup> ]
Inerzia in direzione XY	0,0 [cm <sup>4</sup> ]
Ascissa baricentro sezione	$X_G = 50,00$ [cm]
Ordinata baricentro sezione	$Y_G = 45,00$ [cm]

### Elenco ferri

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>239</b>

### Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

N°	numero d'ordine
X	Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
Y	Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
d	Diametro ferro espresso in [mm]
ω	Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	ω
1	96,00	82,00	20	3,14
2	73,00	82,00	20	3,14
3	50,00	82,00	20	3,14
4	27,00	82,00	20	3,14
5	4,00	82,00	20	3,14
6	4,00	8,00	20	3,14
7	27,00	8,00	20	3,14
8	50,00	8,00	20	3,14
9	73,00	8,00	20	3,14
10	96,00	8,00	20	3,14

**Materiale impiegato** : Calcestruzzo armato

### Caratteristiche calcestruzzo

Resistenza caratteristica calcestruzzo	40,000	[MPa]
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15,00	
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso	1,00	
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO		

### Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

Tensione ammissibile acciaio	450,000	[MPa]
Tensione snervamento acciaio	450,000	[MPa]
Modulo elastico E	210000,000	[MPa]
Fattore di incrudimento acciaio	1,00	

### Combinazioni

#### Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N	sfuerzo normale espresso in [kN]
M <sub>y</sub>	momento lungo Y espresso in [kNm]
M <sub>x</sub>	momento lungo X espresso in [kNm]
M <sub>t</sub>	momento torcente espresso in [kNm]
T <sub>y</sub>	taglio lungo Y espresso in [kN]
T <sub>x</sub>	taglio lungo X espresso in [kN]
VD	verifica di dominio
VT	verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLER - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>t</sub>	T <sub>y</sub>	T <sub>x</sub>	VD	VT
1	813,1900	54,6500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
2	813,1900	-20,3900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
3	528,4200	64,3300	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
4	528,4200	-62,9300	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
5	575,0800	37,9800	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
6	575,0800	-13,7700	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
7	470,1200	2,9200	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	240

## Risultati analisi

### Caratteristiche asse neutro

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
 Xc posizione asse neutro espresso in [cm]  
 α inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]  
 (xi; yi) - (xf; yf) Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	Xc	α	(xi; yi)	(xf; yf)
5	152,43	0,00	(0,00; -62,43)	(100,00; -62,43)
6	341,32	0,00	(100,00; 341,32)	(0,00; 341,32)
7	1187,34	0,00	(0,00; -1097,34)	(100,00; -1097,34)

### Risultati tensionali

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
 σ<sub>c-max</sub> Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [MPa]  
 σ<sub>c-min</sub> Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [MPa]  
 σ<sub>f-max</sub> Tensione massima nel ferro espresso in [MPa]  
 σ<sub>f-min</sub> Tensione minima nel ferro espresso in [MPa]  
 τ<sub>c</sub> Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [MPa]

N°	σ <sub>c-max</sub>	σ <sub>c-min</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>f-max</sub>	σ <sub>f-min</sub>
5	0,862	0,000	0,000	12,244	5,971
6	0,699	0,000	0,000	10,245	7,971
7	0,516	0,000	0,000	7,687	7,204

### Sollecitazioni ultime

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
 N<sub>u</sub> Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]  
 M<sub>Xu</sub> Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]  
 M<sub>Yu</sub> Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]  
 FS Fattore di sicurezza

#### Combinazione n° 1

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
<u>15111,5243</u>	0,0000	<u>1015,5619</u>	18,58
<u>18019,1648</u>	0,0000	54,6500	22,16
813,1900	0,0000	<u>804,4859</u>	14,72

#### Combinazione n° 2

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
<u>16960,5546</u>	0,0000	<u>-425,2705</u>	20,86
<u>18109,6069</u>	0,0000	-20,3900	22,27
813,1900	0,0000	<u>-804,4859</u>	39,45

#### Combinazione n° 3

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
<u>13082,1337</u>	0,0000	<u>1592,6227</u>	24,76
<u>17993,3372</u>	0,0000	64,3300	34,05
528,4200	0,0000	<u>695,5026</u>	10,81

#### Combinazione n° 4

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>241</b>

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
13177,3231	0,0000	-1569,2989	24,94
17997,0821	0,0000	-62,9300	34,06
528,4200	0,0000	-695,5026	11,05

**Risultati fessurazione**

*Simbologia adottata*

N°	numero d'ordine della combinazione
M <sub>x</sub>	Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]
M <sub>y</sub>	Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]
σ <sub>r</sub>	Tensione nell'acciaio, espressa in [MPa]
σ <sub>c</sub>	Tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]
A <sub>eff</sub>	Area efficace a trazione, espressa in [cmq]
ε	Deformazione media acciaio teso, espressa in [‰]
S <sub>rm</sub>	Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]
w	Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

N°	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	σ <sub>r</sub>	σ <sub>c</sub>	A <sub>eff</sub>	ε	S <sub>rm</sub>	w
5	0,0000	417,6910	-181,741	-13,862	2300,00	0,0000	0	0,0000
6	0,0000	-417,7043	-181,752	-13,863	2300,00	0,0000	0	0,0000
7	0,0000	401,1350	-196,604	-14,933	2300,00	0,0000	0	0,0000

**Inviluppo verifiche tensionali**

*Simbologia adottata*

TC	Tipo combinazione
scc	tensione di compressione nel cls espresso in [MPa]
scl	tensione di compressione limite nel cls espresso in [MPa]
sct	tensione di trazione nel cls espresso in [MPa]
sctl	tensione di trazione limite nel cls espresso in [MPa]
sfc, sft	tensione minima e massima nell'armatura espressa in [MPa]
sf	tensione limite nell'armatura espressa in [MPa]
Comb.	Combinazione critica

**Sezione n° 3 - Muro centrale**

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLEQP	0,516	13,280	0,477	3,099	7,204	7,687	450,000	7
SLER	0,862	18,260	0,353	3,099	5,971	12,244	337,500	5

**Inviluppo verifiche fessurazione**

*Simbologia adottata*

TC	Tipo combinazione
sf	tensione nell'acciaio espresso in [MPa]
sc	tensione nel cls espresso in [MPa]
A <sub>eff</sub>	Area efficace a trazione espresso in [cmq]
Eps	Deformazione espressa in [%]
sr	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w, wl	ampiezza fessure e fessura limite espresse in [mm]
Comb.	Combinazione critica

**Sezione n° 3 - Muro centrale**

TC	sf	sc	A <sub>eff</sub>	Eps	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-196,604	-14,933	225,557	0,0000	0,000	0,000	0,200	7
SLER	-181,741	-13,862	225,557	0,0000	0,000	0,000	0,200	5

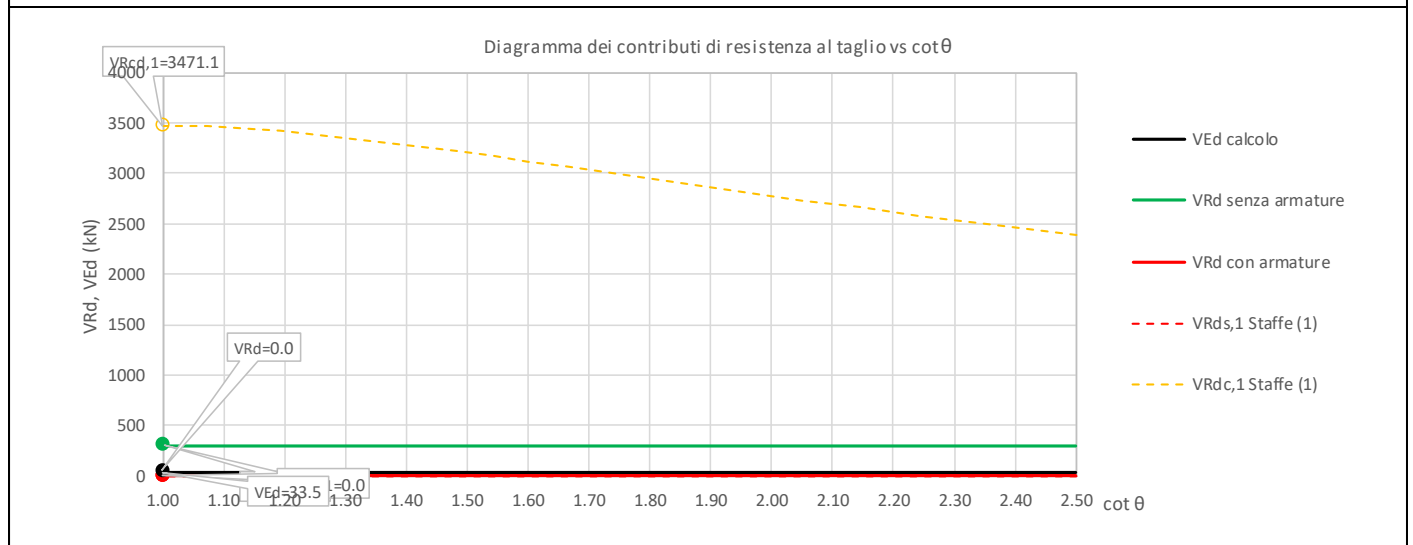
MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 03 04</b>			PROGR <b>001</b>

### 16.2.3.2 Verifica a taglio SLU, SLV

Secondo le sollecitazioni associate alle combinazioni di carico allo SLU riportate nel capitolo precedente, si riporta la relativa verifica di resistenza a taglio.

Il valore dei tagli resistenti è stato, invece, ricavato attraverso un apposito foglio di calcolo realizzato in accordo con il D.M. 14/01/2008 p.to 4.1.2.1.3.2.

NOME: MURO CENTRALE				CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)							Rev. 10.1	
DATI SEZIONE				AZIONI CALCOLO			CALCESTRUZZO					
$b_w$	$d$	$\theta$	$\cotg \theta$	$N_{Ed}$	$V_{Ed}$	$M_{Ed}$	$f_{ck}$	$f_{cd}$	$\gamma_c$			
(m)	(m)	(°)		(kN)	(kN)	(kNm)	(MPa)	(MPa)				
1.00	0.82	45.00	1.00	0.0	33.5	62.9	33.20	18.81	1.50			
$1,00 \leq \cotg \theta \leq 2,50$												
VERIFICA ARMATURE LONGITUDINALI (§4.1.2.1.3.1)												
	$f_{yd}$	$n$	$\emptyset$	$A_{sl,\emptyset}$	$A_{sl}$							
	(MPa)		(mm)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )							
Barre B450C	391.3	5	20	3.14	15.71							
VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1)												
	$A_{sl}$	$k_1$	$k$	$\rho_l$ (%)	$v_{min}$	$\sigma_{cp}$	$\alpha_c$	$V_{Rd}$	$V_{Ed}/V_{Rd}$			
	(cm <sup>2</sup> )			(%)	(MPa)	(MPa)		(kN)				
	15.71	0.15	1.49	0.19%	0.37	0.00	1.00	301.9	11.1%	VERIFICA OK		



Non si è reso necessario l'inserimento di armatura trasversale per questa sezione.

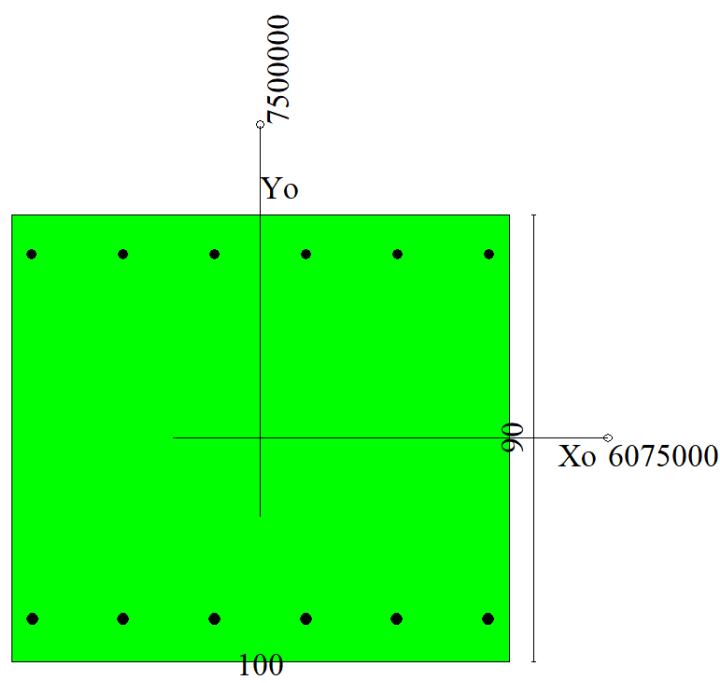
MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	243

## 16.2.4 Plinto fondazione

Nel seguente paragrafo vengono riportate le sollecitazioni per il plinto di fondazione per le combinazioni di carico allo SLU e le relative verifiche di resistenza a pressoflessione e taglio.

