

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

CONSORZIO:

HIRPINIA - ORSARA AV

SOCI:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



## PROGETTO ESECUTIVO

### ITINERARIO NAPOLI - BARI RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA

GN01 - GALLERIA NATURALE HIRPINIA

IMBOCCO LATO NAPOLI

ELABORATI GENERALI

RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO

APPALTATORE	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE	PROGETTISTA
Consorzio ORSARA - BOVINO AV Il Direttore Tecnico Ing. P. M. Gianvecchio 22/07/2022	Il Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche Ing. G. Cassani	 Ing. M. Tanzini

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

IF3A    02    E    ZZ    RH    GN0100    011    A    -

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione per consegna	S. Cimetta	22/07/2022	A. Lucia	22/07/2022	M. Tanzini	22/07/2022	Ing. A. Poli
								22/07/2022



<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>	<b>COMMESSA</b> IF3A	<b>LOTTO</b> 02	<b>CODIFICA</b> E ZZ RH	<b>DOCUMENTO</b> GN0100 011	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 3 di 109

## Indice

<b>1</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'OPERA .....</b>	<b>6</b>
1.1	DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO .....	6
1.2	DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA - GALLERIA ARTIFICIALE E CONCIO DI ATTACCO .....	7
1.3	DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA –STRUTTURE INTERNE AL POZZO .....	9
1.1	NORMATIVE .....	11
1.2	CONSIDERAZIONI SU ASPETTI NORMATIVI.....	12
<b>2</b>	<b>CRITERI DI CALCOLO .....</b>	<b>15</b>
2.1	COMBINAZIONI DI CARICO .....	15
2.1.1	COMBINAZIONI PER LA VERIFICA ALLO SLU .....	15
2.1.2	COMBINAZIONI PER LA VERIFICA ALLO SLE .....	15
<b>3</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>16</b>
3.1	CALCESTRUZZO PER MAGRONE.....	16
3.2	CALCESTRUZZO .....	16
3.3	ACCIAIO PER CALCESTRUZZO ARMATO .....	16
<b>4</b>	<b>PARAMETRI GEOTECNICI .....</b>	<b>16</b>
<b>5</b>	<b>VERIFICA AL FUOCO .....</b>	<b>18</b>
5.1	METODOLOGIA DI CALCOLO.....	18
5.2	PROPRIETÀ TERMICHE.....	19
5.2.1	CALCESTRUZZO .....	19
5.2.2	ACCIAIO PER ARMATURA .....	20
5.3	SPALLING .....	20
5.4	PROPRIETÀ MECCANICHE .....	22
5.4.1	CALCESTRUZZO (AGGREGATI SILICEI).....	22
5.4.2	ACCIAIO PER ARMATURA .....	23
5.5	APPLICAZIONE CARICHI.....	24
1.3.1	IMBOCCO .....	24
1.3.2	TUNNEL .....	24
<b>6</b>	<b>GEOMETRIA DELLA STRUTTURA .....</b>	<b>25</b>
<b>7</b>	<b>MODELLAZIONE STRUTTURALE.....</b>	<b>27</b>
7.1	MODELLO STRUTTURALE GALLERIA .....	27

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>	<b>COMMESSA</b> IF3A	<b>LOTTO</b> 02	<b>CODIFICA</b> E ZZ RH	<b>DOCUMENTO</b> GN0100 011	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 4 di 109

