

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

MANDATARIA:

MANDANTE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



## PROGETTO ESECUTIVO

### LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI, TRATTA NAPOLI-CANCELLO, IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014 RELAZIONE

GA - GALLERIE

GA01 - GALLERIA CASALNUOVO DA km 0+550.00 A km 2+860.21

G.A. in prossimità fascio tubiero Arin e linea AV da km 1+448.35 a km 1+489.69

SEZIONE TIPO E2 sotto fascio tubiero da km 1+457.38 a km 1+474.49

RELAZIONE DI VERIFICA DI RESISTENZA AL FUOCO

APPALTATORE	PROGETTAZIONE	
DIRETTORE TECNICO Ing. M. PANISI	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE Ing. A. CHECCHI	

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

I	F	1	M	0	0	E	Z	Z	C	L	G	A	0	1	E	0	0	0	3	C	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	ANTIGA	14/06/18	GILBERT	15/06/18	D'ANGELO	15/06/18	ANTIGA	
B	EMISSIONE PER RdV	ANTIGA	10/09/18	GILBERT	11/09/18	D'ANGELO	11/09/18		
C	EMISSIONE PER RdV	ANTIGA	10/10/18	GILBERT	11/10/18	D'ANGELO	11/10/18		
									12/10/18

File: IF1M.0.0.E.ZZ.CL.GA.01.E.0.003-C.doc

n. Elab.:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.003	REV. PAGINA C 2 di 54

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVE E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>5</b>
2.1	NORMATIVE.....	5
2.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....	6
<b>3</b>	<b>MATERIALI UTILIZZATI .....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>AZIONI DA INCENDIO .....</b>	<b>17</b>
<b>5</b>	<b>CODICI DI CALCOLO UTILIZZATI .....</b>	<b>18</b>
<b>6</b>	<b>ANALISI DELLA STRUTTURA.....</b>	<b>19</b>
6.1	AZIONI DI PROGETTO.....	21
6.1.1	Carichi permanenti.....	21
6.1.2	Spinte del terreno.....	21
6.1.3	Accidentali.....	21
6.1.4	Treno di carico.....	22
6.1.5	Azioni termiche dovute all'incendio.....	23
6.2	MODELLI DI CALCOLO .....	24
6.2.1	Geometria del modello.....	26
6.2.2	Condizioni di carico .....	28
6.2.3	Output grafici e numerici.....	40
6.3	VERIFICA ELEMENTI STRUTTURALI .....	43
6.3.1	Verifica della sezione in campata della soletta (sp. 120 cm).....	44
6.3.2	Verifica del piedritto centrale (sp. 100 cm).....	46

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<p style="text-align: center;"><b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b>  <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b></p> <p style="text-align: center;"><b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE  OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI  CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b></p>												
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>													
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA.01.E0.003</td> <td>C</td> <td>3 di 54</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.003	C	3 di 54
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.003	C	3 di 54								

**7 ANALISI TERMICA .....49**

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.E0.003</b>	REV. <b>C</b>	PAGINA <b>4 di 54</b>

## 1 **PREMESSA**

Nella presente relazione si riportano le analisi e le verifiche strutturali delle opere che caratterizzano la Galleria artificiale ferroviaria Casalnuovo, prevista tra il km 0+550.00 ed il km 2+860.21, della tratta ferroviaria Napoli – Canello nella zona di sottopasso del fascio tubiero dal punto di vista della verifica al fuoco.

In tale zona la sezione della galleria è costituita da uno scatolare diviso in due sezioni da un setto centrale.

La presente relazione illustra le verifiche strutturali “a caldo” dello scatolare per una durata dello scenario d’incendio di 120 minuti. Nel calcolo, nelle zone interessate dagli effetti dell’incendio, la struttura è stata discretizzata mediante elementi di spessore pari a circa 20.3mm per le zone di spessore complessivo 130 cm ed elementi di spessore pari a circa 17.2mm per le zone di spessore complessivo 100 cm. Nelle zone più esterne, dove la temperatura rimane costante, la maglia risulta più lasca (spessore quadruplicato).

Per chiarezza di esposizione, nella relazione si riportano alcune informazioni sul modello utilizzato nelle analisi e sulle caratteristiche dei materiali.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.E0.003</b>	REV. PAGINA <b>C 5 di 54</b>

## 2 **NORMATIVE E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO**

### 2.1 **NORMATIVE**

Si riporta di seguito l'elenco dei documenti dei quali si è tenuto conto in sede di progettazione.

- D.M. 14 gennaio 2008 - Norme Tecniche per le Costruzioni.
- Circolare 2 febbraio 2009,n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- UNI EN 1992-1-1 "Progettazione delle strutture di calcestruzzo.
- UNI EN 206-1-2016: Calcestruzzo. "Specificazione, prestazione, produzione e conformità".
- Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto -binario - "RFI DTC INC PO SP IFS 001 A".
- Istruzioni tecniche per la progettazione di manufatti sotto-binario da costruire in zona sismica -"RFI DTC ICI PO SP INF 004 A".
- Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie – “RFI DTC INC CS SP IFS 001 A 29122011”.
- Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 28 Ottobre 2005 "Sicurezza nelle Gallerie Ferroviarie".
- REGOLAMENTO (UE) N. 1303/2014 DELLA COMMISSIONE del 18 Novembre 2014 relativo alla Specifica Tecnica di Interoperabilità concernente la "sicurezza nelle gallerie ferroviarie" del sistema ferroviario dell'Unione europea.
- UNI EN 1991-1-2 - Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-2 - Azioni in generale - Azioni sulle strutture esposte al fuoco.
- UNI EN 1992-1-2 - Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-2 - Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.E0.003</b>	REV. <b>C</b>	PAGINA <b>6 di 54</b>

## 2.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

Per le valutazioni di cui ai successivi capitoli sono stati presi a riferimento i seguenti studi specifici condotti sul tema resistenza al fuoco delle gallerie ferroviarie:

- Verifiche in condizione di incendio secondo la norma STI SRT 20/12/2007  
 "Sicurezza nelle gallerie ferroviarie" delle sezioni di rivestimento di alcune opere in sotterraneo delle tratte AV/AC Firenze-Bologna, Gricignano-Napoli, Novara-Milano - Considerazioni sul fenomeno dello "spalling" ai fini dell'esecuzione delle verifiche in condizioni di incendio delle strutture di rivestimento di opere in sotterraneo - Prof. Ing. Enzo Cartapati - Roma, 7 Maggio 2012.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.003	REV. C	PAGINA 7 di 54

### 3 MATERIALI UTILIZZATI

#### Calcestruzzo (aggregati calcarei)

##### Proprietà meccaniche a freddo

Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione semplice	$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_m$
dove $\alpha_{cc} = 0.85$ e $\gamma_m = 1.5$ ;	$f_{cd} = 14.17 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo media a trazione semplice	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3} = 2.56 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico	$E_c = 31476 \text{ N/mm}^2$
Modulo di Poisson	$\nu = 0.20$
Densità di Massa	$\rho = 25 \text{ kN/m}^3$
Coefficiente di Espansione Termica:	$\alpha = 1.00E-05 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

##### Proprietà meccaniche a caldo

Per quanto riguarda le proprietà meccaniche a caldo si fa riferimento al paragrafo 3.2.2.1 dell' EC2. Nella Tabella 3.1 sono riportati i valori caratteristici di resistenza dei calcestruzzi con aggregati silicei e calcarei in funzione della temperatura.

Nella tabella,  $f_{c,\theta}$  indica la resistenza a compressione del calcestruzzo alla temperatura  $\theta$ ,  $\varepsilon_{c1,\theta}$  la deformazione alla quale si raggiunge tale resistenza e  $\varepsilon_{cu1,\theta}$  la deformazione ultima del calcestruzzo. Nella Tab.2 sono riportati, in funzione della temperatura, i valori della resistenza a compressione per un calcestruzzo con  $f_{ck} = 25.0 \text{ MPa}$ , con aggregati calcarei.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.003	REV. PAGINA C 8 di 54

Concrete temp. $\theta$ [°C]	Siliceous aggregates			Calcareous aggregates		
	$f_{c,\theta} / f_{ck}$ [-]	$\varepsilon_{c1,\theta}$ [-]	$\varepsilon_{cu1,\theta}$ [-]	$f_{c,\theta} / f_{ck}$ [-]	$\varepsilon_{c1,\theta}$ [-]	$\varepsilon_{cu1,\theta}$ [-]
1	2	3	4	5	6	7
20	1,00	0,0025	0,0200	1,00	0,0025	0,0200
100	1,00	0,0040	0,0225	1,00	0,0040	0,0225
200	0,95	0,0055	0,0250	0,97	0,0055	0,0250
300	0,85	0,0070	0,0275	0,91	0,0070	0,0275
400	0,75	0,0100	0,0300	0,85	0,0100	0,0300
500	0,60	0,0150	0,0325	0,74	0,0150	0,0325
600	0,45	0,0250	0,0350	0,60	0,0250	0,0350
700	0,30	0,0250	0,0375	0,43	0,0250	0,0375
800	0,15	0,0250	0,0400	0,27	0,0250	0,0400
900	0,08	0,0250	0,0425	0,15	0,0250	0,0425
1000	0,04	0,0250	0,0450	0,06	0,0250	0,0450
1100	0,01	0,0250	0,0475	0,02	0,0250	0,0475
1200	0,00	-	-	0,00	-	-

**Tabella 3.1. Caratteristiche del calcestruzzo in funzione della temperatura**

T [°C]	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
$f_{c,\theta}$ (MPa)	25,0	25,0	24,3	22,8	21,3	18,5	15,0	10,8	6,8	3,8	1,5	0,5	0

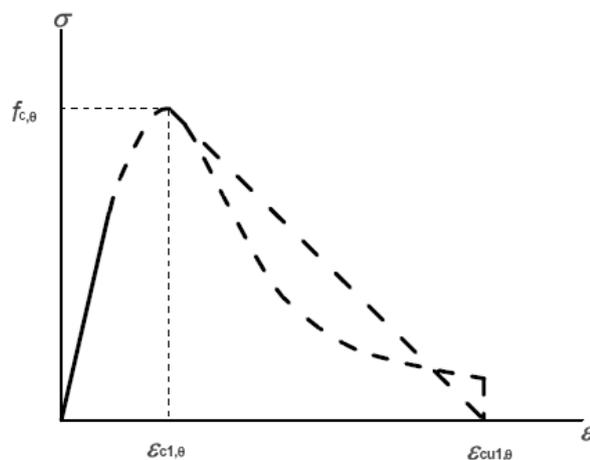
**Tabella 3.2. Variazione di  $f_{ck}$  con la temperatura per un calcestruzzo con aggregati calcarei ed  $f_{ck}$  25 MPa**

La Figura 3.1 mostra il legame tensione-deformazione del calcestruzzo ad una assegnata temperatura  $\theta$ . percorrendo un primo ramo curvo ascendente si raggiunge la resistenza massima  $f_{c,\theta}$  in corrispondenza della deformazione  $\varepsilon_{c1,\theta}$ ; segue poi un ramo discendente,

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.003	REV. PAGINA C 9 di 54

con decadimento delle proprietà del calcestruzzo, fino alla deformazione ultima  $\varepsilon_{cu1,\theta}$ , in corrispondenza di un valore di resistenza nulla del calcestruzzo.

Il calcestruzzo utilizzato per la costruzione è caratterizzato da aggregati calcarei.



Range	Stress $\sigma(\theta)$
$\varepsilon \leq \varepsilon_{c1,\theta}$	$\frac{3\varepsilon f_{c,\theta}}{\varepsilon_{c1,\theta} \left( 2 + \left( \frac{\varepsilon}{\varepsilon_{c1,\theta}} \right)^3 \right)}$
$\varepsilon_{c1(\theta)} < \varepsilon \leq \varepsilon_{cu1,\theta}$	For numerical purposes a descending branch should be adopted. Linear or non-linear models are permitted.

**Figura 3.3-1. Legame tensione-deformazione del calcestruzzo**

Le analisi sono state effettuate assumendo un comportamento del calcestruzzo di tipo elasto-plastico ideale, senza considerare il ramo discendente della curva di resistenza dopo il picco.

Per quanto riguarda il comportamento a compressione del calcestruzzo alle alte temperature, le prescrizioni di normativa tengono conto delle deformazioni viscosi transitorie, che derivano da deformazioni supplementari dipendenti dalla temperatura e dalla tensione applicata, e si manifestano nel calcestruzzo sollecitato a compressione nella fase di primo riscaldamento.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.003	REV. C	PAGINA 10 di 54		

Nelle analisi, il modulo elastico  $E_{c,\theta}$  (variabile in funzione della temperatura) è stato assunto pari al valore secante determinato per una tensione  $\sigma$  di  $0,01 f_{c,\theta}$ .

Nella Tab.3.3 sono riportati i moduli elastici secanti in funzione della temperatura per un calcestruzzo con aggregati calcarei e  $f_{ck}$  25.0 MPa.

T [°C]	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
$E_{c,\theta}$ (MPa)	15002	9374	6600	4872	3186	1850	898	644	404	225	90	30	0

**Tabella 3.3. Variazione di  $f_{ck}$  con la temperatura per un calcestruzzo con aggregati calcarei ed  $f_{ck}$  25 MPa**

Sulla base di quanto riportato nel paragrafo 3.2.2.2 dell'Eurocodice 2, la resistenza a trazione del calcestruzzo è stata definita mediante la seguente relazione:

$$f_{ck,t}(\theta) = k_{c,t}(\theta) \cdot f_{ck,t}$$

in cui il coefficiente  $k_{c,t}(\theta)$  risulta pari a:

$$k_{ct}(\theta) = 1,0 \quad \text{per } 20^\circ\text{C} \leq \theta \leq 100^\circ\text{C}$$

$$k_{ct}(\theta) = 1,0 - 1,0 \cdot (\theta - 100)/500 \quad \text{per } 100^\circ\text{C} < \theta \leq 600^\circ\text{C}$$

Anche in trazione il comportamento del calcestruzzo è stato assunto di tipo elasto-plastico ideale.

### Proprietà termiche del calcestruzzo

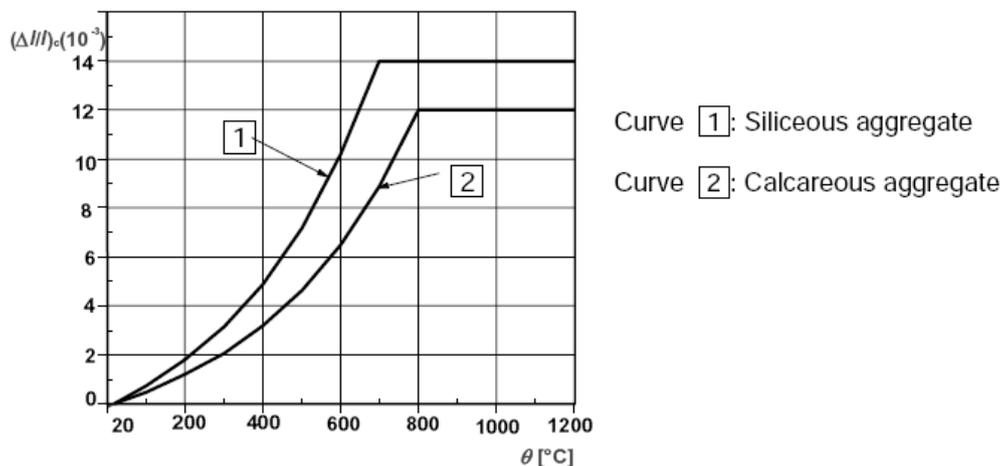
Le proprietà termiche del calcestruzzo sono state determinate in accordo con l'EC2.