### 16.2.4.1 Verifica a pressoflessione SLU, SLV, SLE

La sezione è armata con un quantitativo di armatura longitudinale nel lato teso di  $\Phi 24/15$  e nel lato compresso di  $\Phi 20/15$  come rappresentato nella figura seguente per un totale di 12 ferri. I domini di resistenza M-N e i coefficienti di sicurezza a pressoflessione sono ottenuti attraverso il software SAX 10.0 distribuito da Aztec.



## Dati

<b>Nome sezione:</b>	Fondazione
Tipo sezione	Rettangolare
Base	100,0 [cm]
Altezza	90,0 [cm]

### Caratteristiche geometriche

Area sezione	9000,00 [cmq]
Inerzia in direzione X	7500000,0 [cm <sup>4</sup> ]
Inerzia in direzione Y	6075000,0 [cm <sup>4</sup> ]
Inerzia in direzione XY	0,0 [cm <sup>4</sup> ]
Ascissa baricentro sezione	$X_G = 50,00$ [cm]
Ordinata baricentro sezione	$Y_G = 45,00$ [cm]



MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>244</b>

#### Elenco ferri

##### Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

N°	numero d'ordine
X	Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
Y	Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
d	Diametro ferro espresso in [mm]
ω	Area del ferro espresso in [cmq]

N°	X	Y	d	ω
1	4,20	8,60	24	4,52
2	22,52	8,60	24	4,52
3	40,84	8,60	24	4,52
4	59,16	8,60	24	4,52
5	77,48	8,60	24	4,52
6	95,80	8,60	24	4,52
7	96,00	82,00	20	3,14
8	77,60	82,00	20	3,14
9	59,20	82,00	20	3,14
10	40,80	82,00	20	3,14
11	22,40	82,00	20	3,14
12	4,00	82,00	20	3,14

**Materiale impiegato** : Calcestruzzo armato

##### Caratteristiche calcestruzzo

Resistenza caratteristica calcestruzzo	40,000	[MPa]
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15,00	
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso	1,00	
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO		

##### Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

Tensione ammissibile acciaio	450,000	[MPa]
Tensione snervamento acciaio	450,000	[MPa]
Modulo elastico E	210000,000	[MPa]
Fattore di incrudimento acciaio	1,00	

#### Combinazioni

##### Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N	sforzo normale espresso in [kN]
M <sub>Y</sub>	momento lungo Y espresso in [kNm]
M <sub>X</sub>	momento lungo X espresso in [kNm]
M <sub>t</sub>	momento torcente espresso in [kNm]
T <sub>Y</sub>	taglio lungo Y espresso in [kN]
T <sub>X</sub>	taglio lungo X espresso in [kN]
VD	verifica di dominio
VT	verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLER - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M <sub>Y</sub>	M <sub>X</sub>	M <sub>t</sub>	T <sub>Y</sub>	T <sub>X</sub>	VD	VT
1	0,0000	488,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
2	0,0000	-272,0600	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
3	0,0000	211,4100	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
4	0,0000	-119,1100	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
5	0,0000	351,7900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
6	0,0000	-191,0200	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
7	0,0000	188,6600	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP
8	0,0000	-117,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	245

## Risultati analisi

### Caratteristiche asse neutro

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
 Xc posizione asse neutro espresso in [cm]  
 α inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]  
 (xi; yi) - (xf; yf) Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	Xc	α	(xi; yi)	(xf; yf)
5	20,59	0,00	(0,00; 69,41)	(100,00; 69,41)
6	17,21	0,00	(100,00; 17,21)	(0,00; 17,21)
7	20,59	0,00	(0,00; 69,41)	(100,00; 69,41)
8	17,21	0,00	(100,00; 17,21)	(0,00; 17,21)

### Risultati tensionali

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
 σ<sub>c-max</sub> Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [MPa]  
 σ<sub>c-min</sub> Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [MPa]  
 σ<sub>f-max</sub> Tensione massima nel ferro espresso in [MPa]  
 σ<sub>f-min</sub> Tensione minima nel ferro espresso in [MPa]  
 τ<sub>c</sub> Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [MPa]

N°	σ <sub>c-max</sub>	σ <sub>c-min</sub>	τ <sub>c</sub>	σ <sub>f-max</sub>	σ <sub>f-min</sub>
5	3,934	0,000	0,000	36,081	-174,263
6	2,370	0,000	0,000	17,791	-133,843
7	2,110	0,000	0,000	19,350	-93,455
8	1,452	0,000	0,000	10,897	-81,979

### Sollecitazioni ultime

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
 N<sub>u</sub> Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]  
 M<sub>Xu</sub> Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]  
 M<sub>Yu</sub> Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]  
 FS Fattore di sicurezza

#### Combinazione n° 1

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
0,0000	0,0000	<u>823,1500</u>	1,69

#### Combinazione n° 2

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
0,0000	0,0000	<u>-583,1459</u>	2,14

#### Combinazione n° 3

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
0,0000	0,0000	<u>823,1500</u>	3,89

#### Combinazione n° 4

N <sub>u</sub>	M <sub>Xu</sub>	M <sub>Yu</sub>	FS
0,0000	0,0000	<u>-583,1460</u>	4,90

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	246

### Risultati fessurazione

#### *Simbologia adottata*

N°	numero d'ordine della combinazione
M <sub>x</sub>	Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]
M <sub>y</sub>	Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]
σ <sub>f</sub>	Tensione nell'acciaio, espressa in [MPa]
σ <sub>c</sub>	Tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]
A <sub>eff</sub>	Area efficace a trazione, espressa in [cmq]
ε	Deformazione media acciaio teso, espressa in [‰]
S <sub>rm</sub>	Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]
w	Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

N°	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	σ <sub>f</sub>	σ <sub>c</sub>	A <sub>eff</sub>	ε	S <sub>rm</sub>	w
5	0,0000	344,0572	-170,432	-12,969	2660,00	0,0433	268	0,1973
6	0,0000	-337,2468	-236,301	-17,699	2300,00	0,0000	0	0,0000
7	0,0000	344,0572	-170,432	-12,969	2660,00	0,0000	0	0,0000
8	0,0000	-337,2468	-236,301	-17,699	2300,00	0,0000	0	0,0000

### Inviluppo verifiche tensionali

#### *Simbologia adottata*

TC	Tipo combinazione
scc	tensione di compressione nel cls espresso in [MPa]
scl	tensione di compressione limite nel cls espresso in [MPa]
sct	tensione di trazione nel cls espresso in [MPa]
sctl	tensione di trazione limite nel cls espresso in [MPa]
sfc, sft	tensione minima e massima nell'armatura espressa in [MPa]
sf	tensione limite nell'armatura espressa in [MPa]
Comb.	Combinazione critica

#### Sezione n° 5 - Fondazione

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLEQP	2,110	13,280	-7,111	3,099	-93,455	19,350	450,000	7
SLER	3,934	18,260	-13,261	3,099	-174,263	36,081	337,500	5

### Inviluppo verifiche fessurazione

#### *Simbologia adottata*

TC	Tipo combinazione
sf	tensione nell'acciaio espresso in [MPa]
sc	tensione nel cls espresso in [MPa]
A <sub>eff</sub>	Area efficace a trazione espresso in [cmq]
Eps	Deformazione espressa in [‰]
sr	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w, wl	ampiezza fessure e fessura limite espresse in [mm]
Comb.	Combinazione critica

#### Sezione n° 5 - Fondazione

TC	sf	sc	A <sub>eff</sub>	Eps	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-170,432	-12,969	260,861	0,0000	0,000	0,000	0,200	7
SLER	-170,432	-12,969	260,861	0,0433	268,104	0,197	0,200	5

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

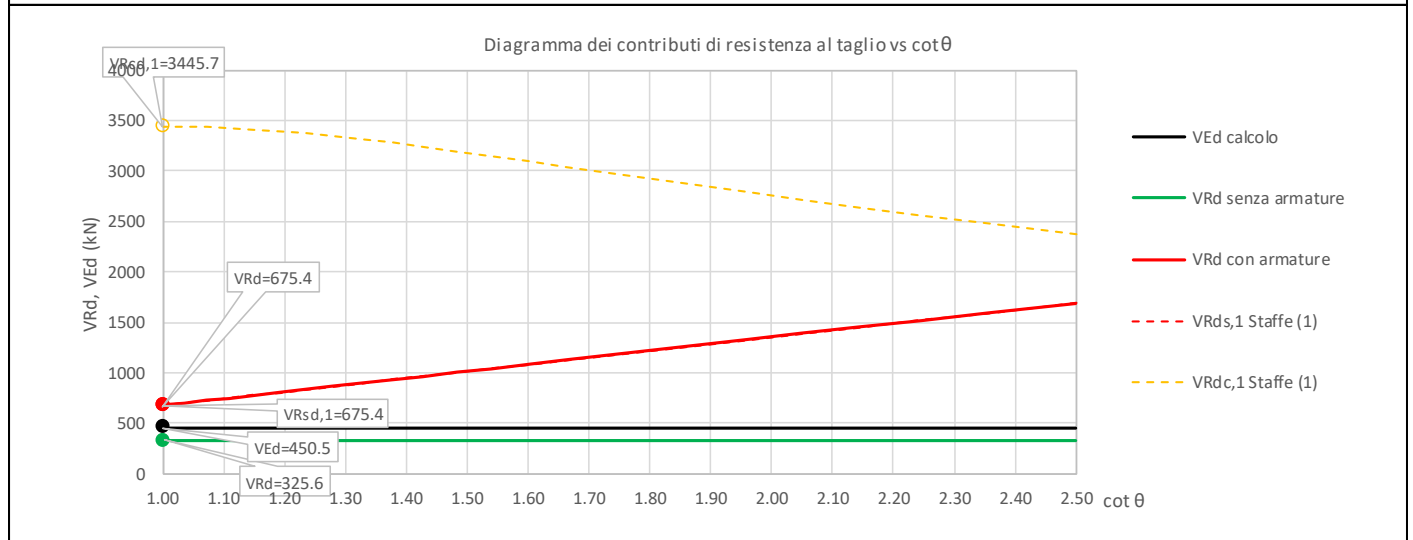
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>247</b>

**16.2.4.2 Verifica a taglio SLU, SLV**

Secondo le sollecitazioni associate alle combinazioni di carico allo SLU riportate nel capitolo precedente, si riporta la relativa verifica di resistenza a taglio.

Il valore dei tagli resistenti è stato, invece, ricavato attraverso un apposito foglio di calcolo realizzato in accordo con il D.M. 14/01/2008 p.to 4.1.2.1.3.2.

NOME: FONDAZIONE				CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)							Rev. 10.1	
DATI SEZIONE				AZIONI CALCOLO			CALCESTRUZZO					
$b_w$	$d$	$\theta$	$\cotg \theta$	$N_{Ed}$	$V_{Ed}$	$M_{Ed}$	$f_{ck}$	$f_{cd}$	$\gamma_c$			
(m)	(m)	(°)		(kN)	(kN)	(kNm)	(MPa)	(MPa)				
1.00	0.81	45.00	1.00	0.0	450.5	488.0	33.20	18.81	1.50			
$1,00 \leq \cotg \theta \leq 2,50$												
VERIFICA ARMATURE LONGITUDINALI (§4.1.2.1.3.1)												
	$f_{yd}$	$n$	$\emptyset$	$A_{sl,\emptyset}$	$A_{sl}$							
	(MPa)		(mm)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )							
Barre B450C	391.3	6	24	4.52	27.14							
VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1)												
	$A_{sl}$	$k_1$	$k$	$\rho_l$ (%)	$V_{min}$	$\sigma_{cp}$	$\alpha_c$	$V_{Rd}$	$V_{Ed}/V_{Rd}$			
	(cm <sup>2</sup> )			(%)	(MPa)	(MPa)		(kN)				
	27.14	0.15	1.50	0.33%	0.37	0.00	1.00	325.6	138.3%	Necessaria armatura		
VERIFICA CON ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.2)												
	$f_{ywd}$	$n_b$	$\emptyset$	$A_{sw}$	$\alpha$	$s$	$V_{Rsd}$	$V_{Rcd}$	$V_{Rd}$	$V_{Rd}$	$V_{Ed}/V_{Rd}$	
	(MPa)		(mm)	(cm <sup>2</sup> )	(°)	(m)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)		
Staffe / Pioli (1)	391.3	3.0	20	9.42	90	0.40	675.4	3445.7	675.4	675.4	66.7% VERIFICA OK	
Ferri piegati (2)	391.3	0	0	0.00	45	-	0.0	6891.3	0.0			



Si è reso necessario per questa sezione l'inserimento di armatura trasversale, pari a 3φ20 ferri piegati.