7.2	MODELLO STRUTTURALE TUNNEL TIPO 1 E 2 .....	29
<b>8</b>	<b>ANALISI DELLA TEMPERATURA NEL TEMPO .....</b>	<b>30</b>
8.1	GALLERIA ARTIFICIALE.....	30
8.2	TUNNEL TIPO 1.....	38
8.3	TUNNEL TIPO 2.....	40
<b>9</b>	<b>RISULTATI DELLE ANALISI .....</b>	<b>41</b>
9.1	SEZIONE GALLERIA ARTIFICIALE.....	41
9.1.1	RISULTATI AL TEMPO T = 0-60SEC.....	41
9.1.2	RISULTATI AL TEMPO T = 30 MIN.....	43
9.1.3	RISULTATI AL TEMPO T = 60 MIN.....	45
9.1.4	RISULTATI AL TEMPO T = 90 MIN.....	47
9.1.5	RISULTATI AL TEMPO T = 120 MIN.....	49
9.2	TUNNEL TIPO 1.....	51
9.2.1	RISULTATI AL TEMPO T = 0-60SEC.....	51
9.2.2	RISULTATI AL TEMPO T = 30 MIN.....	53
9.2.3	RISULTATI AL TEMPO T = 60 MIN.....	55
9.2.4	RISULTATI AL TEMPO T = 90 MIN.....	57
9.2.5	RISULTATI AL TEMPO T = 120 MIN.....	59
9.3	TUNNEL TIPO 2.....	61
9.3.1	RISULTATI AL TEMPO T = 0-60SEC.....	61
9.3.2	RISULTATI AL TEMPO T = 30 MIN.....	63
9.3.3	RISULTATI AL TEMPO T = 60 MIN.....	65
9.3.4	RISULTATI AL TEMPO T = 90 MIN.....	67
9.3.5	RISULTATI AL TEMPO T = 120 MIN.....	69
<b>10</b>	<b>VERIFICA IN PRESENZA DI SPALLING .....</b>	<b>71</b>
10.1	SEZIONI SOGGETTE A SPALLING .....	71
10.1.1	SEZIONE GALLERIA.....	71
10.1.2	TUNNEL TIPO 1 .....	79
10.1.3	TUNNEL TIPO 2 .....	80
<b>11</b>	<b>RISULTATI DELL'ANALISI CON SPALLING .....</b>	<b>81</b>
11.1	SEZIONE GALLERIA .....	81
11.1.1	RISULTATI AL TEMPO T = 30 MIN.....	81
11.1.2	RISULTATI AL TEMPO T = 60 MIN.....	83
11.1.3	RISULTATI AL TEMPO T = 90 MIN.....	85
11.1.4	RISULTATI AL TEMPO T = 120 MIN.....	87
11.2	TUNNEL TIPO 1.....	89



<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>											
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>	<table border="0"> <tr> <td data-bbox="738 331 863 383"> <b>COMMESSA</b> IF3A </td> <td data-bbox="874 331 932 383"> <b>LOTTO</b> 02 </td> <td data-bbox="975 331 1054 383"> <b>CODIFICA</b> E ZZ RH </td> <td data-bbox="1121 331 1230 383"> <b>DOCUMENTO</b> GN0100 011 </td> <td data-bbox="1305 331 1347 383"> <b>REV.</b> A </td> <td data-bbox="1401 331 1469 383"> <b>FOGLIO</b> 5 di 109 </td> </tr> </table>						<b>COMMESSA</b> IF3A	<b>LOTTO</b> 02	<b>CODIFICA</b> E ZZ RH	<b>DOCUMENTO</b> GN0100 011	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 5 di 109
<b>COMMESSA</b> IF3A	<b>LOTTO</b> 02	<b>CODIFICA</b> E ZZ RH	<b>DOCUMENTO</b> GN0100 011	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 5 di 109							
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>												

11.2.1	RISULTATI AL TEMPO T = 0-60SEC.....	89
11.2.2	RISULTATI AL TEMPO T = 30 MIN.....	91
11.2.3	RISULTATI AL TEMPO T = 60 MIN.....	93
11.2.4	RISULTATI AL TEMPO T = 90 MIN.....	95
11.2.5	RISULTATI AL TEMPO T = 120 MIN.....	97
11.3	TUNNEL TIPO 2.....	99
11.3.1	RISULTATI AL TEMPO T = 0-60SEC.....	99
11.3.2	RISULTATI AL TEMPO T = 30 MIN.....	101
11.3.3	RISULTATI AL TEMPO T = 60 MIN.....	103
11.3.4	RISULTATI AL TEMPO T = 90 MIN.....	105
11.3.5	RISULTATI AL TEMPO T = 120 MIN.....	107
12	CONCLUSIONI.....	109

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 011	REV. A	FOGLIO 6 di 109

## 1 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Il presente documento è emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto definitivo del raddoppio ferroviario della Linea Napoli - Bari nella tratta Hirpinia - Orsara.