La prima grandezza è il coefficiente di espansione termica. La curva 2 indicata in Figura 3.2 rappresenta la variazione della deformazione termica con la temperatura per calcestruzzi con aggregati calcarei.

Calcareous aggregates:

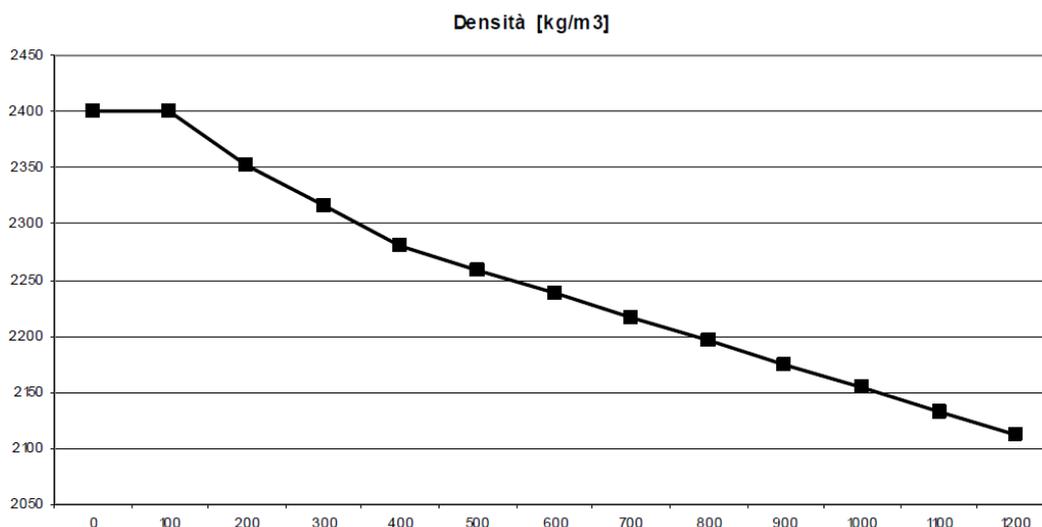
$$\begin{aligned} \varepsilon_c(\theta) &= -1,2 \times 10^{-4} + 6 \times 10^{-6}\theta + 1,4 \times 10^{-11}\theta^3 & \text{for } 20^\circ\text{C} \leq \theta \leq 805^\circ\text{C} \\ \varepsilon_c(\theta) &= 12 \times 10^{-3} & \text{for } 805^\circ\text{C} < \theta \leq 1200^\circ\text{C} \end{aligned}$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.    PAGINA
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.003	C      11 di 54



**Figura 3.3-2. Deformazione termica per calcestruzzi con aggregati silicei e calcarei**

In generale la densità diminuisce all'aumentare della temperatura in quanto l'umidità libera nei pori tende ad evaporare a partire da 100°C. Nel calcestruzzo con aggregati di tipo calcareo, a partire da 700°C si innesca inoltre il fenomeno della calcinazione, che determina la decomposizione del carbonato di calcio in ossido di calcio ed anidride carbonica, con una conseguente diminuzione della densità.



**Figura 3.3-3. Grafico della densità in funzione della temperatura**

Il calore specifico è l'altra grandezza che varia con la temperatura. Le leggi di variazione del calore specifico in funzione della temperatura sono riportate in Fig.3.4.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.003	REV. PAGINA C 12 di 54

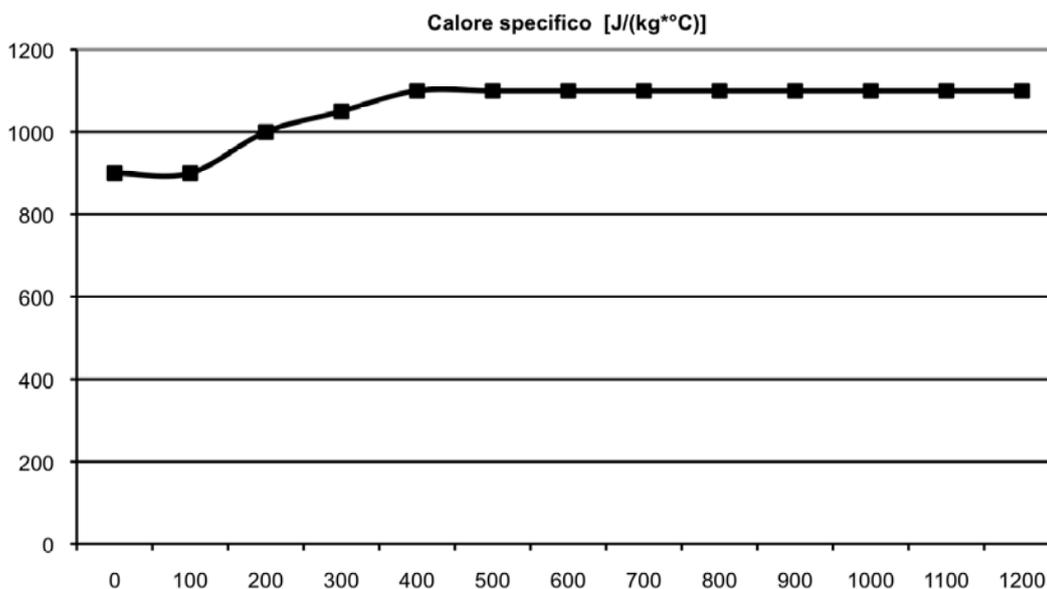
All'aumentare della temperatura il calore specifico aumenta a causa della variazione di umidità all'interno dell'impasto e di fenomeni chimici innescati alle alte temperature, come la dissociazione dell'idrossido di calcio in ossido di calcio ed acqua e l'aumento di volume dovuto al cambiamento di forma cristallina del quarzo.

$$c_p(\theta) = 900 \text{ (J/kg K)} \quad \text{for } 20^\circ\text{C} \leq \theta \leq 100^\circ\text{C}$$

$$c_p(\theta) = 900 + (\theta - 100) \text{ (J/kg K)} \quad \text{for } 100^\circ\text{C} < \theta \leq 200^\circ\text{C}$$

$$c_p(\theta) = 1000 + (\theta - 200)/2 \text{ (J/kg K)} \quad \text{for } 200^\circ\text{C} < \theta \leq 400^\circ\text{C}$$

$$c_p(\theta) = 1100 \text{ (J/kg K)} \quad \text{for } 400^\circ\text{C} < \theta \leq 1200^\circ\text{C}$$



**Figura 3.3-4. Variazione del calore specifico in funzione della temperatura**

L'ultimo parametro preso in conto dalla normativa è la conduttività termica. Nella normativa sono indicati un limite superiore ed un limite inferiore, ed è permesso scegliere la curva di variazione con la temperatura nel campo di valori compreso tra le due curve. In Figura 3.5 sono riportate le leggi che determinano rispettivamente il limite superiore ed il limite inferiore con il relativo grafico; nella Figura 6 è rappresentata la curva che corrisponde alla media tra i due limiti.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.E0.003</b>	REV. <b>C</b>	PAGINA <b>13 di 54</b>
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>								

$$\lambda_c = 2 - 0,2451 (\theta/100) + 0,0107 (\theta/100)^2 \text{ W/m K} \quad \text{for } 20^\circ\text{C} \leq \theta \leq 1200^\circ\text{C}$$

$$\lambda_c = 1,36 - 0,136 (\theta/100) + 0,0057 (\theta/100)^2 \text{ W/m K} \quad \text{for } 20^\circ\text{C} \leq \theta \leq 1200^\circ\text{C}$$

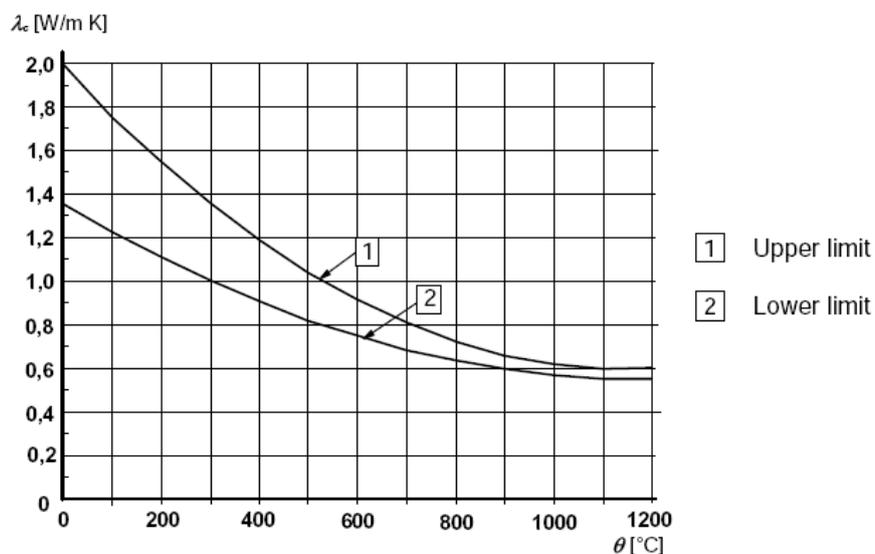


Figura 3.3-5. Leggi della conduttività termica

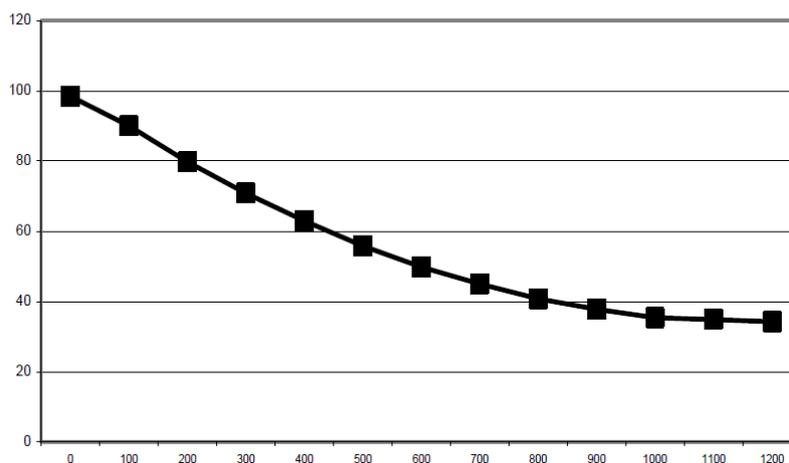


Figura 3.3-6. Leggi della conduttività termica

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.003	REV. C	PAGINA 14 di 54

### **Acciaio di Armatura (B450 C)**

Tensione caratteristica di snervamento

$$f_{yk} = 450 \text{ MPa}$$

Tensione caratteristica di calcolo

$$f_{yd} = f_{yk} / 1.15 = 391 \text{ MPa}$$

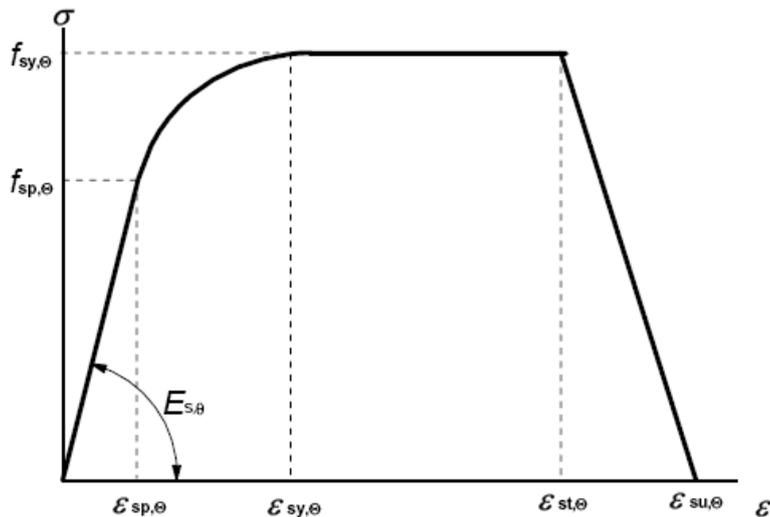
Modulo elastico

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Il paragrafo 3.2.3 dell'EC2 fornisce il legame costitutivo degli acciai di rinforzo al variare della temperatura. La curva tipo riportata nell'Eurocodice dipende da tre parametri principali: il modulo di elasticità  $E_{s,\theta}$ , il limite di proporzionalità  $f_{sp,\theta}$  e la resistenza massima  $f_{sy,\theta}$ . Tutti e tre i parametri cambiano con la temperatura e variano a seconda del tipo di acciaio e del tipo di lavorazione. Si tratta di una curva che segue il legame tipico elasto-plastico dell'acciaio, con un ultimo tratto discendente che descrive il legame costitutivo fino alla deformazione ultima. La curva è descritta dai valori di deformazione che indicano il limite di proporzionalità, il massimo di resistenza, la fine del tratto plastico ed il limite ultimo del legame.

La Figura 3.7 mostra il legame tensione-deformazione per gli acciai e la tabella 3.4 riporta la variazione dei tre parametri principali in funzione della temperatura. I diagrammi sono validi anche per acciai che lavorano a compressione. Dalla tabella 3 risulta che sia la resistenza sia il modulo elastico rimangono costanti fino ad una certa temperatura (intorno ai 400°C) per poi diminuire, fino ad arrivare a zero a 1200°C. In realtà, mentre all'aumentare della temperatura il limite di snervamento e il modulo elastico diminuiscono, la resistenza ultima a trazione aumenta per valori di temperatura compresi tra i 100°C e i 200°C, per poi tornare a diminuire.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.003	REV. C	PAGINA 15 di 54



Range	Stress $\sigma(\theta)$	Tangent modulus
$\varepsilon_{sp,\theta}$	$\varepsilon E_{s,\theta}$	$E_{s,\theta}$
$\varepsilon_{sp,\theta} \leq \varepsilon \leq \varepsilon_{sy,\theta}$	$f_{sp,\theta} - c + (b/a)[a^2 - (\varepsilon_{sy,\theta} - \varepsilon)^2]^{0,5}$	$\frac{b(\varepsilon_{sy,\theta} - \varepsilon)}{a[a^2 - (\varepsilon - \varepsilon_{sy,\theta})^2]^{0,5}}$
$\varepsilon_{sy,\theta} \leq \varepsilon \leq \varepsilon_{st,\theta}$	$f_{sy,\theta}$	0
$\varepsilon_{st,\theta} \leq \varepsilon \leq \varepsilon_{su,\theta}$	$f_{sy,\theta} [1 - (\varepsilon - \varepsilon_{st,\theta}) / (\varepsilon_{su,\theta} - \varepsilon_{st,\theta})]$	-
$\varepsilon = \varepsilon_{su,\theta}$	0,00	-
Parameter *)	$\varepsilon_{sp,\theta} = f_{sp,\theta} / E_{s,\theta}$ $\varepsilon_{sy,\theta} = 0,02$ $\varepsilon_{st,\theta} = 0,15$ $\varepsilon_{su,\theta} = 0,20$ Class A reinforcement: $\varepsilon_{st,\theta} = 0,05$ $\varepsilon_{su,\theta} = 0,10$	
Functions	$a^2 = (\varepsilon_{sy,\theta} - \varepsilon_{sp,\theta})(\varepsilon_{sy,\theta} - \varepsilon_{sp,\theta} + c/E_{s,\theta})$ $b^2 = c (\varepsilon_{sy,\theta} - \varepsilon_{sp,\theta}) E_{s,\theta} + c^2$ $c = \frac{(f_{sy,\theta} - f_{sp,\theta})^2}{(\varepsilon_{sy,\theta} - \varepsilon_{sp,\theta})E_{s,\theta} - 2(f_{sy,\theta} - f_{sp,\theta})}$	