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	248

## 17. ANALISI MURO POSTERIORE MURI SCATOLARI ESTERNI

Di seguito si riportano le analisi e le verifiche del muro posteriore a chiusura della struttura scatolare posta a monte della spalla denominata S01.

Il muro in c.a. presenta un'altezza pari a 6.80m e uno spessore pari a 0.90m. Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di riferimento.

### 17.1 ANALISI CARICHI MURO POSTERIORE MURI SCATOLARI ESTERNI

#### 17.1.1 Azioni permanenti strutturali ( $G_1$ )

Si riporta a seguire l'analisi dei carichi agenti sul muro posteriore a chiusura della struttura scatolare posta a monte della spalla in termini di pesi propri strutturali. Si considera uno spessore pari a 0.90m

$$g_1 = (0,90 \text{ m} * 1.00 \text{ m}) * 25 \text{ kN/m}^3 = 22,50 \text{ kN/m} \quad \text{Peso muro posteriore}$$

#### 17.1.2 Azioni permanenti non strutturali ( $G_2$ )

##### 17.1.2.1 Ballast ( $G_{2,1}$ )

Si applicano le pressioni verticali derivanti dal peso del cassonetto di ballast a tergo della spalla, di larghezza circa 9.00 m, spessore 0.80 m e peso specifico 20 kN/m<sup>3</sup>. Si considera una spinta a riposo con un coefficiente  $k_0$  pari a 0.03843.

Si valuta come carico permanente associato una pressione uniforme mediata sulla larghezza del muro di 12.50 m, come di seguito esposto:

$$G_2 = (0.80 * 20 * 8.2) / (12.80) = 10.25 \text{ kPa}$$

$$G_{2h} = 10.25 * 0.3843 = 3.94 \text{ kN/m}$$

Si ha pertanto una spinta a riposo distribuita sull'altezza del muro. Di seguito si riportano le azioni associate inserite nel modello FEM:

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	249

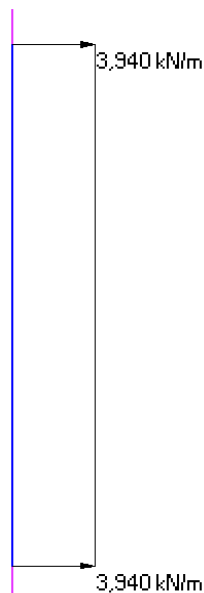


Figura 105. Azione associate alla presenza del cassonetto di ballast dietro alla spalla.

## 17.2 SPINTA DEL TERRENO (G<sub>3</sub>)

I valori delle spinte vengono computate automaticamente dai software secondo le metodologie seguenti, per ulteriori approfondimenti si rimanda direttamente al manuale d'uso.





Nome	Tipo	Y <sub>G1</sub> (Fav / Sfav)	ψ <sub>0</sub>	ψ <sub>1</sub>	ψ <sub>2</sub>
TERRENO, FALDA	Permanente	EQU 0.90 / 1.10 (A1) 1.00 / 1.30 (A2) 1.00 / 1.00	-	-	-

Le condizioni di spinta sono assunte in base agli spostamenti delle pareti, ovvero del grado di mobilitazione necessario per innescare il regime di spinta, vedi a riguardo le indicazioni contenute nell'EC7.

VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	250

Table C.1 — Ratios  $v_d/h$

Kind of wall movement		$v_d/h$ loose soil %	$v_d/h$ dense soil %
a)		0,4 to 0,5	0,1 to 0,2
b)		0,2	0,05 to 0,1
c)		0,8 to 1,0	0,2 to 0,5
d)		0,4 to 0,5	0,1 to 0,2

where:  
 $v_a$  is the wall motion to mobilise active earth pressure  
 $h$  is the height of the wall

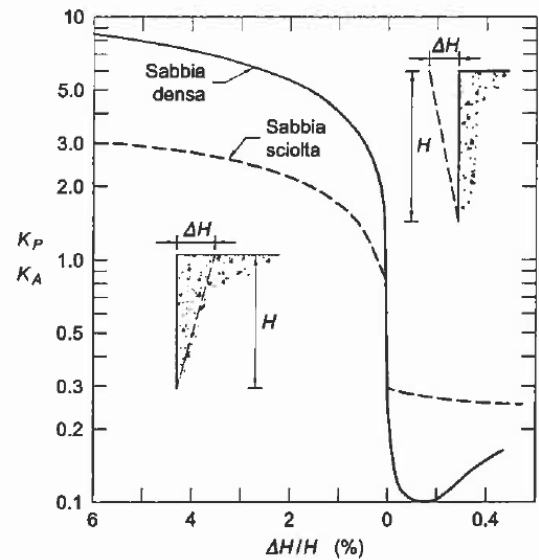


Figura 106 - Spostamenti relativi muro-terreno necessari per il raggiungimento di un regime di spinta attiva secondo EC7 Annex C e Lancillotta (1999)

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	251

### 17.2.1 Spinta a riposo

La spinta statica totale sulla parete  $S_{0h}$  si calcola secondo le seguenti relazioni:

$$S_{0h} = \int_0^H \sigma_h(z) dz \quad \text{spinta a riposo statica totale sul muro}$$

$$\sigma_h(z) = \sigma_v(z) \cdot k_0 \quad \text{pressione orizzontale di spinta del terreno}$$

Per piano campagna orizzontale si fa riferimento alla seguente correlazione (Jaky, 1944 e Schmidt, 1966):

$$k_0 = 1 - \sin(\varphi') \cdot OCR^\alpha$$

$$OCR = 1 \quad \text{grado di sovraconsolidazione}$$

$$\alpha = 0.5$$

Per pendio inclinato ( $\beta$ ) si può considerare che la spinta a riposo sia parallela al p.c. e che il coefficiente  $k_0$  valga:

$$k_0 = (1 - \sin(\varphi') \cdot OCR^\alpha) \cdot (1 + \sin \beta)$$

$$\beta = 0 \quad \text{angolo inclinazione tra profilo e piano orizzontale}$$

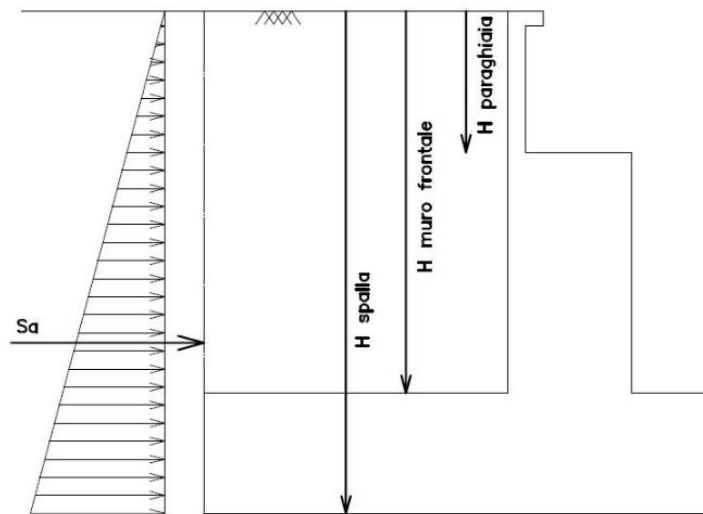


Figura 107: Schema per il calcolo degli effetti della spinta statica del terreno

Nel caso in esame si considera un'altezza del terreno pari all'altezza del muro posteriore più lo spessore del solettone superiore. Si ha pertanto una spinta a riposo distribuita sui muri esterni. Nel seguito si riporta il valore dell'azione sul muro posteriore:



MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	252

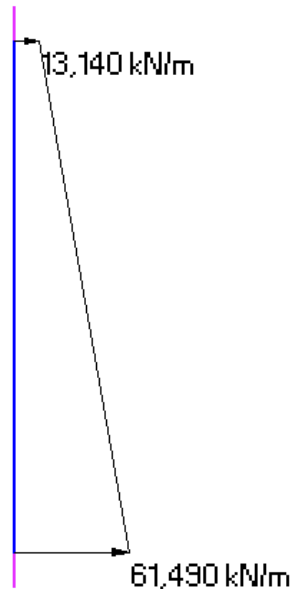


Figura 108. Azione associate alla spinta del terreno.

### 17.2.2 Spinta attiva

Il coefficiente di spinta attiva ( $K_a$ ) viene valutato ricorrendo alla correlazione generale di Mueller-Breslau basata sulla teoria di Coulomb e riferita a superfici di rottura piane. In questo caso l'approssimazione (rispetto a quanto si sarebbe ottenuto considerando superfici di rottura di geometria complessa) risulta molto contenuta e a favore di sicurezza.

La spinta attiva statica totale sulla parete  $S_{ah}$  si calcola secondo le seguenti relazioni:

$$S_{ah} = \int_0^H \sigma_h(z) dz$$

spinta attiva statica totale sul muro

$$K_a = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi)}{\text{sen}^2\psi \cdot \text{sen}(\psi - \delta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\varphi + \delta) \cdot \text{sen}(\varphi - \beta)}{\text{sen}(\psi - \delta) \cdot \text{sen}(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

coefficiente di spinta attiva

$$\sigma_h(z) = \sigma_v(z) \cdot K_a - 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}$$

pressione orizzontale di spinta del terreno

$\sigma_v(z)$  pressione verticale del terreno

$H$  altezza della parete di spinta

$\varphi$  angolo attrito del terreno

$\delta = 0$  attrito tra terreno e parete

$\psi = 90^\circ$  angolo tra parete di spinta e piano orizzontale

$\beta$  angolo inclinazione tra profilo e piano orizzontale

$c$  coesione del terreno

Nel caso in cui a monte della parete sia presente la falda il diagramma delle pressioni sulla parete risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni, viceversa al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume di galleggiamento:

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	253

$\gamma_{sat}$	peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori)
$\gamma_w$	peso di volume dell'acqua
$S_{ah} = \int_0^H \sigma'_h(z) dz + E_{ws} + E_{wd}$	spinta attiva statica totale efficace sul muro
$\sigma'_h(z) = \sigma'_h(z) \cdot K_a - 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}$	pressione orizzontale di spinta efficace del terreno
$\sigma'_v(z)$	pressione verticale efficace del terreno
$E_{ws}$	spinta idrostatica
$E_{wd}$	spinta idrodinamica

### 17.2.3 Pressioni idrostatiche

La distribuzione di forze delle spinte idrostatiche  $E_{ws}$  sulla parete sono descritte dalle seguenti relazioni:

$E_{ws}(z) = \gamma_w \cdot z$	spinta idrostatica
$z$	affondamento rispetto al pelo libero dell'acqua
$\gamma_w$	peso di volume dell'acqua

Cautelativamente la falda è stata posta in corrispondenza del piano di posa delle fondazioni. Pertanto, il regime di spinta non è influenzato dalla presenza della falda.

### 17.2.4 Azioni variabili orizzontali (Q)

#### 17.2.4.1 Azioni da traffico ferroviario ( $Q_1$ )

Sopra il profilo di monte della spalla si applicano le pressioni verticali derivanti dal transito ferroviario esterno. Come da normativa, si ipotizza come larghezza totale transitabile il tratto di profilo dove i carichi possono interagire con l'opera di sostegno, ovvero al di sopra della fondazione e all'interno del cuneo di spinta del terreno sulla parete.