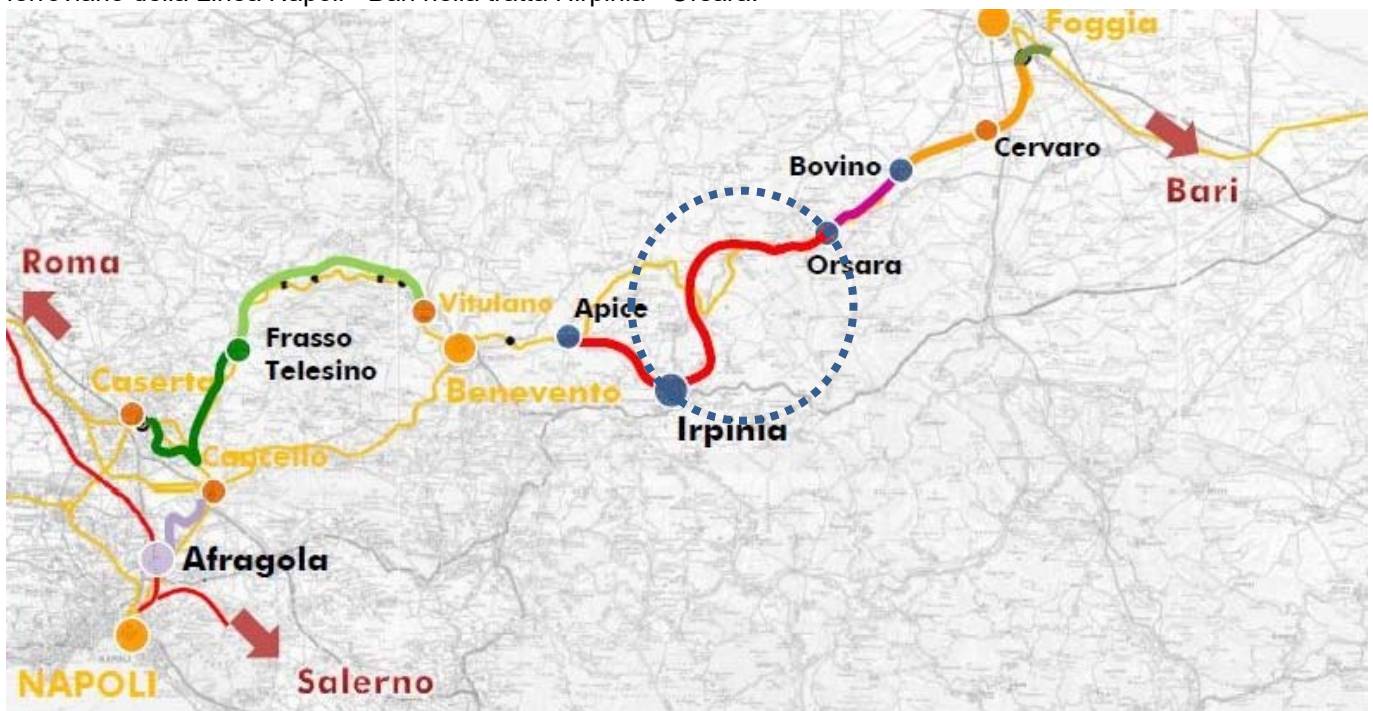


Figura 1-1. Corografia dell'intera tratta Napoli Bari, con dettaglio della tratta Hirpinia-Orsara

### 1.1 DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO

Il tracciato della tratta Hirpinia-Orsara, di lunghezza complessiva pari a circa 28 km, si sviluppa prevalentemente in sotterraneo con la Galleria "Hirpinia".

L'opera si colloca fra le progressive 41+436 (imbocco lato Bari) e km 68+557 (imbocco lato Napoli) e presenta una lunghezza della tratta in naturale pari a 27.065,65 m e una lunghezza delle tratte in artificiale pari a 36 m. Le coperture massime sono dell'ordine dei 370 m. A partire dall'imbocco lato Bari, la configurazione della galleria Hirpinia è a doppia canna singolo binario (configurazione presente per la quasi totalità del suo sviluppo) interessando le massime coperture della galleria pari a 370 m.