Figura 3.7. Legame tensione-deformazione dell'acciaio

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>									
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA				
		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.003	C	16 di 54				

Steel Temperature $\theta$ [°C]	$f_{sy,\theta} / f_{yk}$		$f_{sp,\theta} / f_{yk}$		$E_{s,\theta} / E_s$	
	hot rolled	cold worked	hot rolled	cold worked	hot rolled	cold worked
1	2	3	4	5	6	7
20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
100	1,00	1,00	1,00	0,96	1,00	1,00
200	1,00	1,00	0,81	0,92	0,90	0,87
300	1,00	1,00	0,61	0,81	0,80	0,72
400	1,00	0,94	0,42	0,63	0,70	0,56
500	0,78	0,67	0,36	0,44	0,60	0,40
600	0,47	0,40	0,18	0,26	0,31	0,24
700	0,23	0,12	0,07	0,08	0,13	0,08
800	0,11	0,11	0,05	0,06	0,09	0,06
900	0,06	0,08	0,04	0,05	0,07	0,05
1000	0,04	0,05	0,02	0,03	0,04	0,03
1100	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02
1200	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**Tabella 3.4. Caratteristiche dell'acciaio in funzione della temperatura**

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.003	C	17 di 54

#### 4 AZIONI DA INCENDIO

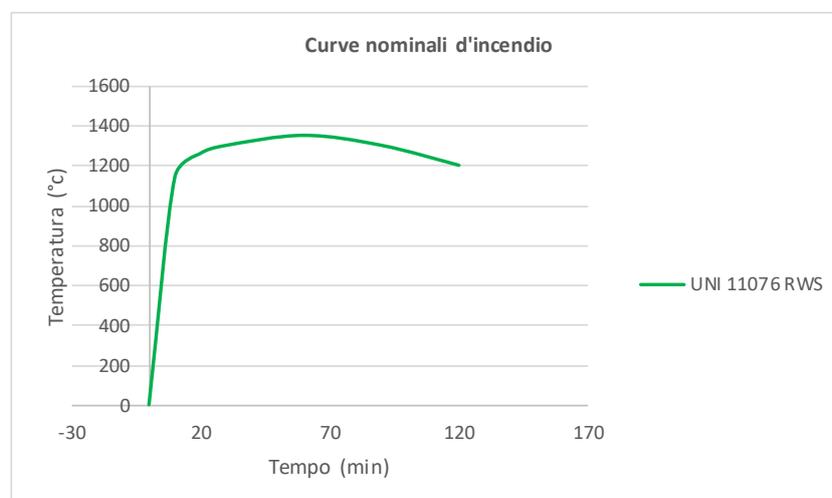
L'azione convenzionale di progetto è definita da una curva di incendio che rappresenta l'andamento, in funzione del tempo, della temperatura dei gas di combustione che si sviluppano nella galleria. Nell'analisi è stata utilizzata la curva RWS della norma UNI 11076. L'analisi termica è stata condotta fino ad un tempo di 120 minuti.

##### A) Curva UNI11076 RWS

Nell'analisi è stata utilizzata la curva tempo-temperatura tipica di un fuoco standard nei tunnel (curva di incendio RWS). I valori numerici delle temperature in funzione del tempo sono riportati nella tabella 4.2

t (min)	temp (°c)
0	0
10	1140
20	1260
30	1300
60	1350
90	1300
120	1200

**Tabella 4.2 Valori della temperatura in funzione del tempo secondo la curva UNI11076 RWS**



**Figura 4-1 Grafico della curva di incendio utilizzata**

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.E0.003</b>	REV. <b>C</b>	PAGINA <b>18 di 54</b>

## 5 CODICI DI CALCOLO UTILIZZATI

Per eseguire le analisi numeriche riportate nella presente relazione è stato impiegato il seguente software:

- Software di calcolo agli elementi finiti (FEM): SAP2000 della CSI Berkeley.
- Software di calcolo agli elementi finiti (FEM): Resistenza al fuoco della AMV s.r.l.

Inoltre, per l'elaborazione dei dati di input/output ed altro sono stati implementati opportuni fogli elettronici in excel.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.E0.003</b>	REV. <b>C</b>	PAGINA <b>19 di 54</b>

## 6 ANALISI DELLA STRUTTURA

L'effetto di un incendio nella fase di esercizio della galleria è stato analizzato determinando le variazioni dello stato tensionale e deformativo della struttura al variare della temperatura all'interno della struttura.

Variando la rigidità degli elementi della struttura in funzione della temperatura è stato necessario utilizzare un modello di calcolo differente a seconda della condizione di incendio studiata.

Per la curva di incendio utilizzata si sono studiate tre condizioni di incendio:

- a) incendio che coinvolge la sezione di sinistra;
- b) incendio che coinvolge la sezione di destra;
- c) incendio che coinvolge entrambe le sezioni.

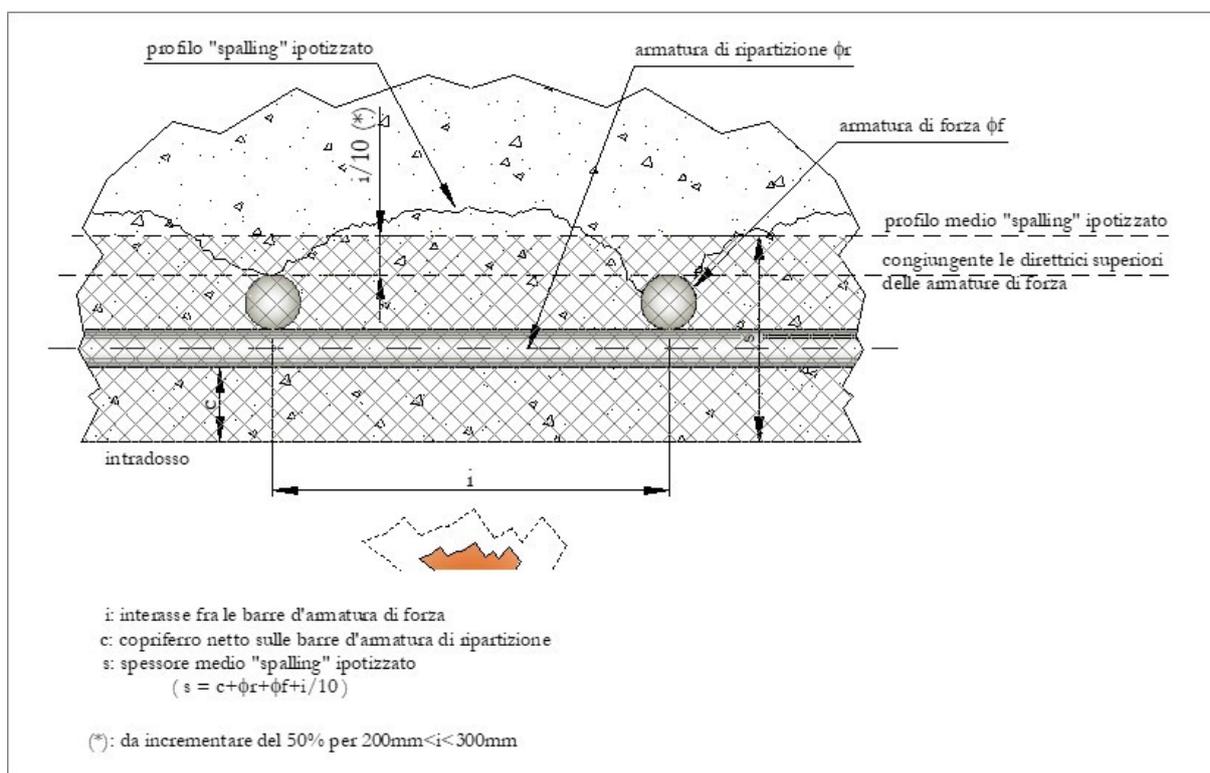
In totale sono stati studiati 3 modelli che presentano la medesima geometria, le medesime condizioni di carico elementari ad esclusione della condizione incendio, le stesse combinazioni di carico e che differiscono solo nelle proprietà del materiale degli elementi coinvolti nelle variazioni dovute alle diverse temperature.

Per determinare il valore della temperatura nelle varie sezioni è stata effettuata un'analisi termica a 60, 90 e 120 minuti per ciascuna curva di incendio (ved. Capitolo 7). A favore di sicurezza è stato attribuito a ciascun elemento coinvolto il massimo valore di temperatura raggiunto nel corso dei 120 minuti di incendio.

Si precisa che le analisi numeriche sono state eseguite con riferimento alla sezione strutturale "integra" (cioè si sono adottati gli spessori nominali delle opere) mentre le verifiche strutturali sono state eseguite in presenza di fenomeni di "spalling".

Per effettuare ciò, ci si è riferiti ad uno studio condotto per *Rete Ferroviaria Italiana* che, sulla base di evidenze sperimentali e di incendi realmente avvenuti, ha portato ad individuare un criterio attendibile di quantificazione dei fenomeni di "spalling" con il quale, caso per caso, condurre le valutazioni (cfr. anche Figura 6-1).

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.E0.003</b>	REV. <b>C</b>	PAGINA <b>20 di 54</b>



**Figura 6-1 Stralcio schematico sezione strutturale per quantificazione fenomeno "spalling"**

Nel caso in oggetto si è adottato uno spessore medio di "spalling" pari a 10 cm.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.003	REV.    PAGINA C      21 di 54

## 6.1 AZIONI DI PROGETTO

### 6.1.1 Carichi permanenti

Peso calcestruzzo armato:                    **25.0 kN/m<sup>3</sup>**

Peso calcestruzzo marciapiedi:           **20.0 kN/m<sup>3</sup>**

Peso ballast:                                    **18.0 kN/m<sup>3</sup>**

Terreno di riporto:                           **19.0 kN/m<sup>3</sup>**

Livello massimo falda a 2.2 m dall'intradosso della base dello scatolare.

### 6.1.2 Spinte del terreno

Per il terreno a lato del monolite si considerano:

$$\gamma = 16.0 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi = 35^\circ$$

$$k_0 = 1 - \sin(35^\circ) = 0.426$$

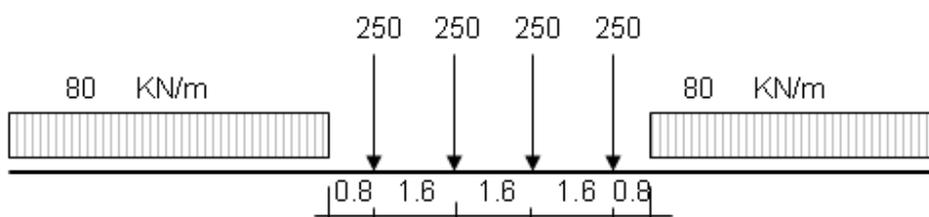
### 6.1.3 Accidentali

Accidentali a livello del piano campagna:                    **20.0 kN/m<sup>2</sup>**

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>	
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.E0.003</b>		REV. <b>C</b>

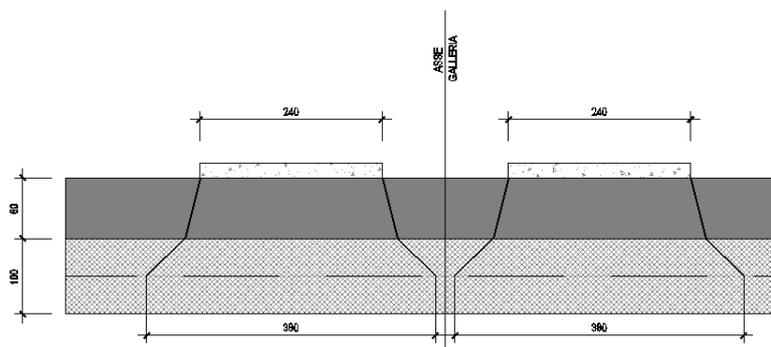
### 6.1.4 Treno di carico

La tipologia di treno che massimizza le sollecitazioni è il treno LM 71 considerando la zona con i carichi concentrati.

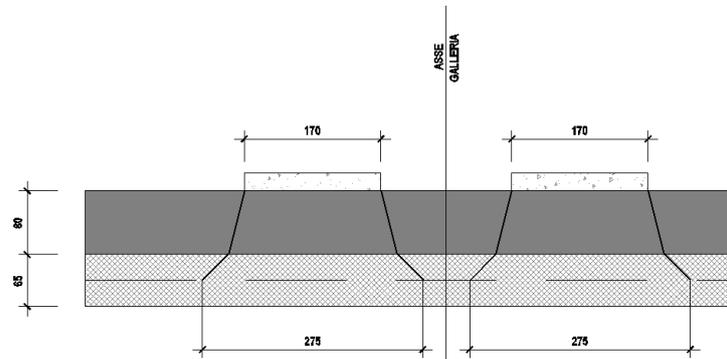


Il relativo coefficiente moltiplicativo  $\alpha$  è pari a 1.1

In direzione longitudinale i carichi concentrati vengono considerati come carichi uniformemente ripartiti. In direzione trasversale i carichi vengono ripartiti, a partire da una dimensione pari alla larghezza della traversa (2.40 m per la galleria di sinistra e 1.70 m per la galleria di destra) fino al piano medio del traverso di fondazione dello scatolare, adottando una diffusione di 4:1 all'interno dello strato di ballast e di 1:1 nello strato di calcestruzzo della fondazione stessa.



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.003	REV. PAGINA C 23 di 54



Il valore del carico uniformemente distribuito, applicato dunque su una striscia di 3.80 m per la galleria sinistra e di 2.75 m per la galleria destra, è stato quindi così calcolato:

carico LM71:  $250 \cdot 4 = 1000 \text{ kN}$

diffusione longitudinale: 6.40 m

carico distribuito per metro: 156.25 kN/m

carico equivalente treno:  $q_{\text{treno, galleria sx}} = \frac{156,25 \text{ kN/m}}{3,80 \text{ m}} \cdot 156,25 / 3,8 = 41,12 \text{ kN/m}$

$$q_{\text{treno, galleria dx}} = 156,25 / 2,75 \frac{156,25 \text{ kN/m}}{2,75 \text{ m}} = 56,82 \text{ kN/m}$$

Tale carico è stato, infine, moltiplicato per un coefficiente di adattamento  $\alpha = 1,1$ :  $q_{\text{treno, galleria sx}} = 41,12 \cdot 1,1 = 45,23 \text{ kN/m}$ ;  $q_{\text{treno, galleria dx}} = 56,82 \cdot 1,1 = 62,50 \text{ kN/m}$ .