Considerando carichi entrambi i binari, si valuta come carico accidentale associato una pressione uniforme media, come di seguito esposto:

$q = \frac{1}{L_T \cdot L_L} \cdot \sum_1^n Q_i$	pressione uniforme media sull'area caricata $L_T \cdot L_L$
$L_L = 6.40 \text{ m}$	lunghezza longitudinale interessata dai carichi (lunghezza fondazione di monte spalla, comprensiva del cuneo di spinta del terreno)
$L_T = 12.50 \text{ m}$	larghezza trasversale transitabile (larghezza muro posteriore)

Spalla S2

$$q = 1/(6.40 \cdot 12.80) \cdot (4 \cdot 250) \cdot 2 = 24.41 \text{ kPa}$$

L'azione da traffico ferroviaria applicata all'elemento si valuta come di seguito esposto:

$Sq = q \cdot k_0 \cdot L_T$	pressione uniforme media sull'area caricata $L_T \cdot L_L$
$k_0 = 1 - \sin(38^\circ) \cdot 1^{0.5} = 0.03843$	coefficiente di spinta a riposo

$$Sq = 24.41 \cdot 0.03843 = 9.38 \text{ kN/m}$$

Si ha pertanto una spinta a riposo distribuita sull'altezza del muro.

VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	254

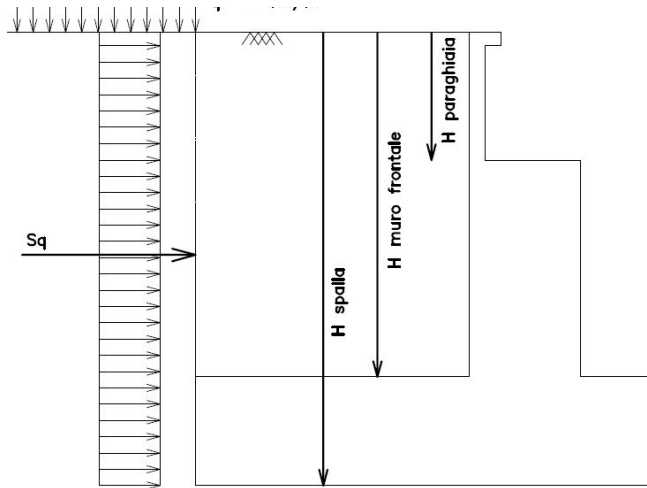


Figura 109: Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

Nel seguito si riporta il valore dell'azione sul muro posteriore:

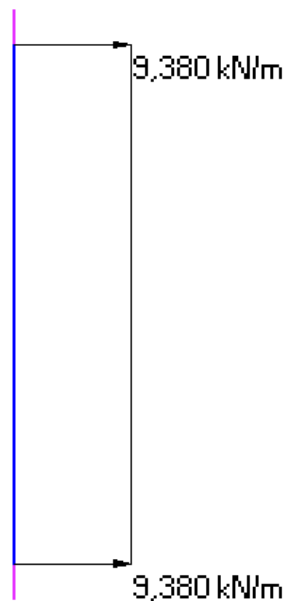
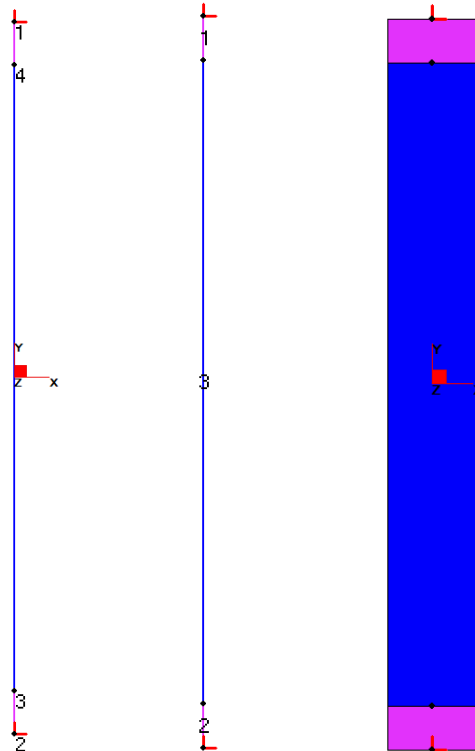


Figura 110. Azioni associate al sovraccarico longitudinale da traffico.

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>	MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 03 04</b>			PROGR <b>001</b>

### 17.3 DESCRIZIONE DEL MODELLO FEM

Per la determinazione delle sollecitazioni che interessano la struttura è stato realizzato un modello agli elementi finiti. Il muro è stato trattato come una trave a semplice appoggio. L'analisi è stato fatto considerando 1m di larghezza. Si riporta di seguito una descrizione del modello FEM.



*Figura 111 - Modello agli EF per il muro posteriore- Numerazione nodi - Numerazione elementi e indicazione zone nodali (viole)*

Nel modello sono state implementate le seguenti condizioni di vincolo:

- appoggi in corrispondenza all'asse del solettone superiore e all'asse plinto di fondazione.

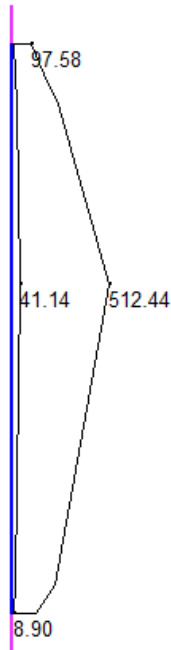
VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	256

### 17.3.1 Risultati del modello FEM

Nel seguito si riportano i valori delle sollecitazioni sulla struttura associate agli involuipi SLU, SLV, SLE rara e SLE quasi permanente.

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	8.90	512.44
	[Bm:3]	[Bm:3]



	MIN	MAX
SF2(kN)	-216.85	288.13
	[Bm:3]	[Bm:3]

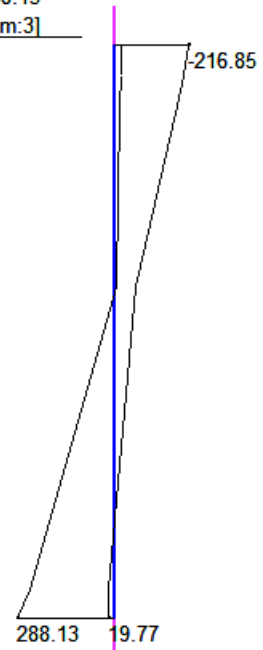
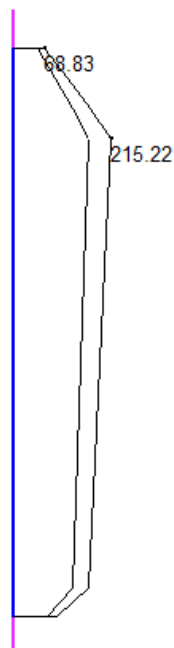


Figura 112 - ENV SLU – Momento flettente (kNm) – Taglio (kN)

	MIN	MAX
BM2(kN.m)	52.48	215.22
	[Bm:3]	[Bm:3]



	MIN	MAX
SF2(kN)	-152.96	213.49
	[Bm:3]	[Bm:3]

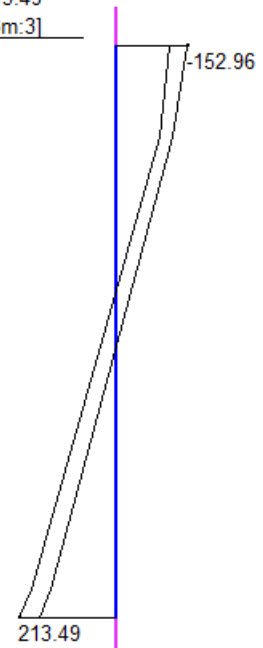
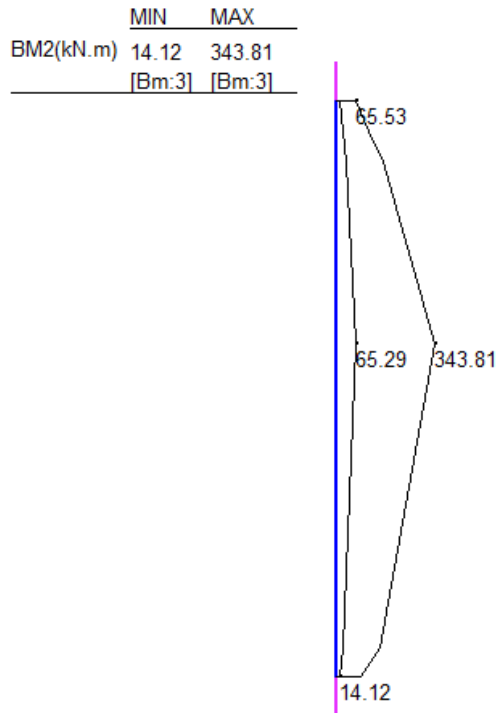


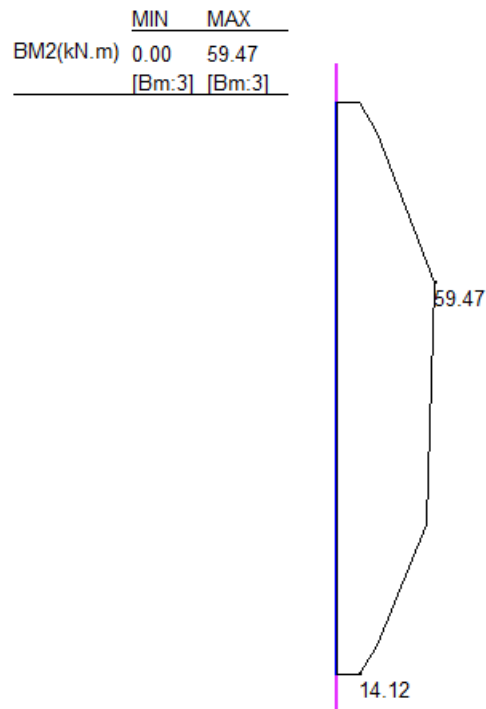
Figura 113 - ENV SLV – Momento flettente (kNm) - Taglio (kN)

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>257</b>



*Figura 114 - ENV SLE RA - Momento flettente (kNm)*



*Figura 115 - ENV SLE QP - Momento flettente (kNm)*

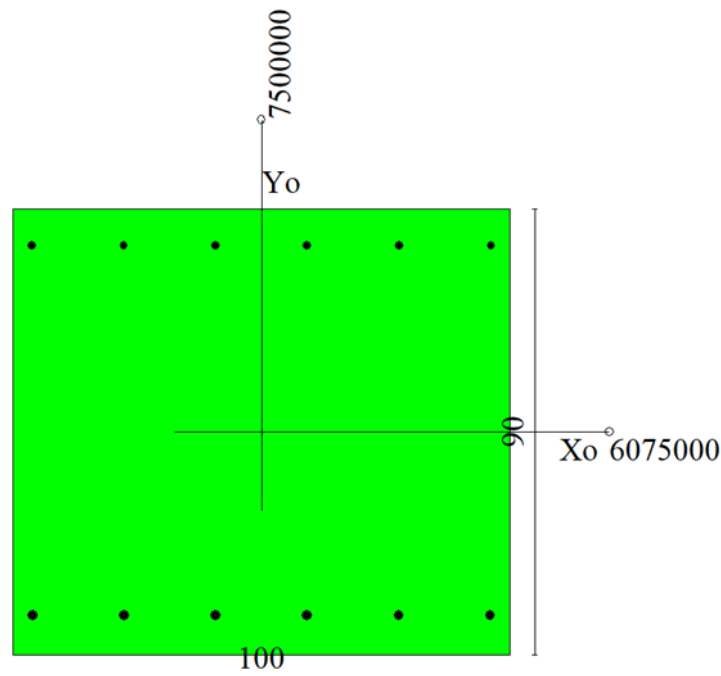
MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	258

## 17.4 VERIFICHE STRUTTURALI

Nel seguente paragrafo vengono riportate le sollecitazioni del muro posteriore per le combinazioni di carico allo SLU e le relative verifiche di resistenza a pressoflessione e taglio.