Per la realizzazione dell'imbocco lato Bari sono previsti scavi sostenuti da una paratia di micropali multi-tirantata, mentre per l'imbocco lato Napoli gli scavi sono sostenuti da una paratia di pali, anch'essa vincolata da più livelli di tiranti. A completamento degli imbocchi, è prevista la realizzazione di due tratte in galleria artificiale policentrica di lunghezza pari a 9 m e 27 m rispettivamente per l'imbocco lato Bari (in cui la galleria artificiale sarà a doppia canna singolo binario) e lato Napoli (configurazione singola canna doppio binario).

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 011	REV. A	FOGLIO 7 di 109

## 1.2 DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA - GALLERIA ARTIFICIALE E CONCIO DI ATTACCO

Preventivamente all'attacco del tratto in naturale, a contrasto della paratia frontale, è prevista l'esecuzione di una dima in calcestruzzo, di lunghezza pari a 5.00m, armata all'intradosso con centine in profilati d'acciaio e all'estradosso con una doppia rete elettrosaldata successivamente gettata con calcestruzzo. Il collegamento della dima con il terreno a tergo della paratia viene garantito da un ombrello di infilaggi metallici, realizzati partendo dal fronte esterno della paratia.

Il tratto in artificiale della galleria di linea ha una lunghezza complessiva di 27.00m, di cui 5.00m sotto dima e 22.00m di galleria artificiale, e termina con un muro portale oltre il quale la linea prosegue in trincea tra muri ad "U".

La galleria artificiale ha geometria policentrica di larghezza 13.20m al piano dei centri e altezza 11.45m da estradosso calotta ad estradosso arco rovescio; calotta ed arco rovescio hanno spessore di 1.00m mentre i piedritti presentano spessore variabile, con minimo di 1.20m al piano dei centri.

Il ritombamento della galleria artificiale, nel piano trasversale, è massimo in corrispondenza dell'inizio del concio d'attacco e pari a circa 5.5 m.

Il concio d'attacco ha geometria policentrica di altezza 11.95m da estradosso calotta ad estradosso arco rovescio; calotta ed arco rovescio hanno spessore rispettivamente pari a 1.00m ed 1.10m...

La configurazione definitiva, il profilo longitudinale e la sezione trasversale sono riportati nelle figure seguenti:

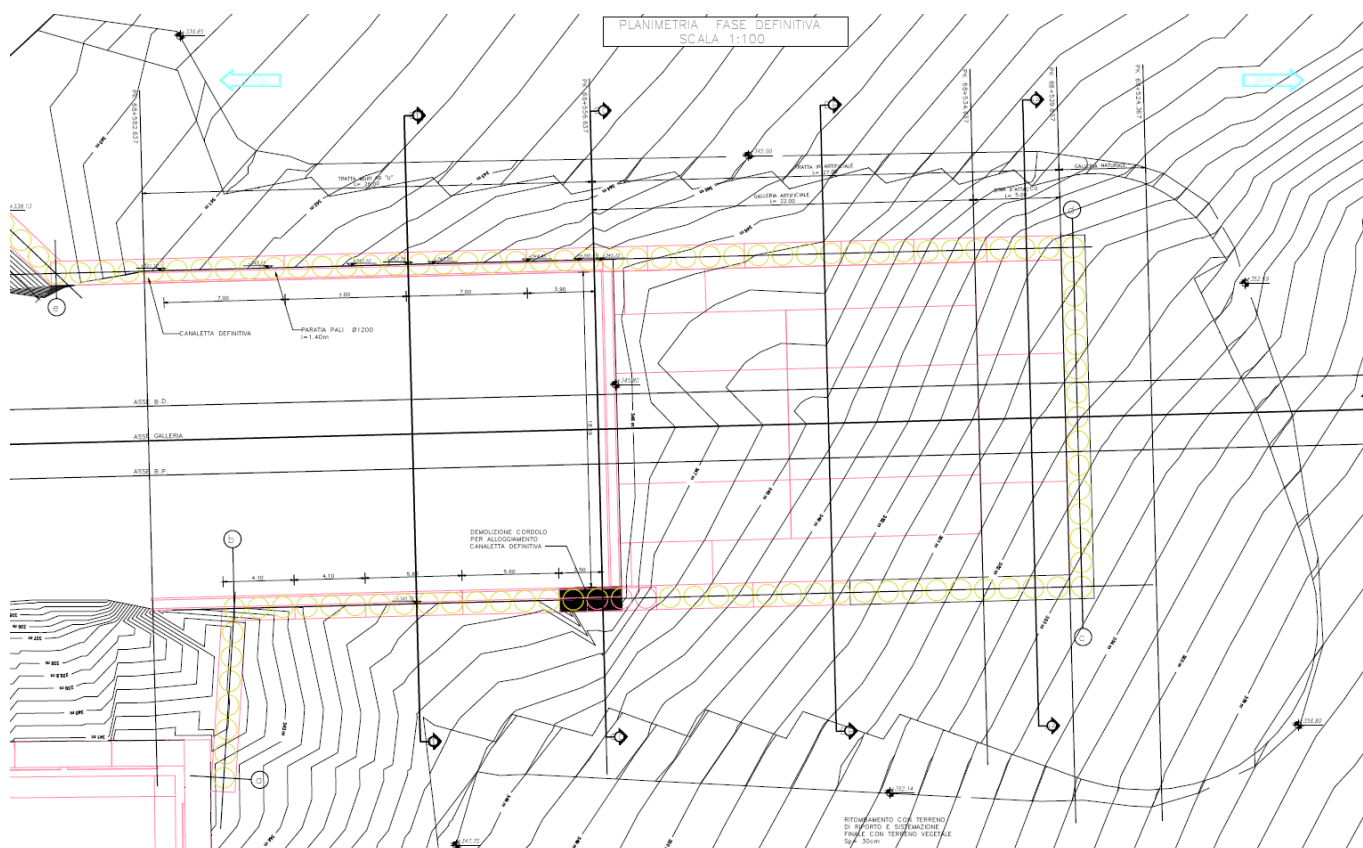


Figura 1-2. Planimetria delle opere di imbocco della galleria Hirpinia lato Napoli – Configurazione definitiva

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI</b>		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI</b> <b>GCF ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 011	REV. A	FOGLIO 8 di 109
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>							