### 6.1.5 Azioni termiche dovute all'incendio

In base ai valori di temperatura raggiunti dagli elementi coinvolti dall'incendio è stata attribuita ad essi un'azione termica pari a  $\Delta T = T - 20 \text{ °C}$  dove T è la temperatura raggiunta e 20 è la temperatura iniziale considerata come valore costante in corrispondenza delle superfici a contatto con il terreno.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.003	C	24 di 54

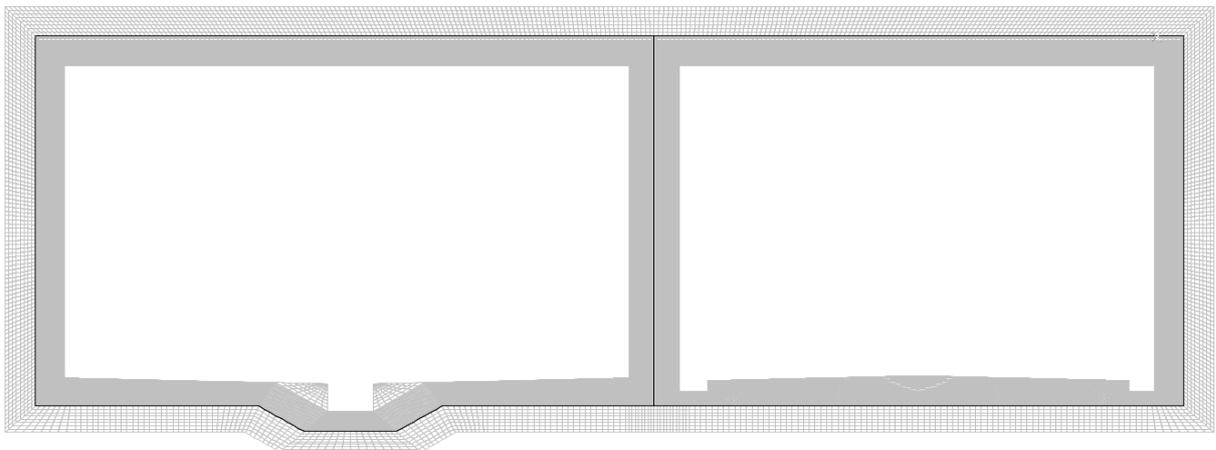
## 6.2 MODELLI DI CALCOLO

Nei seguenti paragrafi sono riportati gli schemi e i modelli di calcolo utilizzati per la valutazione delle sollecitazioni agenti sulla struttura.

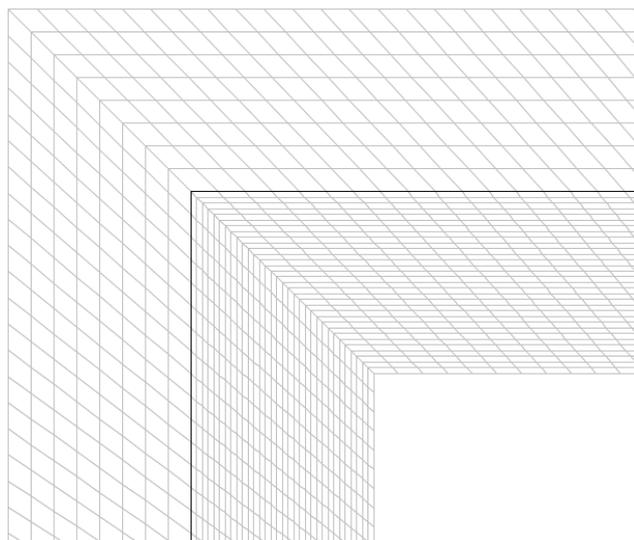
Il modello rappresenta una sezione larga un metro del monolite. La larghezza delle sezioni ed i carichi sono stati quindi determinati su base unitaria. La sezione è studiata nella direzione parallela al fascio tubiero e presenta quindi luci superiori rispetto alla sezione ortogonale alle pareti.

La sezione è costituita da elementi shell di spessore pari ad un metro. Gli elementi shell dividono lo spessore del piedritto centrale in 64 parti mentre le pareti esterne e le solette sono state divise in 40 parti (8 nella metà più esterna e 32 nella metà interna).

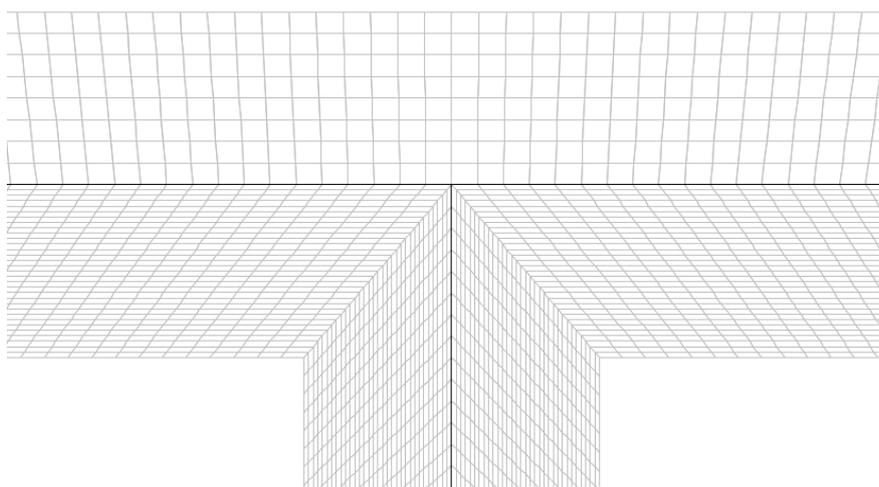
In corrispondenza della mezzeria sono presenti elementi tipo beam con dimensioni corrispondenti a quelle utilizzate nel modello per le verifiche normali, rigidezza fittizia pari a  $E/1000$  e peso specifico trascurabile. Tali elementi hanno il compito di trasferire i carichi al modello e permettere la valutazione del momento flettente moltiplicando la sollecitazione presente per 1000.



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE          OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI          CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>	
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.E0.003</b>	REV. <b>C</b>	PAGINA <b>25 di 54</b>



Dettaglio suddivisione elementi in corrispondenza del piedritto laterale sinistro



Dettaglio suddivisione elementi in corrispondenza del piedritto centrale

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.E0.003</b>	REV.    PAGINA <b>C        26 di 54</b>

### 6.2.1 Geometria del modello

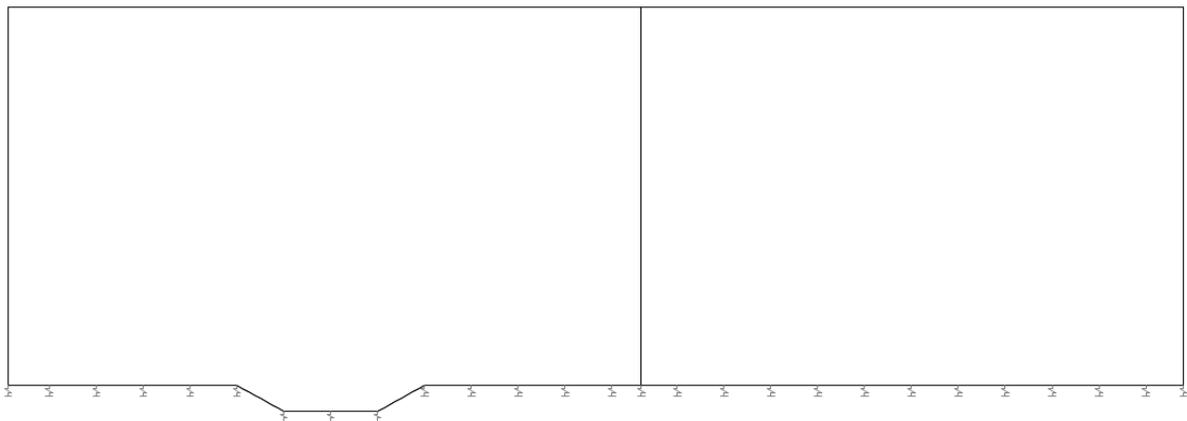
Nella seguente tabella sono state riportate le coordinate nodali dei nodi più significativi del modello.

**Table: Joint Coordinates**

<b>Joint</b>	<b>X</b> m	<b>Y</b> m	<b>Z</b> m
1	-6.88	0	0
2	-6.88	0	8.135
3	6.63	0	0
4	6.63	0	8.135
5	-0.5	0	0
6	0.5	0	0
7	-4	0	0
8	-3	0	0
9	-2	0	0
10	-1	0	0
11	0	0	0
12	1	0	0
13	2	0	0
14	3	0	0
15	4	0	0
16	18.19	0	0
17	18.19	0	8.135
18	12.39	0	0
19	7.39	0	0
20	17.39	0	0
21	9.39	0	0
22	10.39	0	0
23	11.39	0	0
24	13.39	0	0
25	14.39	0	0
26	15.39	0	0
27	16.39	0	0
28	8.39	0	0
29	-6	0	0
30	6	0	0
31	-5	0	0
32	5	0	0
33	7.18	0	0
34	6.08	0	0

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>  <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>	
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>	PROGETTO    LOTTO    CODIFICA    DOCUMENTO    REV.    PAGINA <b>IF1M    0.0.E.ZZ    CL    GA.01.E0.003    C    27 di 54</b>	

Per l'equilibrio rispetto alle azioni orizzontali i nodi 1, 2, 16 e 17 sono stati vincolati in direzione Y ed il nodo 3 in direzione X e Y.



Elementi beam con materiale fittizio

Molle applicate ai nodi

**Table: Joint Spring Assignments**

Joint	CoordSys	U1 KN/m	U2 KN/m	U3 KN/m	R1 KN-m/rad	R2 KN-m/rad	R3 KN-m/rad
1	Local	0	0	2177.1	0	0	0
3	Local	0	0	1388.0	0	0	0
7	Local	0	0	4416.3	0	0	0
8	Local	0	0	1997.1	0	0	0
9	Local	0	0	1997.1	0	0	0
10	Local	0	0	1997.1	0	0	0
11	Local	0	0	1997.1	0	0	0
12	Local	0	0	1997.1	0	0	0
13	Local	0	0	1997.1	0	0	0
14	Local	0	0	1997.1	0	0	0
15	Local	0	0	1997.1	0	0	0
16	Local	0	0	2097.0	0	0	0
18	Local	0	0	1997.1	0	0	0
19	Local	0	0	1258.2	0	0	0
20	Local	0	0	1797.4	0	0	0
21	Local	0	0	1997.1	0	0	0
22	Local	0	0	1997.1	0	0	0

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>  <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.003	C	28 di 54

Joint	CoordSys	U1 KN/m	U2 KN/m	U3 KN/m	R1 KN-m/rad	R2 KN-m/rad	R3 KN-m/rad
23	Local	0	0	1997.1	0	0	0
24	Local	0	0	1997.1	0	0	0
25	Local	0	0	1997.1	0	0	0
26	Local	0	0	1997.1	0	0	0
29	Local	0	0	1627.6	0	0	0
30	Local	0	0	1627.6	0	0	0
27	Local	0	0	1997.1	0	0	0
28	Local	0	0	1997.1	0	0	0
31	Local	0	0	1997.1	0	0	0
32	Local	0	0	1997.1	0	0	0

### 6.2.2 Condizioni di carico

#### CDC 1 - PESO PROPRIO

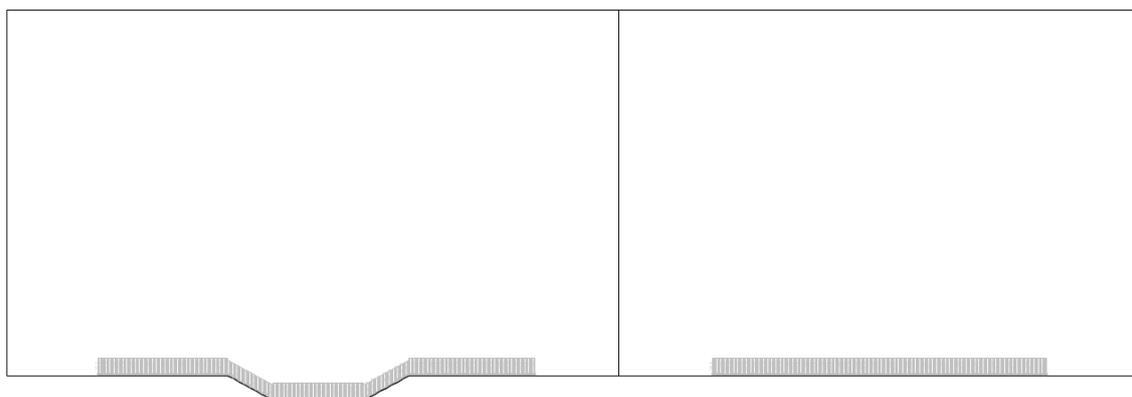
Il carico da peso proprio è calcolato automaticamente dal programma di calcolo.

#### CDC 2 - PERMANENTI

##### 2a) Permanenti - Massicciata

Carichi distribuiti sugli elementi della soletta inferiore:  $q = 18 \cdot 0.9 = 16.2$  kN/m

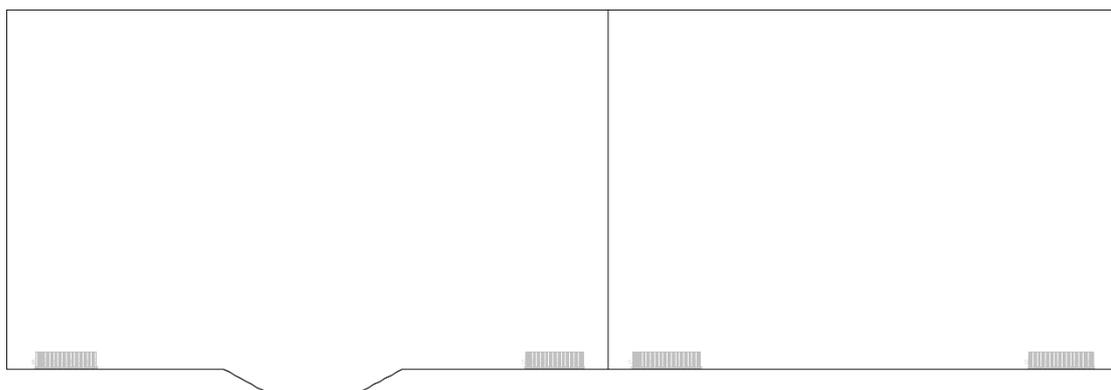
APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>	
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.E0.003</b>	REV. <b>C</b>	PAGINA <b>29 di 54</b>



*Permanenti - Massicciata*

2b) *Permanenti - Marciapiedi*

Carichi distribuiti sugli elementi della soletta inferiore:  $q = 20 \cdot 1.35 = 27.0 \text{ kN/m}$



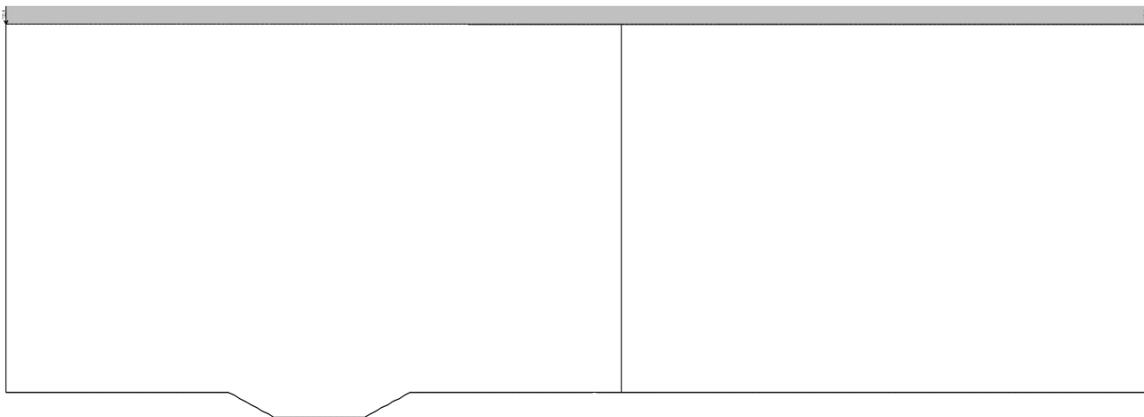
*Permanenti - Marciapiedi*

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.003	C	30 di 54

2c) *Permanenti – Ricoprimento/reinterro*

Carichi distribuiti sugli elementi della soletta superiore:  $q = 19 \cdot 5.00 = \mathbf{95.0}$  kN/m