### 17.4.1.1 Verifica a pressoflessione SLU, SLV, SLE

La sezione è armata con un quantitativo di armatura longitudinale nel lato teso di  $\Phi 20/15$  e nel lato compresso di  $\Phi 16/15$  come rappresentato nella figura seguente per un totale di 12 ferri. I domini di resistenza M-N e i coefficienti di sicurezza a pressoflessione sono ottenuti attraverso il software SAX 10.0 distribuito da Aztec.



## Dati

<b>Nome sezione:</b>	Muro posteriore
Tipo sezione	Rettangolare
Base	100,0 [cm]
Altezza	90,0 [cm]

## Caratteristiche geometriche

Area sezione	9000,00 [cmq]
Inerzia in direzione X	7500000,0 [cm <sup>4</sup> ]
Inerzia in direzione Y	6075000,0 [cm <sup>4</sup> ]
Inerzia in direzione XY	0,0 [cm <sup>4</sup> ]
Ascissa baricentro sezione	$X_G = 50,00$ [cm]
Ordinata baricentro sezione	$Y_G = 45,00$ [cm]

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>259</b>

#### Elenco ferri

##### Simbologia adottata

Posizione riferita all'origine

N°	numero d'ordine
X	Ascissa posizione ferro espresso in [cm]
Y	Ordinata posizione ferro espresso in [cm]
d	Diametro ferro espresso in [mm]
ω	Area del ferro espresso in [cm <sup>2</sup> ]

N°	X	Y	d	ω
1	4,00	8,00	20	3,14
2	22,40	8,00	20	3,14
3	40,80	8,00	20	3,14
4	59,20	8,00	20	3,14
5	77,60	8,00	20	3,14
6	96,00	8,00	20	3,14
7	96,20	82,60	16	2,01
8	77,72	82,60	16	2,01
9	59,24	82,60	16	2,01
10	40,76	82,60	16	2,01
11	22,28	82,60	16	2,01
12	3,80	82,60	16	2,01

**Materiale impiegato** : Calcestruzzo armato

##### Caratteristiche calcestruzzo

Resistenza caratteristica calcestruzzo	40,000	[MPa]
Coeff. omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15,00	
Coeff. omogeneizzazione calcestruzzo teso/compresso	1,00	
Forma diagramma tensione-deformazione - PARABOLA-RETTANGOLO		

##### Caratteristiche acciaio per calcestruzzo

Tensione ammissibile acciaio	450,000	[MPa]
Tensione snervamento acciaio	450,000	[MPa]
Modulo elastico E	210000,000	[MPa]
Fattore di incrudimento acciaio	1,00	

#### Combinazioni

##### Simbologia adottata

N°	numero d'ordine della combinazione
N	sforzo normale espresso in [kN]
M <sub>Y</sub>	momento lungo Y espresso in [kNm]
M <sub>X</sub>	momento lungo X espresso in [kNm]
M <sub>t</sub>	momento torcente espresso in [kNm]
T <sub>Y</sub>	taglio lungo Y espresso in [kN]
T <sub>X</sub>	taglio lungo X espresso in [kN]
VD	verifica di dominio
VT	verifica tensionale (SLER - Combinazione rara, SLER - Combinazione frequente, SLEQP - Combinazione quasi permanente, TAMM - Verifica a tensioni ammissibili)

N°	N	M <sub>Y</sub>	M <sub>X</sub>	M <sub>t</sub>	T <sub>Y</sub>	T <sub>X</sub>	VD	VT
1	0,0000	406,0400	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
2	0,0000	337,3900	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	SI	NO
3	0,0000	272,6200	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLER
4	0,0000	57,7600	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	NO	SLEQP



MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	260

## Risultati analisi

### Caratteristiche asse neutro

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
 Xc posizione asse neutro espresso in [cm]  
 $\alpha$  inclinazione asse neutro rispetto all'orizzontale, espressa in [°]  
 (xi; yi) - (xf; yf) Punti di intersezione dell'asse neutro con il perimetro della sezione, espressi in [cm]

N°	Xc	$\alpha$	(xi; yi)	(xf; yf)
3	17,99	0,00	(0,00; 72,01)	(100,00; 72,01)
4	17,99	0,00	(0,00; 72,01)	(100,00; 72,01)

### Risultati tensionali

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
 $\sigma_{c-max}$  Tensione massima nel calcestruzzo espresso in [MPa]  
 $\sigma_{c-min}$  Tensione minima nel calcestruzzo espresso in [MPa]  
 $\sigma_{f-max}$  Tensione massima nel ferro espresso in [MPa]  
 $\sigma_{f-min}$  Tensione minima nel ferro espresso in [MPa]  
 $\tau_c$  Tensione tangenziale nel calcestruzzo espresso in [MPa]

N°	$\sigma_{c-max}$	$\sigma_{c-min}$	$\tau_c$	$\sigma_{f-max}$	$\sigma_{f-min}$
3	3,572	0,000	0,000	31,544	-190,666
4	0,757	0,000	0,000	6,683	-40,396

### Sollecitazioni ultime

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
 $N_u$  Sforzo normale ultimo, espresso in [kN]  
 $M_{Xu}$  Momento ultimo in direzione X, espresso in [kNm]  
 $M_{Yu}$  Momento ultimo in direzione Y, espresso in [kNm]  
 FS Fattore di sicurezza

#### Combinazione n° 1

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
0,0000	0,0000	<u>582,0208</u>	1,43

#### Combinazione n° 2

$N_u$	$M_{Xu}$	$M_{Yu}$	FS
0,0000	0,0000	<u>582,0208</u>	1,73

### Risultati fessurazione

#### Simbologia adottata

N° numero d'ordine della combinazione  
 $M_x$  Momento di prima fessurazione in direzione X, espresso in [kNm]  
 $M_y$  Momento di prima fessurazione in direzione Y, espresso in [kNm]  
 $\sigma_f$  Tensione nell'acciaio, espressa in [MPa]  
 $\sigma_c$  Tensione nel calcestruzzo, espressa in [MPa]  
 $A_{eff}$  Area efficace a trazione, espressa in [cmq]  
 $\epsilon$  Deformazione media acciaio teso, espressa in [°]  
 $S_{rm}$  Distanza media tra le fessure, espresso in [mm]  
 w Ampiezza delle fessure, espressa in [mm]

N°	$M_x$	$M_y$	$\sigma_f$	$\sigma_c$	$A_{eff}$	$\epsilon$	$S_{rm}$	w
3	0,0000	329,6738	-230,569	-17,292	2300,00	0,0000	0	0,0000
4	0,0000	329,6738	-230,569	-17,292	2300,00	0,0000	0	0,0000

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	261

Inviluppo verifiche tensionali

*Simbologia adottata*

TC	Tipo combinazione
scc	tensione di compressione nel cls espresso in [MPa]
scl	tensione di compressione limite nel cls espresso in [MPa]
sct	tensione di trazione nel cls espresso in [MPa]
sctl	tensione di trazione limite nel cls espresso in [MPa]
sfc, sft	tensione minima e massima nell'armatura espressa in [MPa]
sf	tensione limite nell'armatura espressa in [MPa]
Comb.	Combinazione critica

**Sezione n° 4 - Muro posteriore**

TC	scc	scl	sct	sctl	sfc	sft	sfl	Comb.
SLEQP	0,757	13,280	-3,030	3,099	-40,396	6,683	450,000	4
SLER	3,572	18,260	-14,300	3,099	-190,666	31,544	337,500	3

Inviluppo verifiche fessurazione

*Simbologia adottata*

TC	Tipo combinazione
sf	tensione nell'acciaio espresso in [MPa]
sc	tensione nel cls espresso in [MPa]
Aeff	Area efficace a trazione espresso in [cmq]
Eps	Deformazione espressa in [%]
sr	spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
w, wl	ampiezza fessure e fessura limite espresse in [mm]
Comb.	Combinazione critica

**Sezione n° 4 - Muro posteriore**

TC	sf	sc	Aeff	Eps	sr	w	wl	Comb.
SLEQP	-230,569	-17,292	225,557	0,0000	0,000	0,000	0,200	4
SLER	-230,569	-17,292	225,557	0,0000	0,000	0,000	0,200	3

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	262

### 17.4.1.2 Verifica a taglio SLU, SLV

Secondo le sollecitazioni associate alle combinazioni di carico allo SLU riportate nel capitolo precedente, si riporta la relativa verifica di resistenza a taglio.

Il valore dei tagli resistenti è stato, invece, ricavato attraverso un apposito foglio di calcolo realizzato in accordo con il D.M. 14/01/2008 p.to 4.1.2.1.3.2.

NOME: MURO POSTERIORE				CALCOLO TAGLIO RESISTENTE SEZIONE RETTANGOLARE (NTC 2008)							Rev. 10.1
DATI SEZIONE				AZIONI CALCOLO			CALCESTRUZZO				
$b_w$	$d$	$\theta$	$\cotg \theta$	$N_{Ed}$	$V_{Ed}$	$M_{Ed}$	$f_{ck}$	$f_{cd}$	$\gamma_c$		
(m)	(m)	(°)		(kN)	(kN)	(kNm)	(MPa)	(MPa)			
1.00	0.82	45.00	1.00	0.0	288.1	8.9	33.20	18.81	1.50		
				$1,00 \leq \cotg \theta \leq 2,50$							
VERIFICA ARMATURE LONGITUDINALI (§4.1.2.1.3.1)											
	$f_{yd}$	$n$	$\varnothing$	$A_{sl,\varnothing}$	$A_{sl}$						
	(MPa)		(mm)	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )						
Barre B450C	391.3	6	20	3.14	18.85						
VERIFICA SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§4.1.2.1.3.1)											
	$A_{sl}$	$k_1$	$k$	$\rho_l$ (%)	$v_{min}$	$\sigma_{cp}$	$\alpha_c$	$V_{Rd}$	$V_{Ed}/V_{Rd}$		
	(cm <sup>2</sup> )			(%)	(MPa)	(MPa)		(kN)			
	18.85	0.15	1.49	0.23%	0.37	0.00	1.00	301.9	95.4%	VERIFICA OK	



Non si è reso necessario l'inserimento di armatura trasversale per questa sezione.

VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	CL	VI	03	04	001	B	263

## 18. VERIFICHE LOCALI

### 18.1 BAGGIOLI

Si procede alla verifica del baggiolo tipologico di dimensioni 150x180x30 cm, armato in verticale con 1Ø20/10 distribuiti sui lati perimetrali, armato in orizzontale con 1Ø12/10 staffe cerchiati esterne (n°2 braccia per direzione) e 8Ø12/10 ganci interni (n°8 braccia per direzione).

Al fine di mantenere un abbondante margine di sicurezza, i carichi di progetto verticale  $N_{Ed}$  ed orizzontale  $V_{Ed}$  sono stati ipotizzati come i massimi concomitanti previsti su tutti gli appoggi (F)-(UT)-(UL)-(M), vedi tabelle specifiche, inoltre l'impronta degli appoggi stessi è stata cautelativamente assunta di 80x80 cm.

Le verifiche sono state svolte secondo le indicazioni del CEB-FIP Model Code 90 e secondo quanto riportato in letteratura riguardo gli studi di diffusione delle tensioni di compressione e trazione su un volume generico di calcestruzzo (Leonhardt, 1973).

Per le azioni dell'appoggio si considera una eccentricità addizionale di 5 cm, quindi una centratura non ottimale delle azioni sul volume di calcestruzzo del baggiolo con conseguente riduzione dell'area efficace di contatto.

Si sono considerate le armature di cerchiatura come collaboranti per il 0% ai fini dell'aumento della resistenza a compressione del calcestruzzo in zona compressa (Region I), mentre per le tensioni di trazione interna si sono considerate solo le armature trasversali interne (Region II).

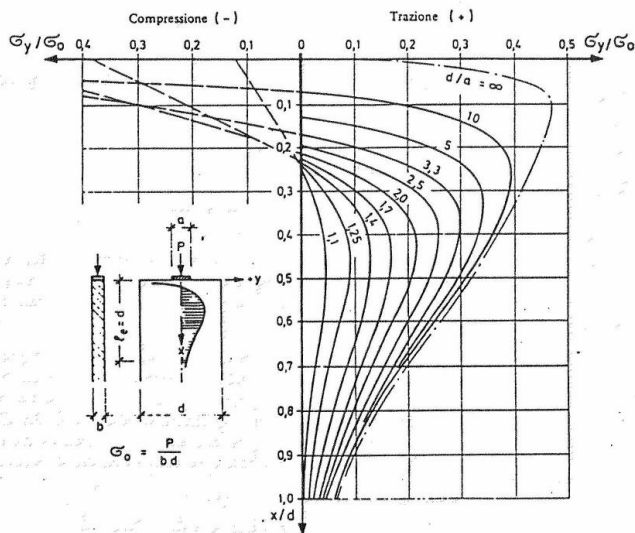


Fig. 3.6: Curve e grandezza delle tensioni trasversali  $\sigma_y$ , riferite a  $\sigma_0 = \frac{P}{b d}$ , lungo l'asse x per condizioni diverse  $d/a$  (40)

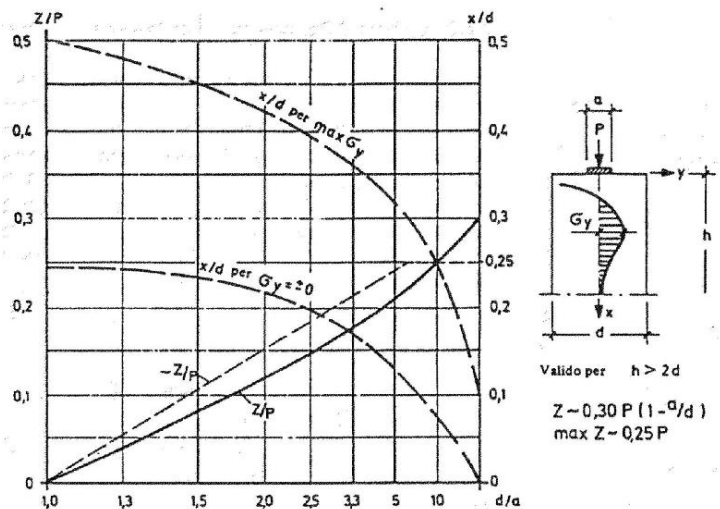


Fig. 3.8: Grandezza della forza di fenditura risultante Z, riferita al carico P, distanza della tensione massima trasversale  $\max \sigma_y$  e distanza del punto con  $\sigma_y = 0$  dal bordo caricato in lastre con  $h > 2d$  (40)

Figura 116 – Grafici da F. Leonhardt, 1973 "Casi speciali di dimensionamento delle strutture in c.a. e c.a.p."

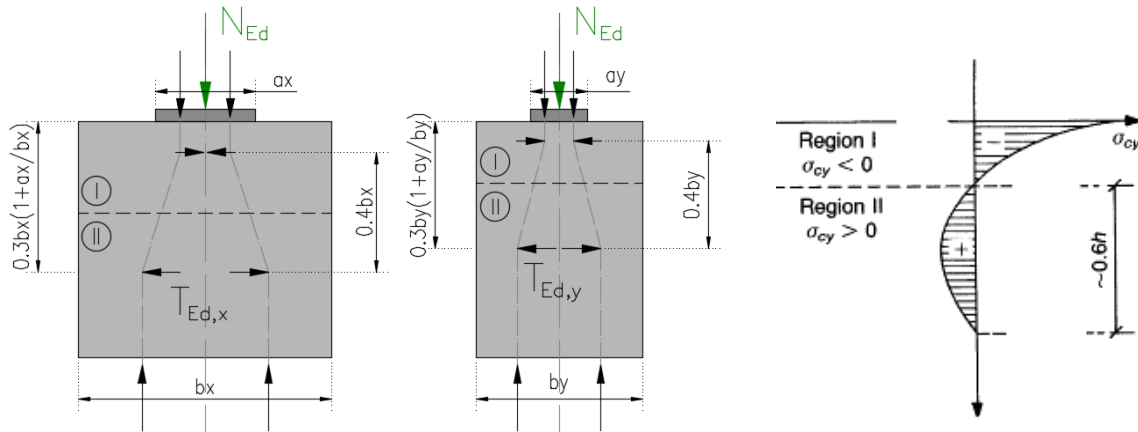
**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	264

NOME: **BAGGIOLO TIPO**

VERIFICA BAGGIOLI (CEB-FIP MODEL CODE 90, F. LEONHARDT - 1973)

Rev. 09



GEOMETRIA, AZIONI E MATERIALI VOLUME DI CALCOLO (MC90 §3.3.1, Leonhart §3.3.1)

$N_{Ed}$ (kN)	5350,0	$b_x$ (m)	1,500	$f_{y,d}$ (MPa)	391,3
$M_{Ed}$ (kNm)	267,5	$b_y$ (m)	1,800	$f_{ck}$ (MPa)	33,2
$e_{max}$ (m)	0,050	$a_x$ (m)	0,800	$\alpha_{cc}$	0,85
		$a_y$ (m)	0,800	$a'_x$ (m)	0,750
				$a'_y$ (m)	0,750

Direz.	Altezza (m)	Posiz. $T_{Ed}$ (m)	Altezza zona (m)		Posizione zona		Posizione zona		b/a'
			Region II	Region I	Region II	Region I			
X	1,50	0,69	0,90	0,22	0,22	1,12	0,00	0,22	2,00
Y	1,80	0,78	1,08	0,23	0,23	1,31	0,00	0,23	2,40

VERIFICA ARMATURE ORIZZONTALI (Trazione, Region II, MC90 §3.3.1, Leonhart §3.3.1)

Direz. X	$A_{sh}$ (cm <sup>2</sup> )	$T_{Rd}$ (kN)	$T_{Ed}$ (kN)	$T_{Ed}/T_{Rd}$	<b>75,6% VERIFICA OK</b>
Direz. Y	$A_{sh}$ (cm <sup>2</sup> )	$T_{Rd}$ (kN)	$T_{Ed}$ (kN)	$T_{Ed}/T_{Rd}$	<b>88,2% VERIFICA OK</b>

VERIFICA CALCESTRUZZO CONFINATO (Compressione, Region I, MC90 §3.3.1, Leonhart §3.3.1)

Direz. X	$A_{sh}$ (cm <sup>2</sup> )	$\sigma_l$ (MPa)	$\alpha$	$\sigma_2$ (MPa)	$f_{ck,c}$ (MPa)	$f_{cd,c}$ (MPa)	$\sigma_{Ed}$ (MPa)	$\sigma_{Ed}/f_{cd,c}$	<b>68,9% VERIFICA OK</b>
Direz. Y	$A_{sh}$ (cm <sup>2</sup> )	$\sigma_l$ (MPa)	$\alpha$	$\sigma_2$ (MPa)	$f_{ck,c}$ (MPa)	$f_{cd,c}$ (MPa)	$\sigma_{Ed}$ (MPa)	$\sigma_{Ed}/f_{cd,c}$	<b>65,9% VERIFICA OK</b>

$v = 0,20$  (formule cls confinato da EN 1992-1-1: 2005, NTC2018) (stress compression  $\sigma_{Ed}$  con distribuzione approssimata triangolare)  
 $C_{Ed}$  (kN) 1070,0 ( $C_{Ed} = v \cdot N_{Ed}$ )

VERIFICA ARMATURE VERTICALI (Giunto di taglio, MC90 §6.10.2)

$V_{Ed,x}$ (kN)	5050,0	$N_{Ed,min}$ (kN)	1200,0	$\mu$	0,60
$V_{Ed,y}$ (kN)	3550,0	$\sigma_{Ed,min}$ (MPa)	2,13	$\beta_{fctd}$ (MPa)	0,00
$V_{Ed}$ (kN)	6172,9	$f_{cd,c}$ (MPa)	18,8	$A_{sv}$ (cm <sup>2</sup> )	182,12 <-- (2x14+2x17)Ø20

$$\tau_{Rd} = \beta f_{ctd} + \mu(\rho f_{yd} + \sigma_{cd}) < 0,25 f_{cd}$$

$T_{Rd}$ (MPa)	2,86	$T_{Ed}$ (MPa)	2,29	$T_{Ed}/T_{Rd}$	<b>79,8% VERIFICA OK</b>
----------------	------	----------------	------	-----------------	--------------------------

Figura 117 – Baggioli tipo – Verifica del calcestruzzo armato a compressione e trazione

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	265

## 18.2 DEFORMABILITA' SPALLA

### 18.2.1 Verifiche sicurezza del binario

Per la sicurezza del binario occorre garantire quanto riportato al §2.5.1.4.5.2-3 del MdP.

“Al fine di garantire la sicurezza del binario rispetto a fenomeni di instabilità per compressione e rottura per trazione della rotaia, nonché rispetto ad eccessivi scorrimenti nel ballast, causa di un suo rapido deterioramento, occorre che vengano rispettati i seguenti limiti sull'incremento delle tensioni nel binario e sugli spostamenti relativi tra binario ed estradosso dell'impalcato o del rilevato. L'incremento massimo consentito di tensione nella rotaia causato dall'interazione binario-struttura prodotta dalle azioni indicate in 2.5.1.4.5.1 sarà assunto pari a:

$\Delta\sigma_{c,max} = 60 \text{ N/mm}^2$  (per la compressione)

$\Delta\sigma_{t,max} = 70 \text{ N/mm}^2$  (per la trazione)

Lo spostamento massimo consentito tra estradosso dell'impalcato o del rilevato e la faccia inferiore della traversa dovuto alle sole forze di avviamento e/o di frenatura sarà assunto pari a 5 mm. La verifica di sicurezza del binario, in termini di tensioni e spostamenti, andrà condotta considerando la combinazione caratteristica (rara) del metodo S.L.E., adottando per le azioni di cui al precedente punto 2.5.1.4.5.1 coefficienti  $\gamma_{oi}=1,0$  fermi restando i su esposti limiti di incremento di tensione nella rotaia.”

“Gli effetti dell'interazione binario-struttura in termini di azioni longitudinali trasmesse alla sottostruttura (reazioni vincolari negli appoggi fissi), tensioni supplementari nel binario e scorrimenti relativi binario-impalcato, saranno valutati mediante una serie di analisi di simulazione del comportamento del ponte soggetto alle azioni termiche ed ai carichi orizzontali e verticali dei convogli in transito, portando in conto la resistenza ai movimenti longitudinali del binario e la rigidità della struttura, attraverso un modello di calcolo del tipo riportato in Fig. 2.5.1.4.5.3-1. In alternativa, è possibile effettuare una valutazione semplificata delle reazioni vincolari con il metodo riportato nell'Allegato 3, oppure con il metodo di cui all'Allegato 4 qualora siano rispettate le condizioni ivi elencate. In tal caso il rispetto dei limiti sulle altre grandezze di interesse (tensioni nelle rotaie e spostamenti relativi binario-impalcato) può ritenersi adeguatamente soddisfatto senza specifiche verifiche.”

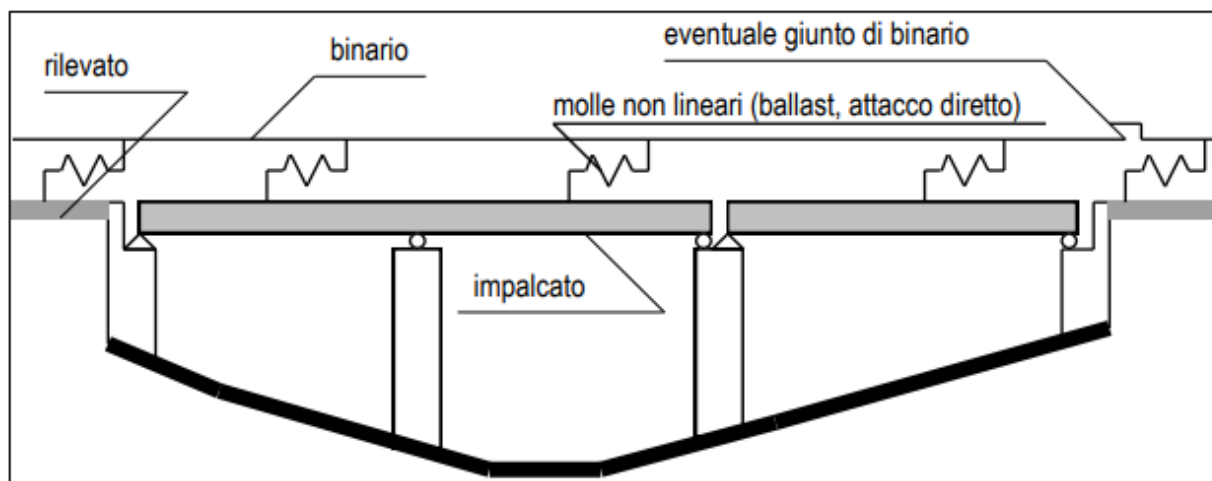


Fig. 2.5.1.4.5.3-1 - Schema di modello strutturale per valutare l'interazione.