Carichi concentrati su nodi 2 e 17:  $P = 19 \cdot 0.65 = \mathbf{12.4}$  kN



*Permanenti – Ricoprimento*

**CDC 3 - SPINTA TERRENO SX**

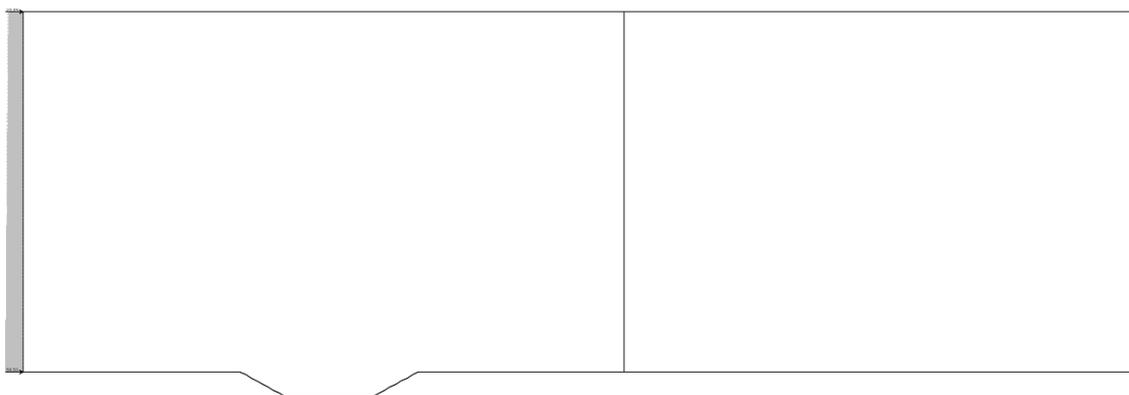
Carico distribuito uniforme su parete sx:  $q = 0.426 \cdot (95 + 16 \cdot 0.65) = \mathbf{44.9}$  kN/m

Carico distribuito triangolare su parete sx:  $q' = 0.426 \cdot 16 \cdot 8.135 = \mathbf{55.44}$  kN/m

Carico concentrato su nodo 2:  $F_{x1} = 0.426 \cdot (95 + 16 \cdot 0.65 / 2) \cdot 0.65 = \mathbf{27.75}$  kN

Carico concentrato su nodo 1:  $F_{x2} = 0.426 \cdot (95 + 16 \cdot 8.71 + 16 \cdot 0.575 / 2) \cdot 0.575 = \mathbf{58.53}$  kN

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.003	C	31 di 54



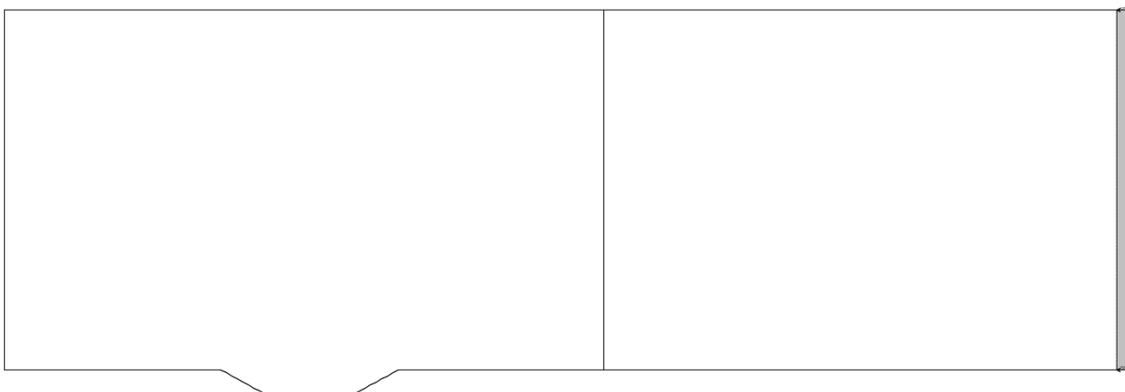
**CDC 4 - SPINTA TERRENO DX**

Carico distribuito uniforme su parete sx:  $q = -0.426 \cdot (95 + 16 \cdot 0.65) = -44.9 \text{ kN/m}$

Carico distribuito triangolare su parete sx:  $q' = -0.426 \cdot 16 \cdot 8.135 = -55.44 \text{ kN/m}$

Carico conc.o su nodo 17:  $F_{x1} = -0.426 \cdot (95 + 16 \cdot 0.65 / 2) \cdot 0.65 = -27.75 \text{ kN}$

Carico conc. su nodo 16:  $F_{x2} = -0.426 \cdot (95+16 \cdot 8.71+16 \cdot 0.575 / 2) \cdot 0.575 = -58.53 \text{ kN}$



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>  <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>	
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>
	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.E0.003</b>
	REV. <b>C</b>	PAGINA <b>32 di 54</b>

### CDC 5 - SPINTA IDROSTATICA

Carico distribuito su soletta inferiore:  $q_z = 10 \cdot 2.2 = \mathbf{22.0 \text{ kN/m}}$

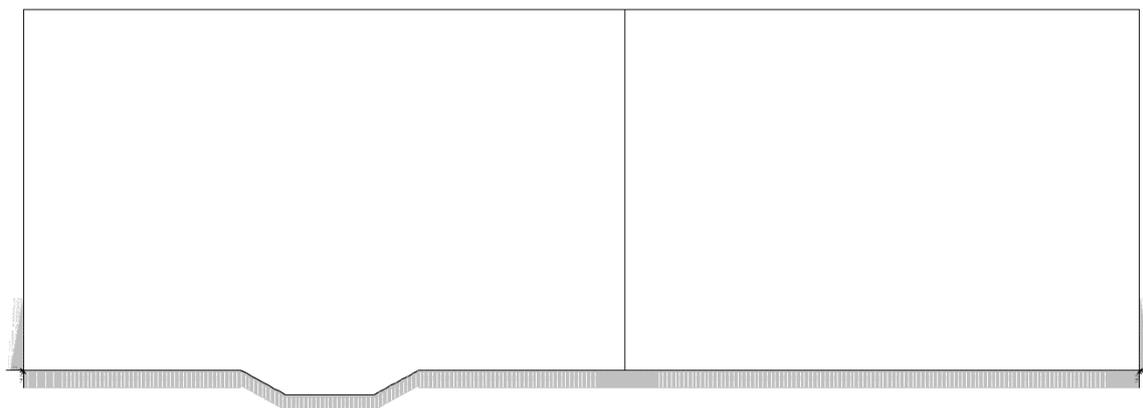
Carico distribuito triangolare su parete sx:  $q_x = 10 \cdot 1.625 = \mathbf{16.25 \text{ kN/m}}$

Carico distribuito triangolare su parete dx:  $q'_x = -10 \cdot 1.625 = \mathbf{-16.25 \text{ kN/m}}$

Carichi concentrati su nodi 1 e 17:  $F_z = 10 \cdot 2.2 \cdot 0.65 = \mathbf{14.3 \text{ kN}}$

Carico concentrato su nodo 2:  $F_{x1} = (16.25 + 10 \cdot 0.575 / 2) \cdot 0.575 = \mathbf{11.0 \text{ kN}}$

Carico concentrato su nodo 1:  $F_{x2} = -(16.25 + 10 \cdot 0.575 / 2) \cdot 0.575 = \mathbf{-11.0 \text{ kN}}$



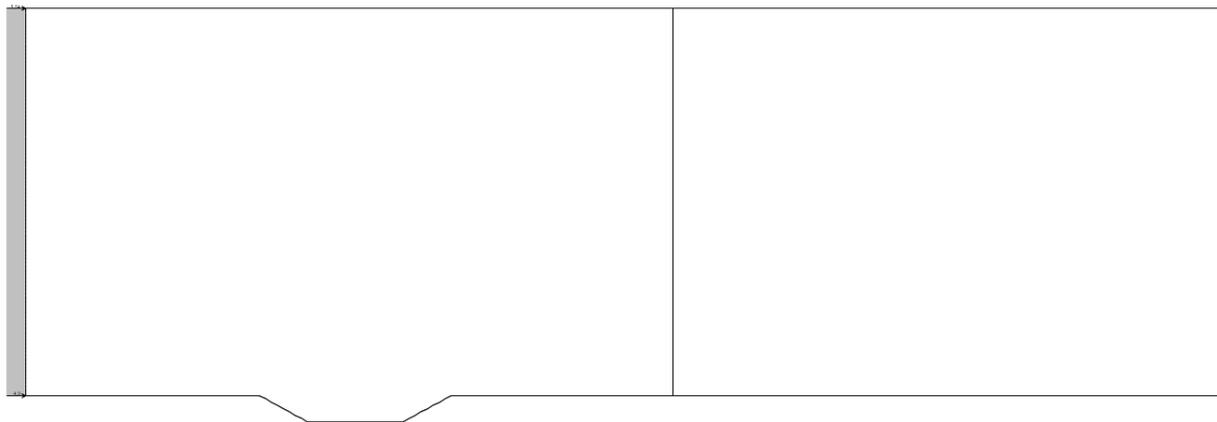
APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>		IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.003	C	33 di 54

### CDC 6 - Accidentali 1

Carico distribuito uniforme su parete sx:  $q_x = 0.426 \cdot 20 = \mathbf{8.52 \text{ kN/m}}$

Carico concentrato su nodo 2:  $F_{x1} = 0.426 \cdot 20 \cdot 0.65 = \mathbf{5.54 \text{ kN}}$

Carico concentrato su nodo 1:  $F_{x2} = 0.426 \cdot 20 \cdot 0.575 = \mathbf{4.9 \text{ kN}}$



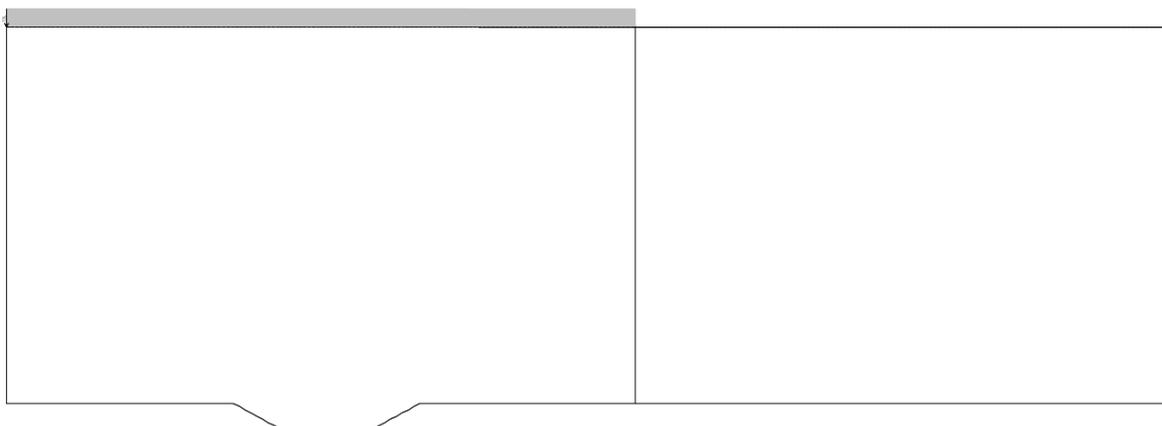
*Accidentali 1*

### CDC 7 - Accidentali 2

Carico distribuito uniforme su prima campata:  $q_z = \mathbf{-20.0 \text{ kN/m}}$

Carico concentrato su nodo 2:  $F_z = -20 \cdot 0.65 = \mathbf{-13.0 \text{ kN}}$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.E0.003</b>	REV.    PAGINA <b>C      34 di 54</b>



*Accidentali 2*

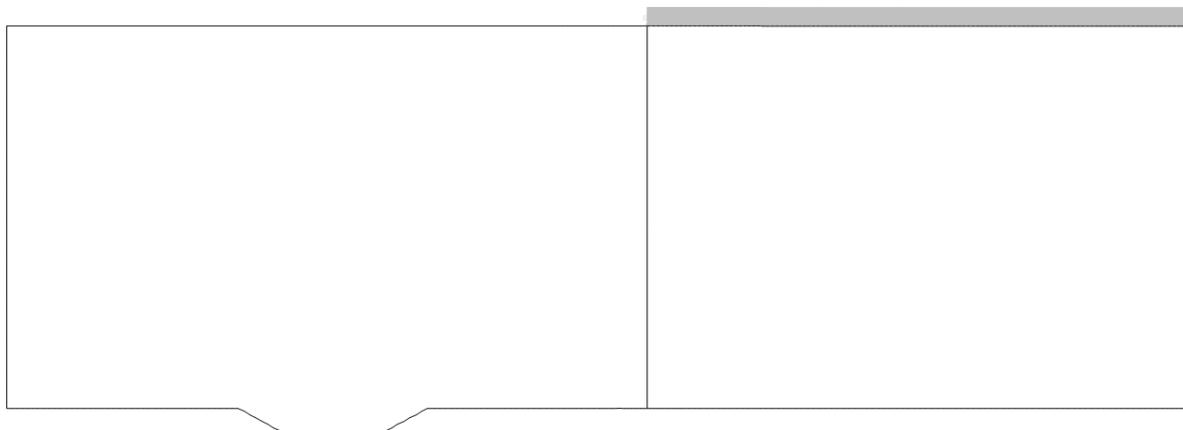
**CDC 8 - Accidentali 3**

Carico distribuito uniforme su seconda campata:

$$q_z = -20.0 \text{ kN/m}$$

Carico concentrato su nodo 17:

$$F_z = -20 \cdot 0.65 = -13.0 \text{ kN}$$



*Accidentali 3*

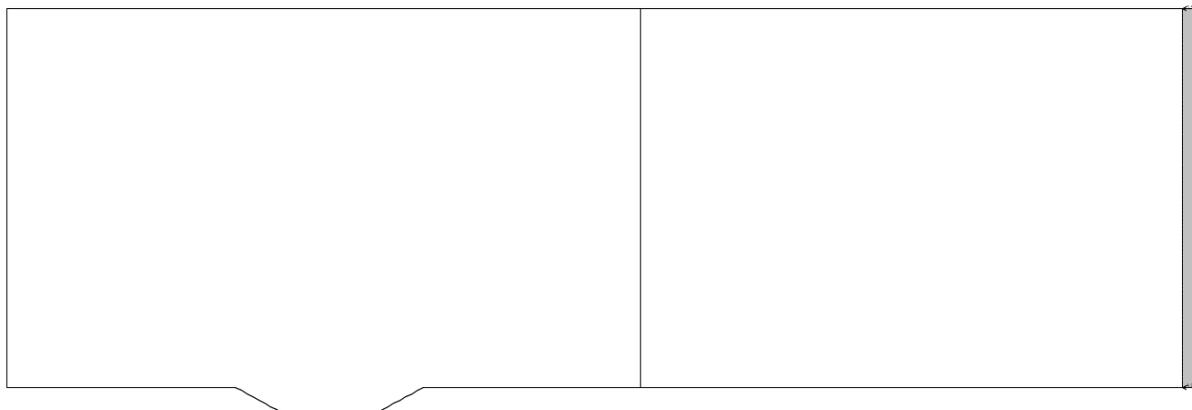
APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.E0.003</b>	REV. PAGINA <b>C 35 di 54</b>
		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				

### CDC 9 - Accidentali 4

Carico distribuito uniforme su parete dx:  $q_x = -0.426 \cdot 20 = -8.52 \text{ kN/m}$

Carico concentrato su nodo 17:  $F_{x1} = -0.426 \cdot 20 \cdot 0.65 = -5.54 \text{ kN}$

Carico concentrato su nodo 16:  $F_{x2} = -0.426 \cdot 20 \cdot 0.575 = -4.9 \text{ kN}$

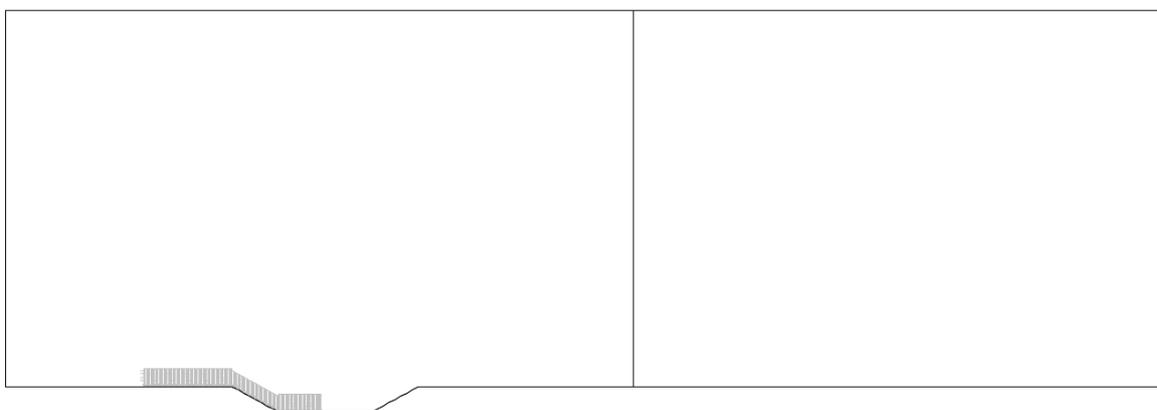


*Accidentali 4*

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>  <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.003	C	36 di 54

**CDC 10 - Treno LM71- Traffico 1**

Carichi distribuiti su elementi della soletta inferiore:  $q_z = -45.23 \text{ kN/m}$

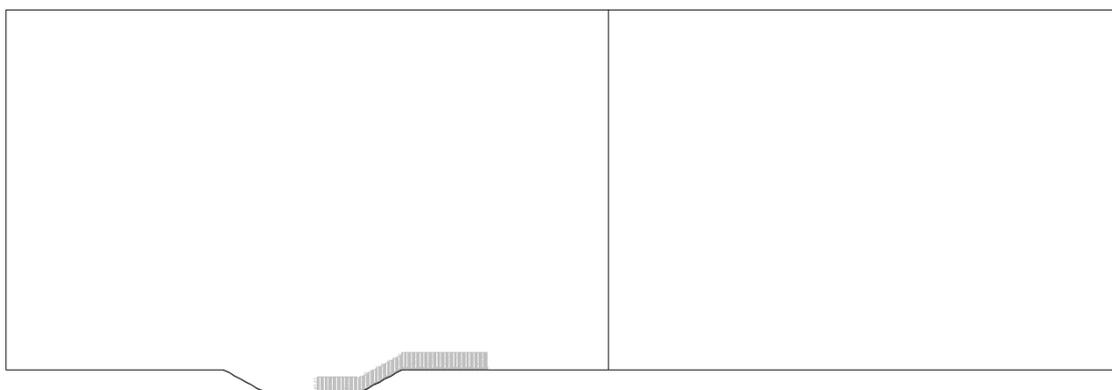


*Carico LM71 – Primo binario*

**CDC 11 - Treno LM71- Traffico 2**

Carichi distribuiti su elementi della soletta inferiore:  $q_z = -45.23 \text{ kN/m}$

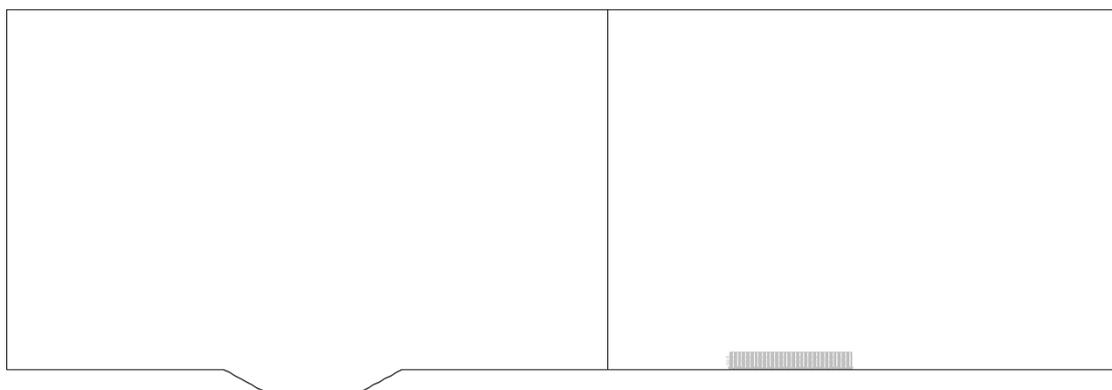
APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.003	REV. C	PAGINA 37 di 54



*Carico LM71 – Secondo binario*

**CDC 12 - Treno LM71- Traffico 3**

Carichi distribuiti su elementi della soletta inferiore:  $q_z = -62.5 \text{ kN/m}$

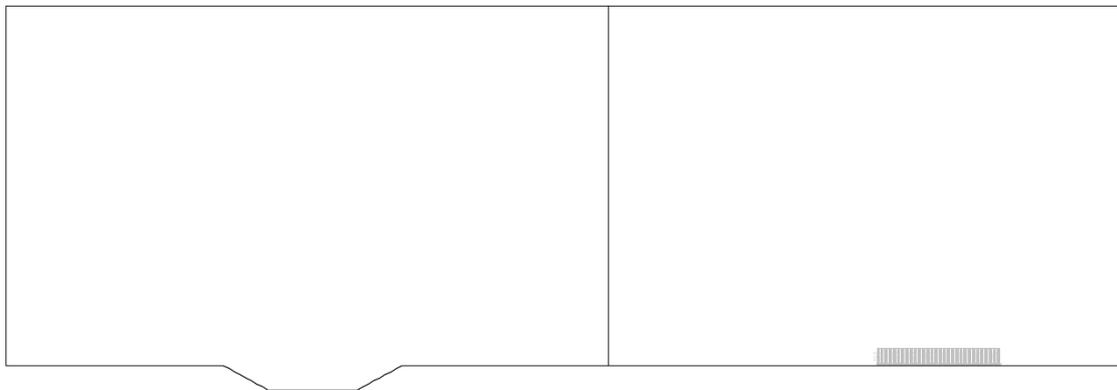


*Carico LM71 – Terzo binario*

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>			
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.003	REV. C	PAGINA 38 di 54

**CDC 12 - Treno LM71- Traffico 4**

Carichi distribuiti su elementi della soletta inferiore:  $q_z = -62.5 \text{ kN/m}$



*Carico LM71 – Quarto binario*

**CDC 13 - Incendio**

In base al valore della temperatura raggiunta da ciascun elemento secondo lo studio dell'analisi termica è stato attribuito un  $\Delta T$  variabile tenendo conto del valore di 20 °C in partenza.

Gli elementi coinvolti sono i 16 strati più superficiali delle sezioni con spessore 130 cm ed i 20 strati più superficiali delle sezioni con spessore 110 cm.

Si ricorda che a ciascuno strato sono state attribuite le caratteristiche meccaniche proprie della temperatura raggiunta a seconda e del tipo di incendio studiato e del corrispondente modello di calcolo utilizzato.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>  <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>												
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>														
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>		<table border="1"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>PAGINA</td> </tr> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA.01.E0.003</td> <td>C</td> <td>39 di 54</td> </tr> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.003	C	39 di 54
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA									
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.003	C	39 di 54									

### Combinazioni di carico (SLU – Condizione eccezionale di incendio)

	COMB1	COMB2
<b>Peso proprio</b>	1	1
<b>Permanenti</b>	1	1
<b>Spinta Terreno SX</b>	1	1
<b>Spinta Terreno DX</b>	1	1
<b>Spinta Falda</b>	1	0
<b>Incendio</b>	1	1
<b>Acc. 1</b>	0.2	0.2
<b>Acc. 2</b>	0.2	0.2
<b>Acc. 3</b>	0.2	0.2
<b>Acc. 4</b>	0.2	0.2
<b>Traffico 1</b>	0.2	0.2
<b>Traffico 2</b>	0.2	0.2
<b>Traffico 3</b>	0.2	0.2
<b>Traffico 4</b>	0.2	0.2

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA.01.E0.003	REV. C
				PAGINA 40 di 54		

### 6.2.3 Output grafici e numerici

Nelle pagine seguenti sono riportati alcuni grafici esplicativi delle sollecitazioni relativi agli elementi.

Unità di misura degli outputs:

Forze [ kN ]

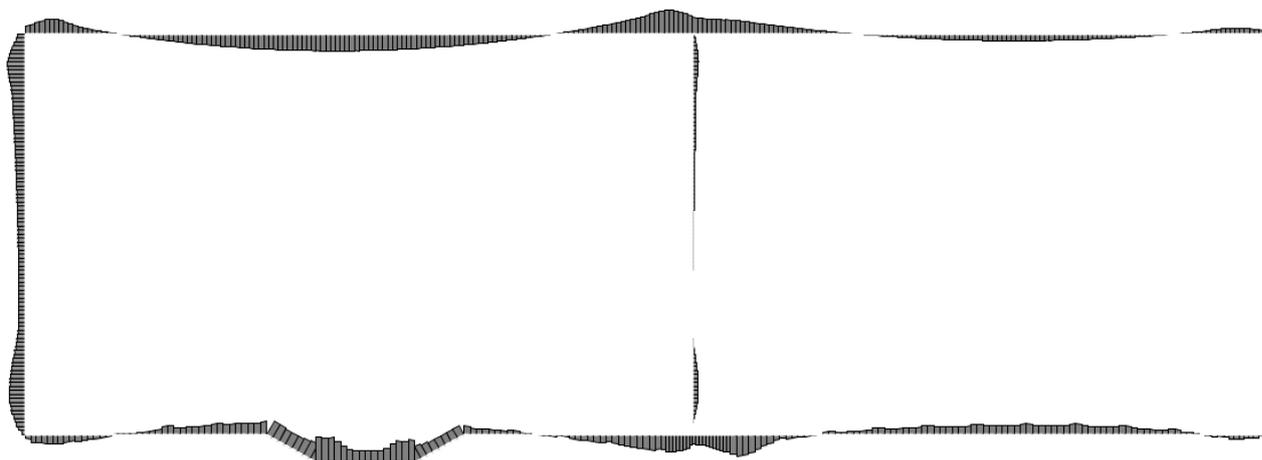
Momenti [ kNm ]

#### Reazioni alla base

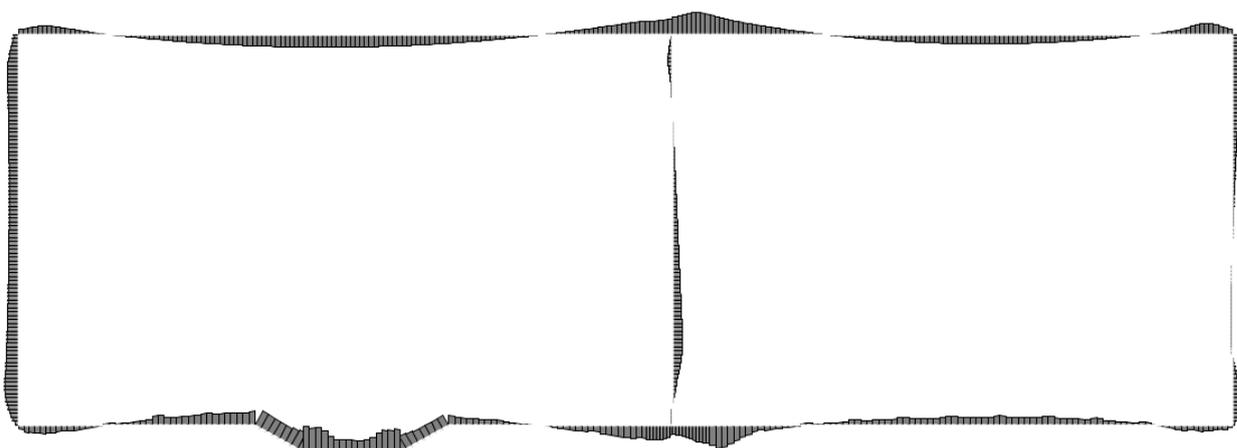
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
		KN	KN	KN
Peso Proprio	LinStatic	0	0	2276.696
Permanenti Portati	LinStatic	0	0	2834.94
Spinta statica SX	LinStatic	-494.413	0	0
Spinta statica DX	LinStatic	494.413	0	0
Spinta idrostatica max	LinStatic	0	0	-580.14
Traffico ferroviario 1	LinStatic	0	0	171.874
Traffico ferroviario 2	LinStatic	0	0	171.874
Traffico ferroviario 3	LinStatic	0	0	171.875
Traffico ferroviario 4	LinStatic	0	0	171.875
Accidentali 1	LinStatic	-79.75	0	0
Accidentali 2	LinStatic	0	0	283.2
Accidentali 3	LinStatic	0	0	244.2
Accidentali 4	LinStatic	79.75	0	0

Nelle pagine seguenti vengono mostrati i grafici del momento flettente in combinazione 2 che in generale è quasi sempre leggermente peggiorativa per gli elementi sottoposti alla verifica al fuoco.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.E0.003</b>	REV. <b>C</b>	PAGINA <b>41 di 54</b>
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>								

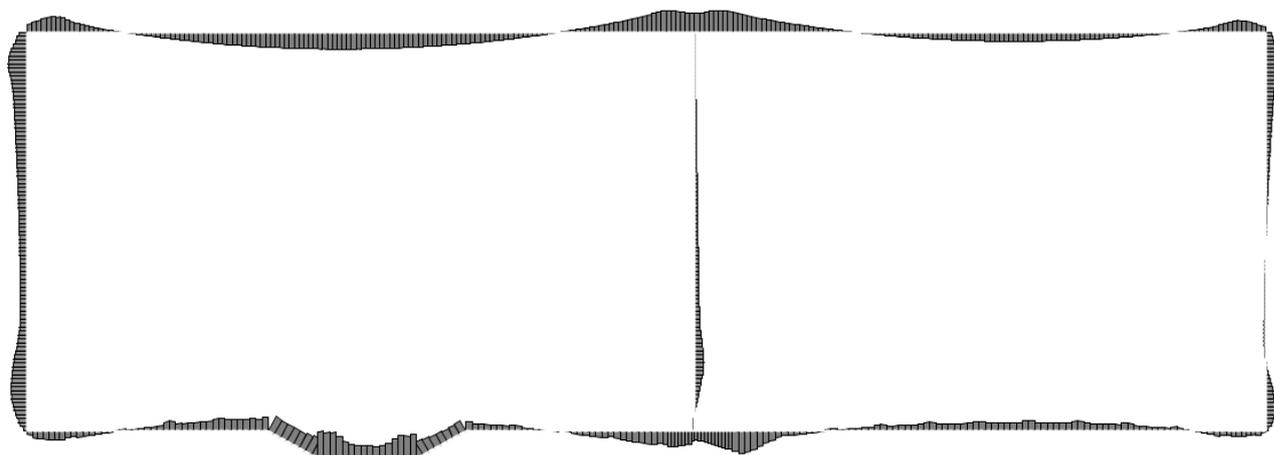


Incendio UNI 11076 RWS lato SX – Momento flettente



Incendio UNI 11076 RWS lato DX – Momento flettente

<b>APPALTATORE:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<p align="center"><b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b>  <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b></p> <p align="center"><b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE  OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI  CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b></p>												
<b>PROGETTISTA:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>												
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA.01.E0.003</td> <td>C</td> <td>42 di 54</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.003	C	42 di 54
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.003	C	42 di 54								



Incendio UNI 11076 RWS entrambi i lati – Momento flettente

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>  <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.003	C	43 di 54

### 6.3 VERIFICA ELEMENTI STRUTTURALI

Le verifiche sono condotte considerando un tratto di larghezza pari ad un metro e uno spessore medio di “spalling” pari a 10 cm. Pertanto gli spessori nominali delle sezioni di verifica sono stati ridotti di 10 cm sul lato esposto al fuoco.