Figura 118 – Interazione binario- struttura - Schema generale di calcolo

“ALLEGATO 4 – VALUTAZIONE SEMPLIFICATA DELLE REAZIONI DOVUTE AGLI EFFETTI DI INTERAZIONE, METODO PER SINGOLA LUCE APPOGGIATA

Per una sovrastruttura realizzata con un singolo impalcato (in semplice appoggio) non è necessario il controllo delle tensioni nella rotaia se:

- La sottostruttura ha rigidezza  $K$  sufficiente a limitare lo spostamento dell'impalcato in direzione longitudinale dovuto all'avviamento e alla frenatura  $\delta_B$ , ad un massimo di 5 mm in presenza delle forze longitudinali dovute all'avviamento e alla frenatura definite in

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE &amp; R.L.</small>	MANDANTI <b>HYpro</b> S.p.A.	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>									
		<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA <b>LI0B</b>	LOTTO <b>02</b>	FASE <b>E</b>	ENTE <b>ZZ</b>	TIPO DOC <b>CL</b>	OPERA 7 DISCIPLINA <b>VI 03 04</b>			PROGR <b>001</b>

2.5.1.4.3.3; per la determinazione degli spostamenti si raccomanda di prendere in conto la configurazione e le proprietà della struttura date in 2.5.1.4.5.3;

- Per le azioni da traffico verticale lo spostamento longitudinale dell'estradosso dell'impalcato all'estremità dovuto alla deformazione dell'impalcato  $\delta H$ , non supera i 5mm;
- La lunghezza di espansione  $L_T$  è minore di 40 m.”

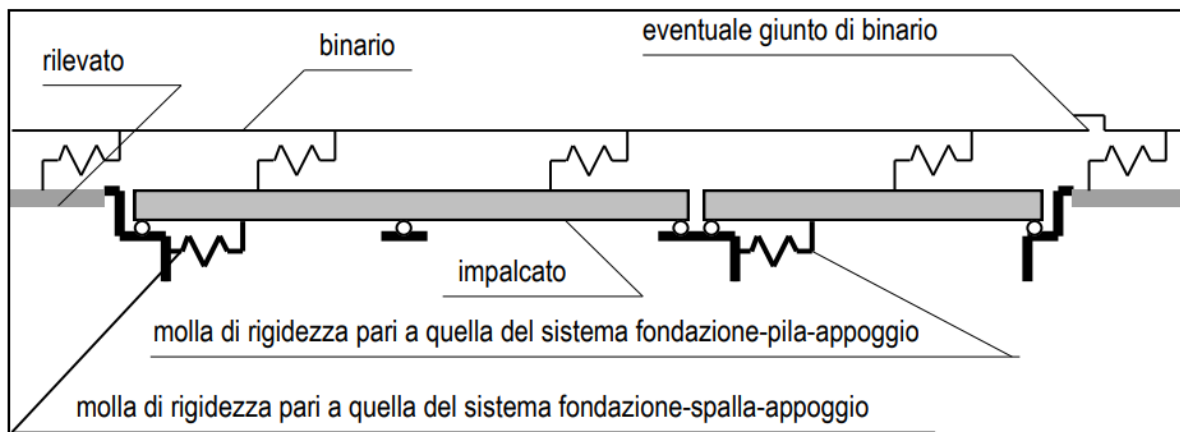


Fig. 2.5.1.4.5.3-3 - Schema di modello strutturale semplificato per valutare l'interazione.

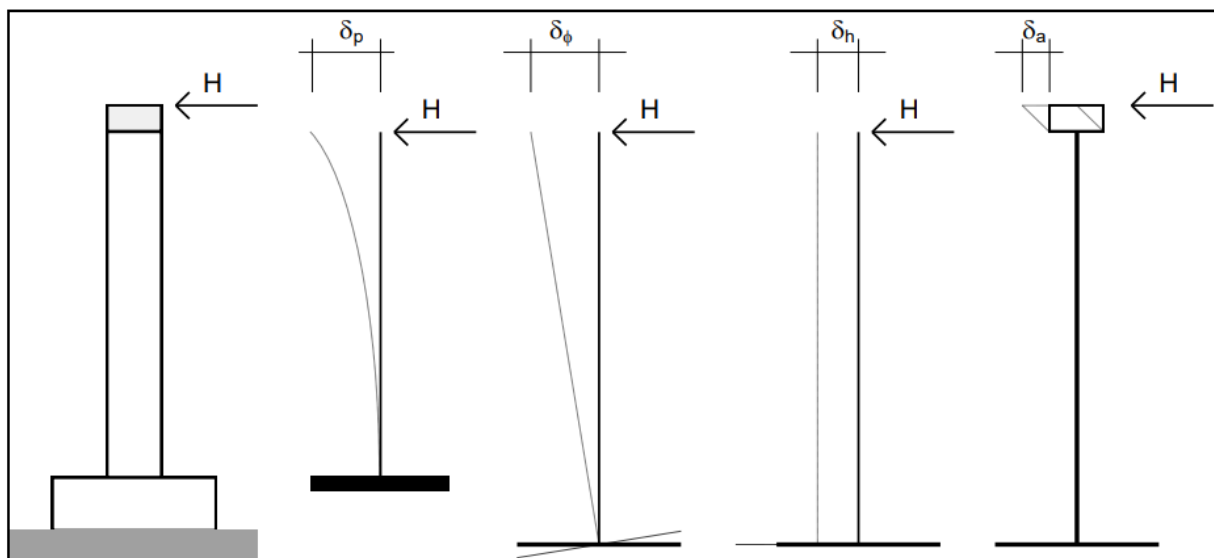


Fig. 2.5.1.4.5.3-4 - Individuazione dei contributi alla deformabilità complessiva del sistema fondazione-pila-appoggio

Figura 119 – Interazione binario- struttura - Schema semplificato di calcolo

Nel caso in oggetto, considerando la massima altezza pila prevista e le valutazioni effettuate nel dimensionamento delle sottofondazioni, alla cui documentazione di calcolo si rimanda per ulteriori dettagli, per la verifica di sicurezza si ha quanto segue.



MANDATARIA  	<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
	<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	267

NOME: IMPALCATO L=40 m		CALCOLO FORZA AVVIAMENTO / FRENATURA				Rev. 00
L calcolo (m)	38.00	Lunghezza tra appoggi	Distanza PF/appoggi (m)		3.80	
L (m)	40.00	Lunghezza di binario carico				
TRENO LM71 e SW/0		TRENO SW/2				
$\alpha$ (-)	1.10	$\alpha$ (-)	1.00			
$Q_{3,f}$ (kN)	880.0	$Q_{3,f}$ (kN)	1400.0	Forza frenatura caratt. longitudinale		
$Q_{3,a}$ (kN)	1100.0	$Q_{3,a}$ (kN)	1000.0	Forza avviamento caratt. longitudinale		
<b>VERIFICHE SICUREZZA BINARIO (§2.5.1.4.5.3 MdP)</b>						
$Q_{3,f}$ (kN)	1400.0	Massima azione frenatura per LM71 o SW/0 o SW/2				
$Q_{3,a}$ (kN)	1100.0	Massima azione avviamento per LM71 o SW/0 o SW/2				
H (kN)	2500.0	Massima azione applicata all'appoggio				
$I_L$ (m <sup>4</sup> )	30.38	Inerzia longitudinale elevazione				
E (MPa)	33346	Modulo elastico elevazione				
$H_{elev}$ (m)	4.00	Altezza elevazione				
K (kN/m)	47478973	$K=(3*E*I_L)/H_{elev}^3$				
$\delta_p$ (mm)	0.1	Spostamento deformabilità elastica elevazione	(da calcolo fondazioni)			
$\delta_\varphi$ (mm)	0.0	Spostamento deformabilità rotazione fondazione	$\varphi$ (rad)	0.00001		
$\delta_h$ (mm)	1.0	Spostamento deformabilità traslazionefondazione	$s_h$ (mm)	1.0		
$\delta_a$ (mm)	1.0	Spostamento deformabilità appoggi				
$\Sigma \delta_i$ (mm)	2.1	Spostamento totale	<	5.0 mm	<b>OK VERIFICATO</b>	

## 18.2.2 Effetti del secondo ordine

Con riferimento alle valutazioni degli spostamenti orizzontali di testa spalla effettuati nella condizione di esercizio SLE RA (verifica di sicurezza del binario) e nella condizione sismica SLV (verifiche escursione giunti), visti i valori trascurabili in relazione alle dimensioni e alla snellezza della sottostruttura, si conferma che gli effetti del secondo ordine dei carichi applicati verticali sono irrilevanti ai fini dei calcoli di dimensionamento.



MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO	
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	268

### 18.3 RITEGNI

Si verificano i ritegni trasversali e longitudinali alle massime azioni sismiche SLV secondo il modello teorico locale a tirante – puntone, come previsto in ENV 1992 e CEB-FIP Model Code 90.

Nei paragrafi seguenti viene indicata la geometria, lo schema di calcolo, le armature previste e le massime azioni orizzontali  $N_{Ed}$  considerate nei vari casi, nell'ipotesi a favore di sicurezza di un'amplificazione delle forze sismiche trasmesse di 1.10 e di spessori strutturali delle superfici di contatto cautelativamente ridotte.

#### 18.3.1 Campata L=40 m

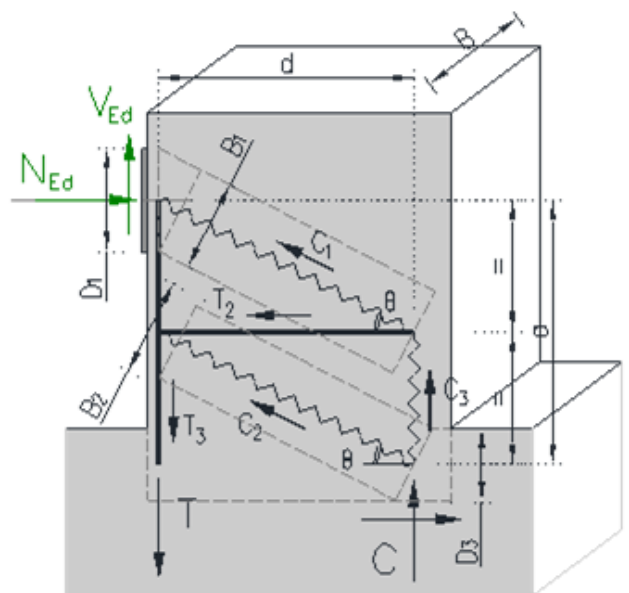
##### 18.3.1.1 Ritegni trasversali

Dato che si tratta degli stessi elementi di ritegno, fare riferimento a quanto riportato nella relazione di calcolo delle pile.

##### 18.3.1.2 Ritegni longitudinali

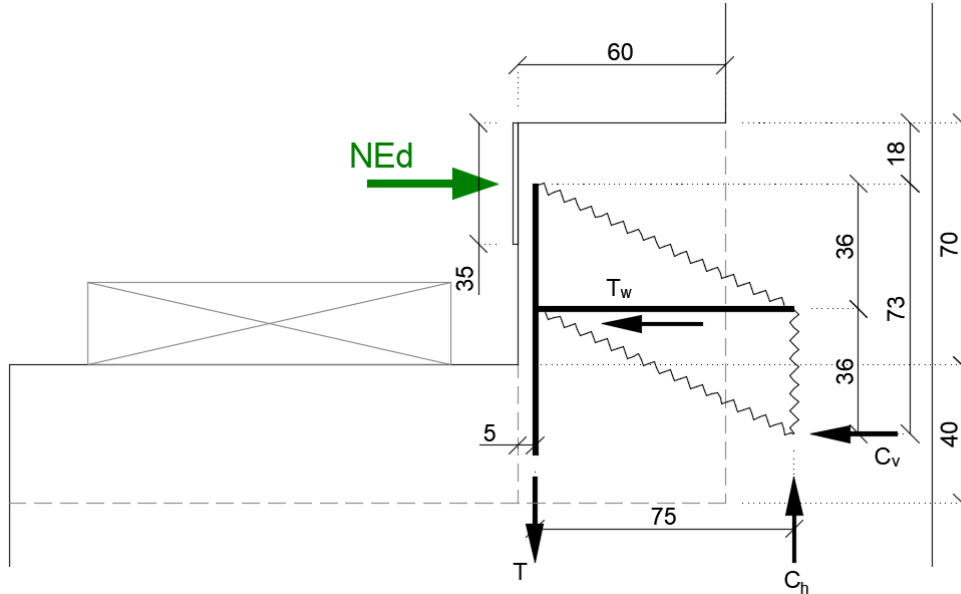
Si considera l'azione  $N_{Ed}=1.10 \cdot 5050 = 5550$  kN, un'armatura al corrente teso verticale di  $1 \times 1\text{Ø}26/10$  e un'armatura distribuita interna di staffe/ganci  $1\text{Ø}14/10/10$  ad assorbire le trazioni orizzontali all'interno del ritegno. A favore di sicurezza, si considera un effetto di confinamento delle armature trasversali nullo.

NOME: RITEGNI LONG. L=40m		VERIFICHE LOCALI METODO STRUT-TIE (ENV 1992, CEB-FIP MC90)		Rev. 09	
<b>GEOMETRIA</b>		<b>MATERIALI</b>		<b>AZIONI</b>	
$D_1$ (m)	0.35	$f_{y,d}$ (MPa)	391.3	$N_{Ed}$ (kN)	5555.0
$D_3$ (m)	0.40	$f_{ck}$ (MPa)	33.20	$V_{Ed}$ (kN)	0.0
$a$ (m)	0.73	$\alpha_{cc}$	0.85		
$d$ (m)	0.75	$\nu$	0.87		
<b>VERIFICA ARMATURA</b>					
- Tiranti tesi					
$T=T_3$ (kN)	3474.5				
$A_s$ (mm <sup>2</sup> )	10613 (1x1Ø26/10)	$\sigma_{Ed}/f_{yd}$	83.7%	<b>VERIFICA OK</b>	
$\sigma_s$ (MPa)	327.37				
$T_w=T_2$ (kN)	5555.0				
$A_{sw}$ (mm <sup>2</sup> )	22464 (1Ø14/10/10)	$\sigma_{Ed}/f_{yd}$	63.2%	<b>VERIFICA OK</b>	
$\sigma_{sw}$ (MPa)	247.29				
<b>VERIFICA CALCESTRUZZO</b>					
- Armatura di confinamento (NTC2018 §4.1.2.1.2.1)					
$A_{sh}$ (mm <sup>2</sup> )	0 (-)	$f_{ck,c}$ (MPa)	33.2		
$\sigma_1$ (MPa)	0.00	$f_{cd,c}$ (MPa)	18.8		
$\alpha$	1.00	$\sigma_{Rd,max}$ (MPa)	16.31		
$\sigma_2$ (MPa)	0.00				
- Puntone compressi					
$C_1$ (kN)	6177.9				
$B_1$ (m)	0.31	$\sigma_{Ed}/\sigma_{Rd,max}$	60.2%	<b>VERIFICA OK</b>	
$\sigma_{c1}$ (MPa)	9.82				
$C=C_2$ (kN)	6177.9				
$B_2$ (m)	0.91	$\sigma_{Ed}/\sigma_{Rd,max}$	20.7%	<b>VERIFICA OK</b>	
$\sigma_{c2}$ (MPa)	3.38				



**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	269



*Figura 120 – Schema delle verifiche locali del ritegno longitudinale*

MANDATARIA <b>HUB</b> ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small>		MANDANTI <b>HYpro</b> S.P.A.		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>								
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	270

## 19. RIEPILOGO INCIDENZE C.A.

Dalle verifiche effettuate sugli elementi in c.a. costituenti la sottostruttura in oggetto, si riassumono di seguito i principali valori di incidenza di armature previsti rispetto ai volumi totali di calcestruzzo.

Sottostruttura	Plinto (kg/m <sup>2</sup> )	Elevazione (kg/m <sup>2</sup> )	Solettone (kg/m <sup>2</sup> )	Muri (kg/m <sup>2</sup> )	Paraghiaia (kg/m <sup>2</sup> )	Baggioli (kg/m <sup>2</sup> )	Ritegni (kg/m <sup>2</sup> )
SPALLA SP1	100	80	140	120	100	400	450
SCATOLARE	120	-	100	120	-	-	-

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	271

## 20. APPOGGI E GIUNTI

### 20.1 APPOGGI

Gli apparecchi d'appoggio sono dimensionati per le massime azioni statiche orizzontali, trasversali e verticali in condizione statica SLU e sismica SLV, con riferimento all'analisi elastica con  $q=1.00$ .

Le massime azioni sismiche assorbite dai vincoli dell'impalcato in acciaio  $L=40$  m sono state valutate considerando lo spettro elastico longitudinale o trasversale del primo periodo di vibrazione della pila più sollecitata in condizione sismica, nel caso del viadotto in esame quella di altezza massima  $H=5.00$  m.

Tale assunzione risulta a favore di sicurezza anche per le spalle.

Massa efficace longitudinale (kg)	1842895	(Intera campata)
Massa efficace trasversale (kg)	973374	(Mezza campata)
Massa efficace verticale (kg)	973374	(Mezza campata)
Forza sismica longitudinale (kN)	9644	
Forza sismica trasversale (kN)	3574	
Forza sismica verticale (kN)	1671	
Spettro elastico longitudinale $Se(T)$ (g)	0,5335	(vedi calcolo pila transizione)
Spettro elastico trasversale $Se(T)$ (g)	0,3743	
Spettro elastico verticale $Sve(T)$ (g)	0,1750	

APPOGGI	Appoggio (F)			Appoggio (UL)			Appoggio (M)		
	Long.	Trasv.	Vert.	Long.	Trasv.	Vert.	Long.	Trasv.	Vert.
<b>SLU PERM</b>									
<b>Max (kN)</b>	±0	±0	+2350	±0	±0	+2300	±0	±0	+3600
<b>Min (kN)</b>	±0	±0	+2350	±0	±0	+2300	±0	±0	+3600
<b>SLU</b>									
<b>Max (kN)</b>	±350	±200	+5000	±0	±250	+5150	±0	±0	+5350
<b>Min (kN)</b>	-±1250	-±100	+1600	±0	-±150	+1550	±0	±0	+1900
<b>SLV</b>									
<b>Max (kN)</b>	±5050	±1800	+2150	±0	±3550	+2150	±0	±0	+3050
<b>Min (kN)</b>	-±4550	-±1800	+1250	±0	-±3550	+1200	±0	±0	+1750
<b>TOTALE (kN)</b>	<b>±5050</b>	<b>±1800</b>	<b>±5000</b>	<b>±0</b>	<b>±3550</b>	<b>±5150</b>	<b>±0</b>	<b>±0</b>	<b>±5350</b>
<b>Spost. Max (mm)</b>	-	-	-	<b>±110</b>	-	-	<b>±110</b>	<b>±5</b>	-

### 20.2 ESCURSIONE DEI GIUNTI

In accordo con il p.to 2.5.2.1.5.1 del RFI DTC SICS PS MA IFS 001 A, per ponti e viadotti costituiti da una serie di travi semplicemente appoggiate di uguale luce, l'entità dell'escursione totale dei giunti e degli apparecchi di appoggio mobili può essere valutata come segue:

$$E_L = k_1 \cdot (E_1 + E_2 + E_3) = k_1 \cdot (2D_t + 4d_{Ed} \cdot k_2 + 2d_{eg})$$

$E_1$  spostamento dovuto alla variazione termica uniforme

$E_2$  spostamento dovuto alla risposta della struttura all'azione sismica

MANDATARIA 		MANDANTI 		<b>LINEA PESCARA – BARI</b> <b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b> <b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b>										
<b>VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:</b> <b>Relazione di calcolo Spalla S1</b>				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>272</b>

- $E_3$  spostamento dovuto all'azione sismica fra le fondazioni non collegate  
 $k_1$  coefficiente di non contemporaneità dei valori massimi corrispondenti a ciascun evento singolo  
 $k_2$  coefficiente legato alla probabilità di moto in controfase di due pile adiacenti  
 $d_E = \pm \mu_d \cdot d_{Ee}$  spostamento relativo totale tra le parti, pari allo spostamento  $d_E$  prodotto dall'azione sismica di progetto, calcolato come indicato nel paragrafo 7.3.3.3 delle NTC 2008  
 $d_{Ee}$  spostamento corrispondente al periodo di vibrazione della pila ricavato dallo spettro elastico in termini di spostamento e  $\mu_D = q$  per  $T_1 \geq T_C$  oppure  $\mu_D = 1 + (q-1) \cdot T_C / T_1$  per  $T_1 < T_C$  e con la limitazione  $\mu_D \leq 5q-4$  ( $q$  è il fattore di struttura).  
 $d_{eg}$  spostamento relativo tra le parti dovuto agli spostamenti relativi del terreno, da valutare secondo il paragrafo 3.2.3.3 delle NTC 2008. Il valore di spostamento assoluto orizzontale massimo del suolo di un punto può calcolarsi come  $d_g = 0.025 \cdot a_g \cdot S \cdot T_C T_D$   
 $a_g, S, T_C, T_D$  parametri sismici definiti ai capitoli precedenti

Nel caso in esame si suppone in via cautelativa che tale spostamento assoluto coincida con lo spostamento relativo tra due punti, ossia si sta valutando lo spostamento relativo della fondazione in esame rispetto ad un punto fermo.

NOME: <b>SPALLA S1</b>		CALCOLO GIUNTI IMPALCATO (MdP ITF Opere civili 2019)				Rev. 00				
SPOSTAMENTO (§2.5.2.1.5.1)										
1) Termico uniforme		2) Sismico strutturale		3) Sismico fondazioni non collegate						
$E_1$ (mm)	18,0	+	$E_2$ (mm)	69,4	+	$E_3$ (mm)	174,8	=	$E_L$ (mm)	118,0
$E_T$ (mm)	±9,0		$d_{Ed}$ (mm)	±31,5		$d_{eg}$ (mm)	±87,4		$k_1$	0,45
			$k_2$	0,55		$a_g$ SLV (g)	0,195		↓	
L (mm)	40000		$\mu_d$	1,00		S	1,404		Zona sismica	ag<0.25g
$\alpha$ (1/°Cm)	1,00E-05		q	1,00		$T_B$ (s)	0,181		$E_0$ (mm)	165
$\Delta T$ (°C)	±22,5		$T_1$ (s)	0,000		$T_C$ (s)	0,547		↓	
						$T_D$ (s)	2,380		$E_L$ (mm) >	$E_0$ (mm)
						$F_0$	2,532		>	$E_1$ (mm)
			Spostamento sismico a livello giunti:						>	$E_2$ (mm)
			$d_{Ee}$ (mm)	31,5 (da calcoli)					>	$E_3$ (mm)
CORSAPPOGGI MOBILI (§2.5.2.1.5.2)		± ( $E_L/2 + \text{Min}(E_L/8; 15 \text{ mm})$ )		±102 mm				↓		
ESCURSIONI GIUNTI (§2.5.2.1.5.3)		± ( $E_L/2 + 10 \text{ mm}$ )		±97 mm				↓		
	OK	Escursione giunti progetto		±110 mm		←		$E_L$ (mm)	174,8	
AMPIEZZA VARCHI (§2.5.2.1.5.4)		V ≥ ( $E_L/2 + 20 \text{ mm}$ )		±107 mm						
	OK	Varco impalcati progetto		±150 mm						

**LINEA PESCARA – BARI**

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA  
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**VI03 da km 7+133,530 a km 7+223,530:  
Relazione di calcolo Spalla S1**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
<b>LI0B</b>	<b>02</b>	<b>E</b>	<b>ZZ</b>	<b>CL</b>	<b>VI</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>001</b>	<b>B</b>	<b>273</b>

**21. ALLEGATI DI CALCOLO**