<b>Elemento</b>	<b>Sp. Nominale (utilizzato nelle analisi) [cm]</b>	<b>Sp. di verifica (in presenza di “spalling”) [cm]</b>
Soletta di copertura	130	120
Piedritto centrale	110	100
Piedritti laterali	130	120

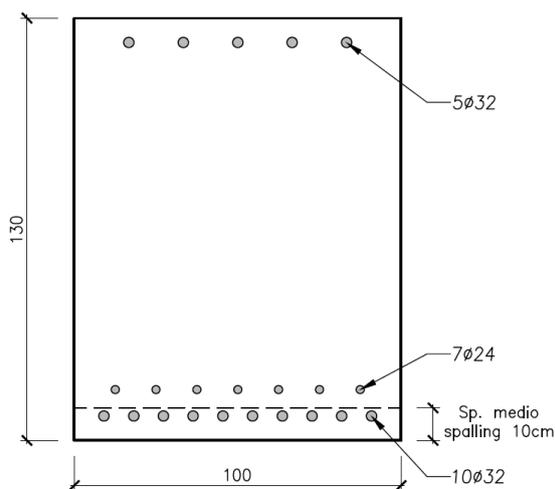
Le sollecitazioni risultano nettamente inferiori ai valori che si hanno nelle combinazioni allo stato limite ultimo per le condizioni sismiche e normali. Risultano quindi significative le sole verifiche delle sezioni che presentano armatura tesa nelle zone investite dal fuoco che hanno di conseguenza momento resistente sensibilmente ridotto rispetto alle condizioni normali.

Le sollecitazioni flettenti sono state ottenute amplificando di un fattore 1000 le sollecitazioni negli elementi beam che hanno materiale con rigidità fittizia.

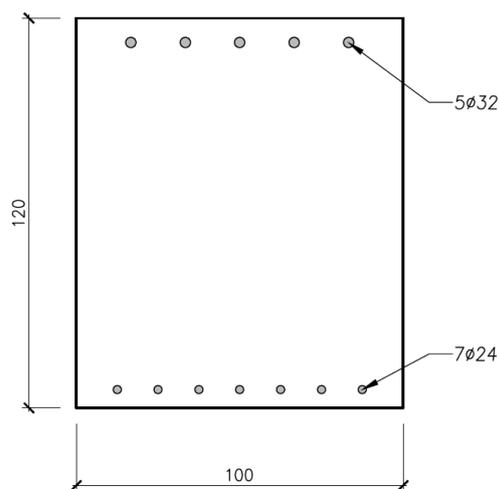
Il valore delle azioni assiali nelle sezioni è stato ottenuto integrando i valori delle sollecitazioni assiali che si hanno negli elementi shell che costituiscono la sezione.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>	PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.E0.003</b>	REV. <b>C</b>	PAGINA <b>44 di 54</b>
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>								

### 6.3.1 Verifica della sezione in campata della soletta (sp. 120 cm)



SEZIONE DI VERIFICA "A FREDDO"



SEZIONE DI VERIFICA "A CALDO"

Armatura compressa:  $\phi 32/20$

Armatura tesa (aggiuntiva rispetto a quella prevista per verifiche a "freddo"):  $\phi 24/14.3$

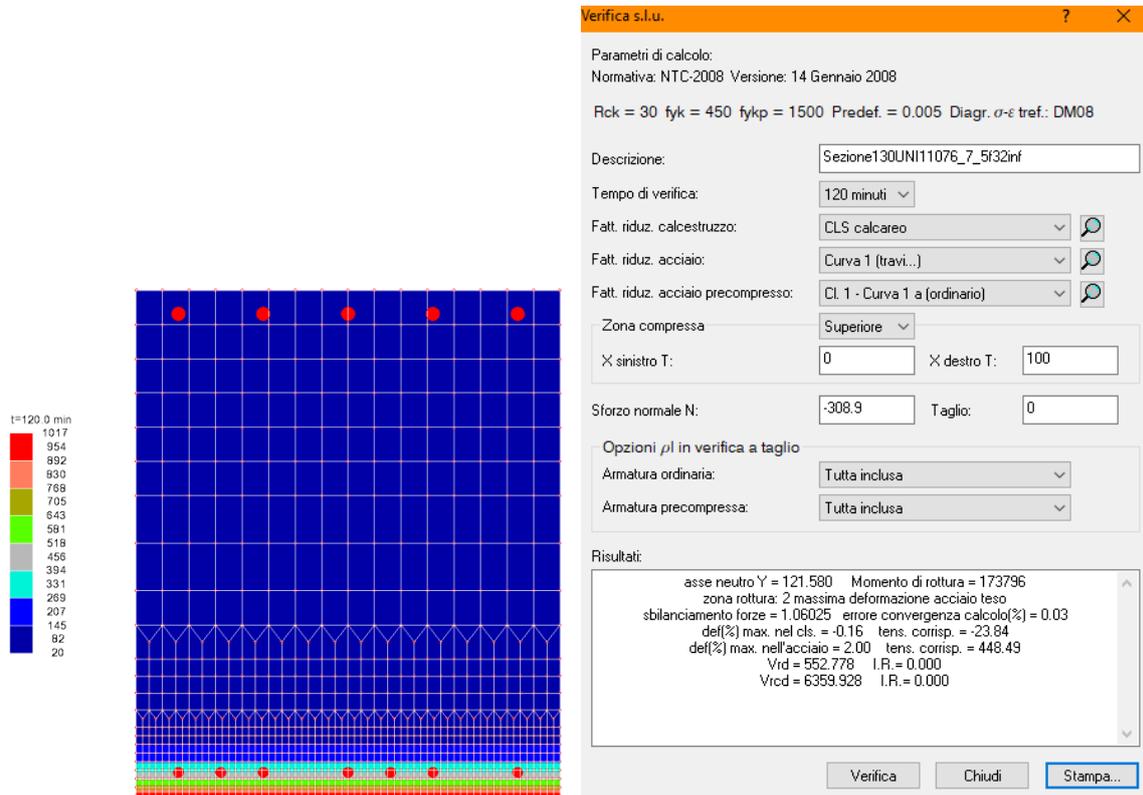
Le azioni che forniscono il minimo valore del coefficiente di sicurezza sono (modello con incendio UNI 11076 RWS lato SX, el. 508, COMB2):

$$N_{Ed} = -308.9 \text{ kN (comp.)}$$

$$M_{Ed} = 1727.7 \text{ kNm}$$

$$M_R = 1738 \text{ kNm}$$

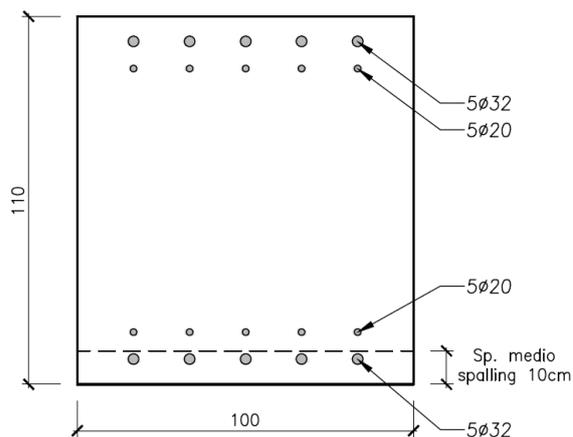
<b>APPALTATORE:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>  <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>
<b>PROGETTISTA:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>	
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>	<b>PROGETTO</b> <b>LOTTO</b> <b>CODIFICA</b> <b>DOCUMENTO</b> <b>REV.</b> <b>PAGINA</b> <b>IF1M</b> <b>0.0.E.ZZ</b> <b>CL</b> <b>GA.01.E0.003</b> <b>C</b> <b>45 di 54</b>	



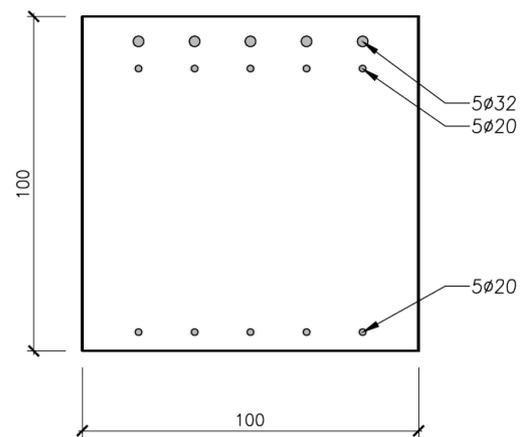
La verifica risulta soddisfatta.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.E0.003</b>	REV. PAGINA <b>C 46 di 54</b>

### 6.3.2 Verifica del piedritto centrale (sp. 100 cm)



SEZIONE DI VERIFICA "A FREDDO"



SEZIONE DI VERIFICA "A CALDO"

Armatura compressa:  $\phi 32/20 + \phi 20/20$

Armatura tesa (aggiuntiva rispetto a quella prevista per verifiche a "freddo"):  $\phi 20/20$

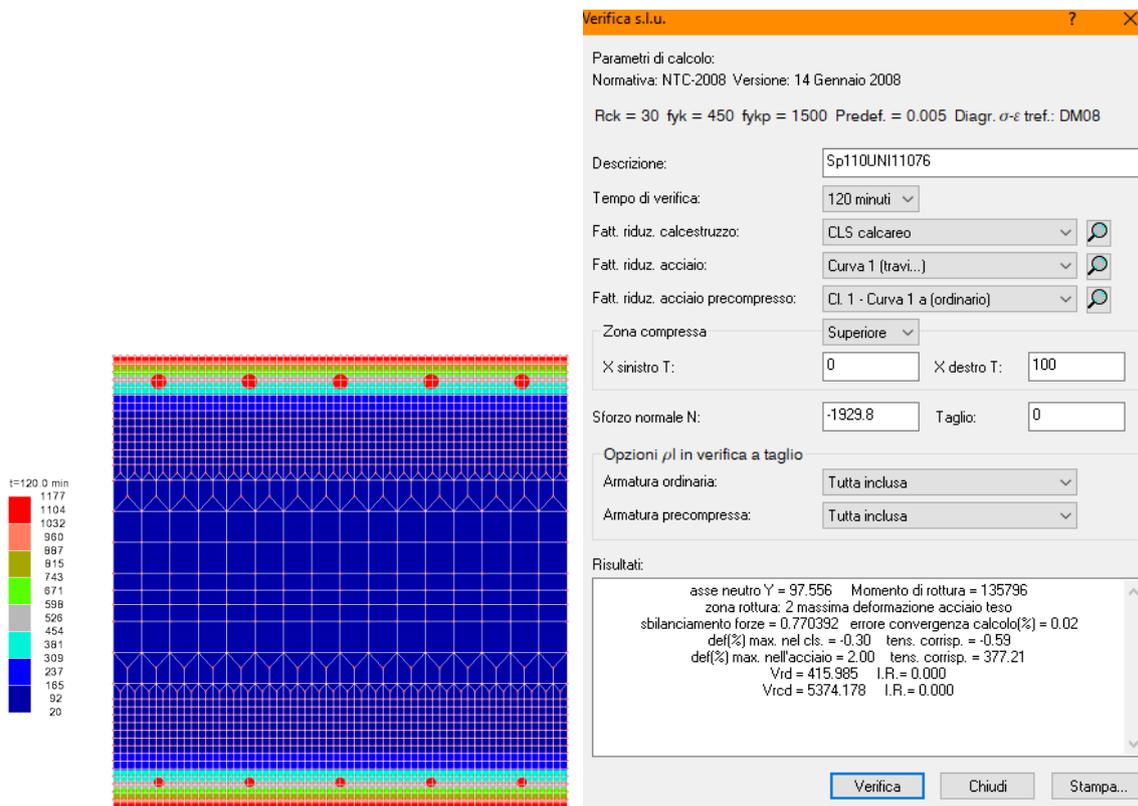
Le azioni che forniscono il minimo valore del coefficiente di sicurezza sono (modello con incendio UNI 11076 RWS lato DX, el. 265, COMB2):

$$N_{Ed} = -1929.8 \text{ kN (comp.)}$$

$$M_{Ed} = 999.6 \text{ kNm}$$

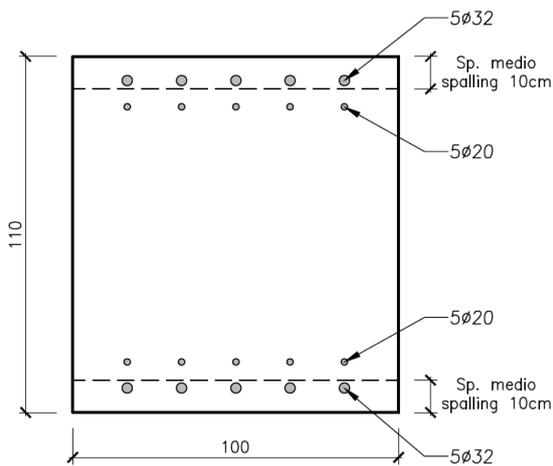
$$M_R = 1358 \text{ kNm}$$

<b>APPALTATORE:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>						
<b>PROGETTISTA:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>	<b>PROGETTO</b> <b>IF1M</b>	<b>LOTTO</b> <b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CODIFICA</b> <b>CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>GA.01.E0.003</b>	<b>REV.</b> <b>C</b>	<b>PAGINA</b> <b>47 di 54</b>
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>								

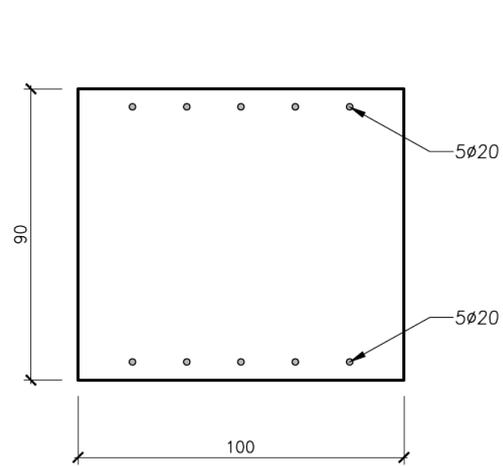


Anche ipotizzando una situazione di incendio che coinvolge entrambe le sezioni di galleria, le verifiche risultano soddisfatte, come di seguito illustrato

<b>APPALTATORE:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b> <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>
<b>PROGETTISTA:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>	
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>	<b>PROGETTO</b> <b>LOTTO</b> <b>CODIFICA</b> <b>DOCUMENTO</b> <b>REV.</b> <b>PAGINA</b> <b>IF1M</b> <b>0.0.E.ZZ</b> <b>CL</b> <b>GA.01.E0.003</b> <b>C</b> <b>48 di 54</b>	



SEZIONE DI VERIFICA "A FREDDO"



SEZIONE DI VERIFICA "A CALDO"

**Verifica s.l.u.**

Parametri di calcolo:  
Normativa: NTC-2008 Versione: 14 Gennaio 2008  
 $R_{ck} = 30$   $f_{yk} = 450$   $f_{ykp} = 1500$  Predef. = 0.005 Diagr.  $\alpha - \epsilon$  tref.: DM08

Descrizione:

Tempo di verifica:

Fatt. riduz. calcestruzzo:

Fatt. riduz. acciaio:

Fatt. riduz. acciaio precompresso:

Zona compressa:

X sinistro T:  X destro T:

Sforzo normale N:  Taglio:

Opzioni  $\rho_l$  in verifica a taglio

Armatura ordinaria:

Armatura precompressa:

Risultati:

asse neutro Y = 85.092    Momento di rottura = 104330  
zona rottura: 3 snervamento acciaio e schiacciamento calcestruzzo  
sbilanciamento forze = 0.187463    errore convergenza calcolo(%) = 0.00  
defl(%) max. nel cls. = -0.35    tens. corrisp. = -0.53  
defl(%) max. nell'acciaio = 1.63    tens. corrisp. = 272.28  
Vrd = 367.140    I.R. = 0.000  
Vrtd = 4464.186    I.R. = 0.000

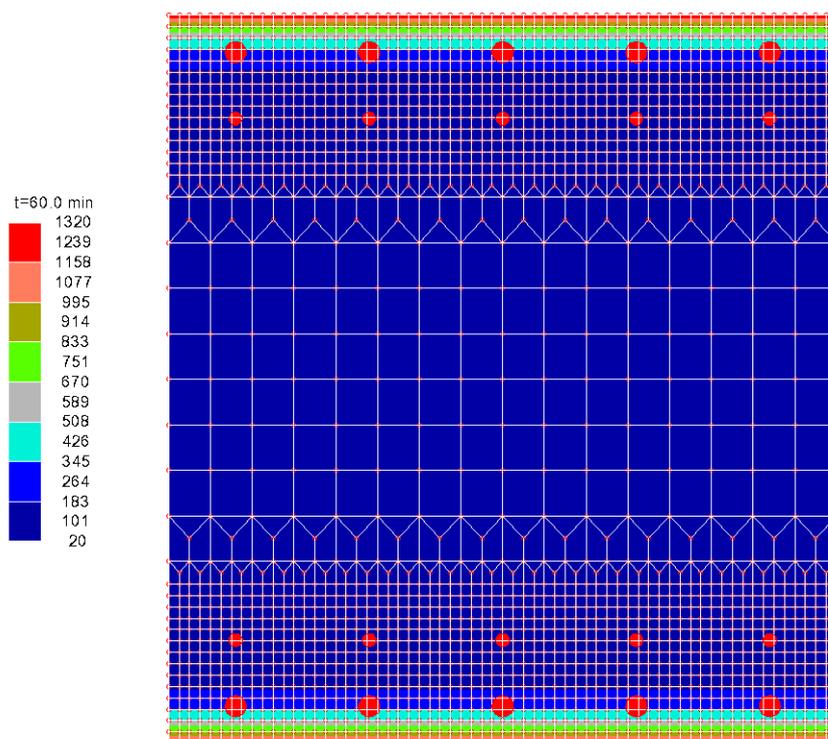
$M_R = 1043 \text{ kNm}$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.E0.003</b>	REV. PAGINA <b>C 49 di 54</b>

## 7 ANALISI TERMICA

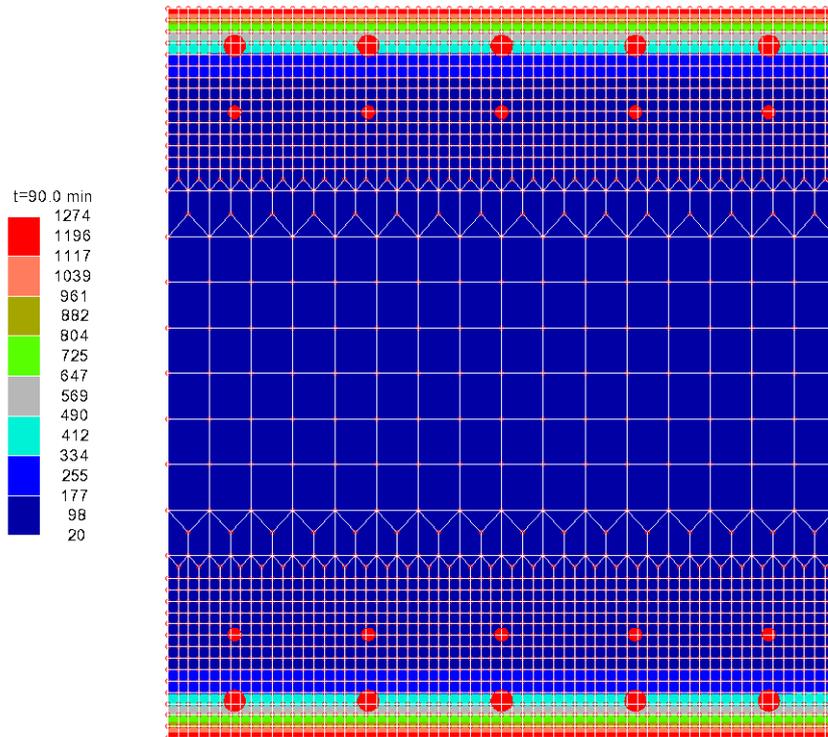
Nel presente capitolo vengono riportati i diagrammi delle analisi termiche effettuate per la condizione di incendio considerata, per le due tipologie di spessore di sezione esposte al fuoco (110 e 130 cm). Le analisi sono state condotte a 60, 90 e 120 minuti al fine di determinare la massima temperatura raggiunta nel corso dell'incendio a ciascun livello di profondità della sezione.

Le mappature termiche qui riportate sono quelle implementate nelle analisi numeriche e sono riferite alle sezioni "integre".



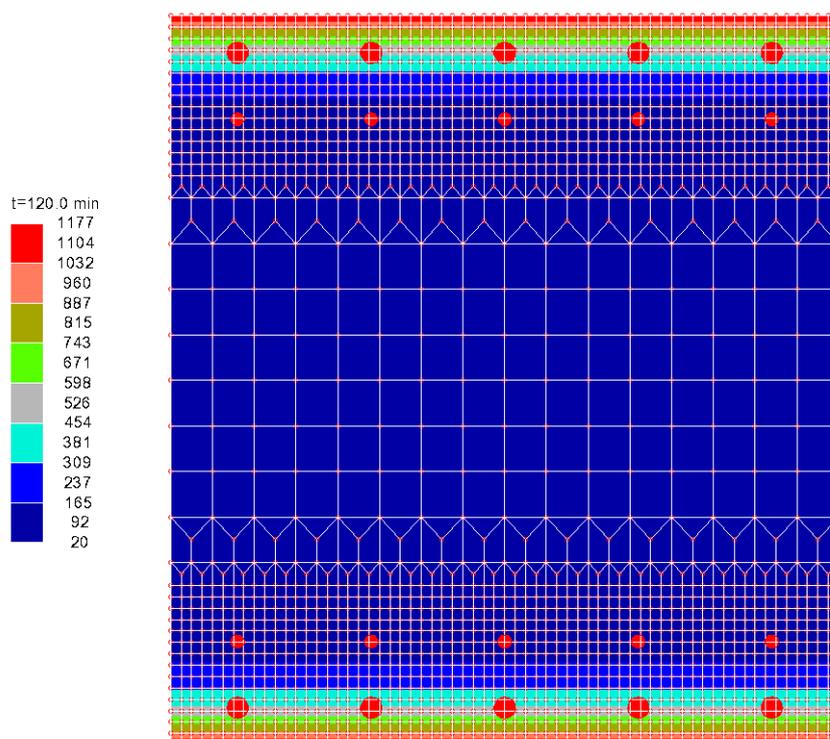
Sez. 110 cm - Analisi termica – t = 60 min – UNI 11076 RWS

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b> <b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.E0.003</b>	REV. <b>C</b>	PAGINA <b>50 di 54</b>



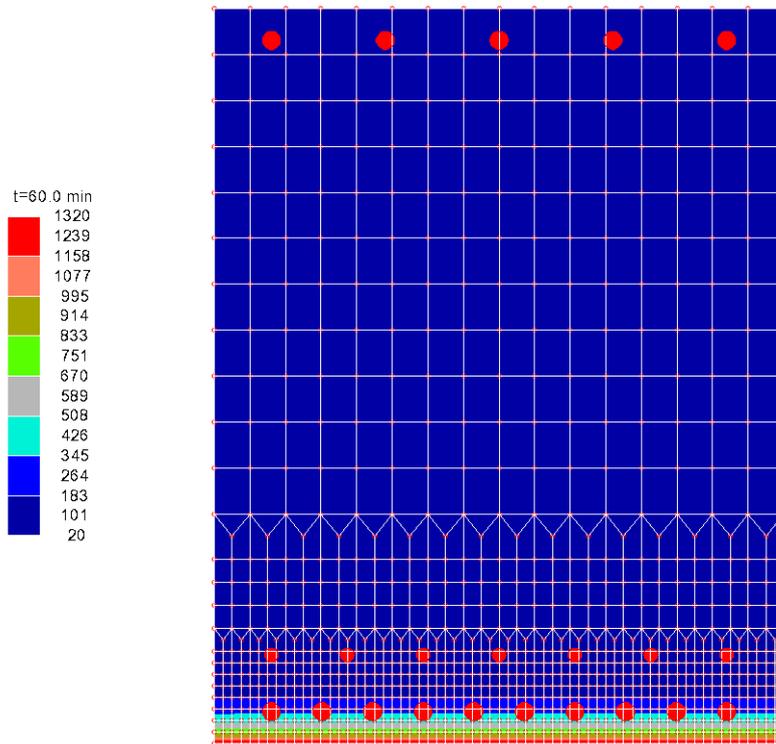
Sez. 110 cm - Analisi termica – t = 90 min – UNI 11076 RWS

<b>APPALTATORE:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
<b>PROGETTISTA:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>	
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>		<b>PROGETTO</b> <b>IF1M</b>	<b>LOTTO</b> <b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CODIFICA</b> <b>CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>GA.01.E0.003</b>	<b>REV.</b> <b>C</b>	<b>PAGINA</b> <b>51 di 54</b>



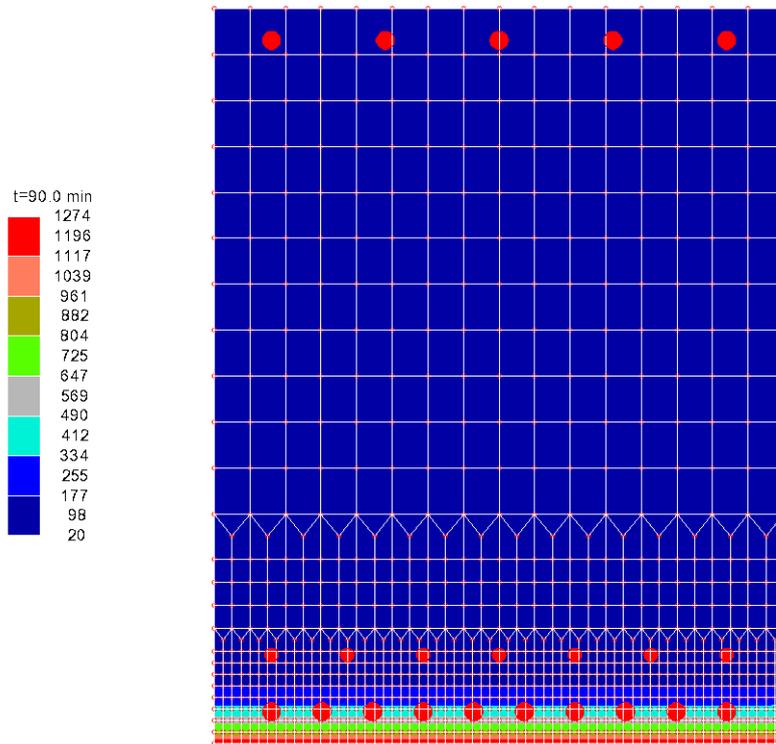
Sez. 110 cm - Analisi termica – t = 120 min – UNI 11076 RWS

<b>APPALTATORE:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>									
<b>PROGETTISTA:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>					
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>		<b>PROGETTO</b> <b>IF1M</b>	<b>LOTTO</b> <b>0.0.E.ZZ</b>	<b>CODIFICA</b> <b>CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>GA.01.E0.003</b>	<b>REV.</b> <b>C</b>	<b>PAGINA</b> <b>52 di 54</b>				



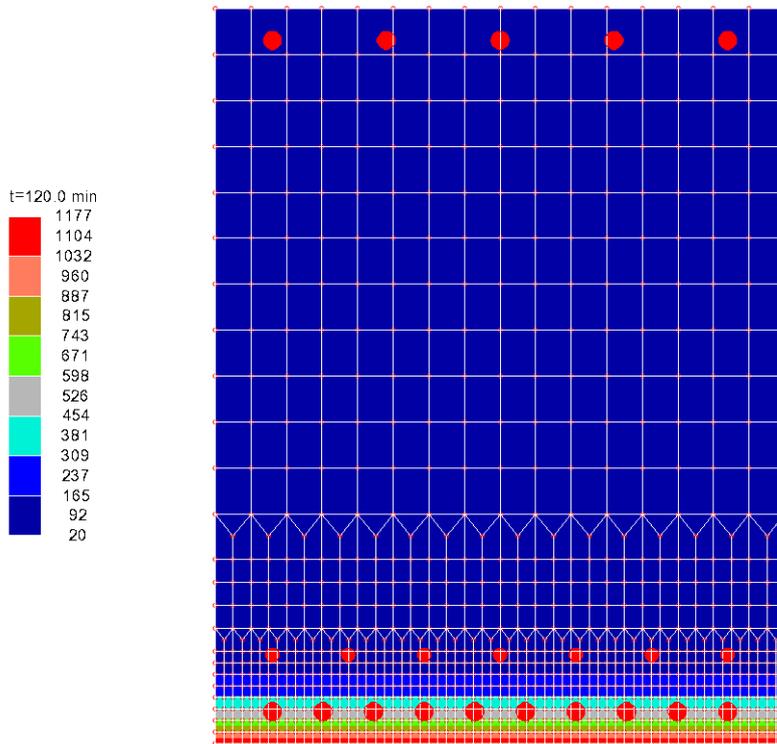
Sez. 130 cm - Analisi termica – t = 60 min – UNI 11076 RWS

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>		<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>		<b>ROCKSOIL S.p.A.</b>		<b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>	
PROGETTO ESECUTIVO <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>		PROGETTO <b>IF1M</b>	LOTTO <b>0.0.E.ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>GA.01.E0.003</b>	REV. <b>C</b>	PAGINA <b>53 di 54</b>



Sez. 130 cm - Analisi termica – t = 90 min – UNI 11076 RWS

<b>APPALTATORE:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SALINI IMPREGILO S.p.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>ASTALDI S.p.A.</b>	<b>LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI</b> <b>TRATTA NAPOLI-CANCELLO</b>  <b>IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE</b> <b>OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI</b> <b>CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</b>												
<b>PROGETTISTA:</b> <u>Mandatario:</u> <b>SYSTRA S.A.</b>	<u>Mandante:</u> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.    ROCKSOIL S.p.A.</b>													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>Relazione di verifica di resistenza al fuoco – Sezione tipo E2</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>GA.01.E0.003</td> <td>C</td> <td>54 di 54</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.003	C	54 di 54	
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA									
IF1M	0.0.E.ZZ	CL	GA.01.E0.003	C	54 di 54									



Sez. 130 cm - Analisi termica – t = 120 min – UNI 11076 RWS