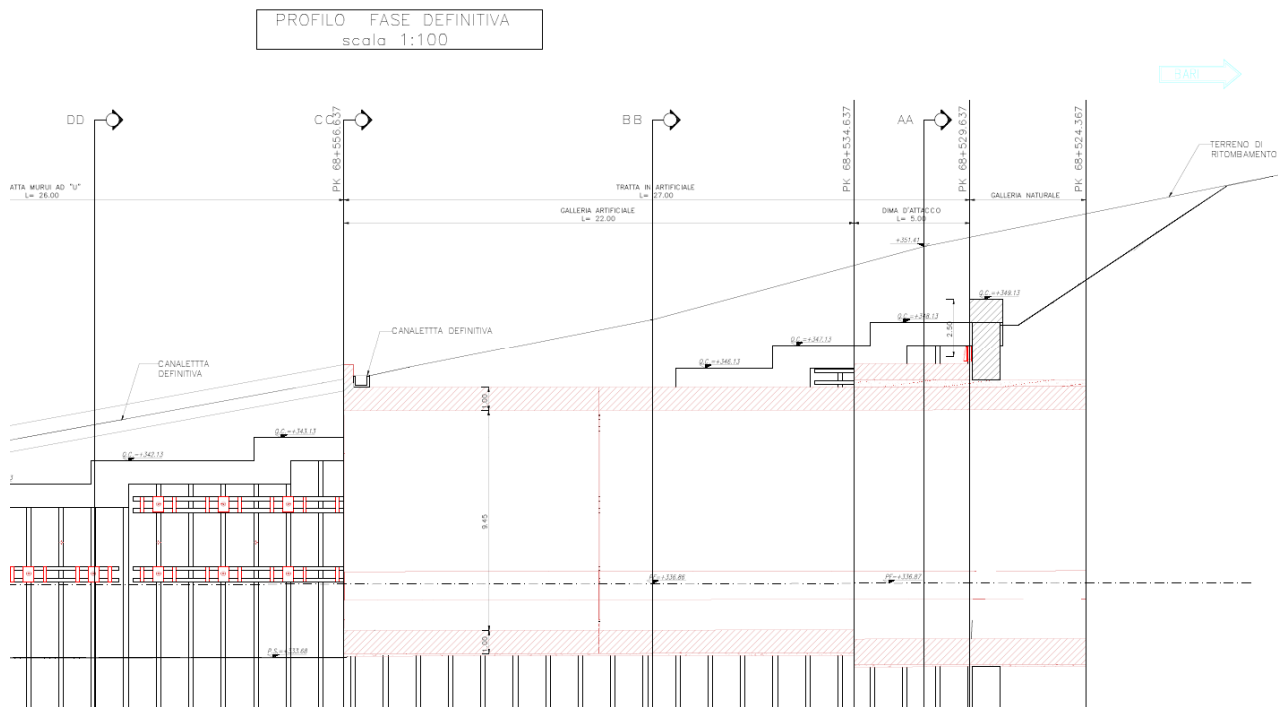


Figura 1-3. Profilo longitudinale delle opere di imbocco della galleria Hirpinia lato Napoli – Configurazione definitiva

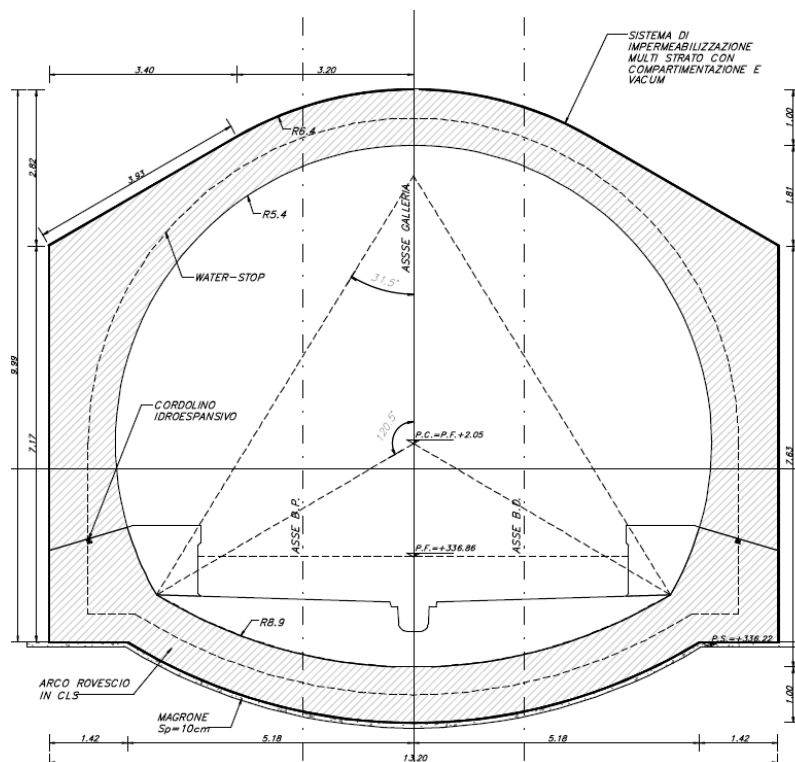


Figura 1-4. Sezione tipo galleria artificiale



APPALTATORE: Consorzio Soci ORSARA - BOVINO AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER TUNNELCONSULT	<b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 011	REV. A	FOGLIO 9 di 109

### 1.3 DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA –STRUTTURE INTERNE AL POZZO

La presente relazione è parte integrante del progetto esecutivo per il raddoppio della linea ferroviaria Apice – Orsara; tale progetto si inserisce nel più ampio ambito di riqualificazione e potenziamento dell'itinerario ferroviario Roma - Napoli – Bari. La tratta Hirpinia – Orsara costituisce il 2° Lotto Funzionale del progetto di raddoppio e potenziamento della tratta Apice – Orsara, compreso tra la Stazione di Orsara e la nuova fermata di Hirpinia per una estensione complessiva di circa 28 Km di linea.

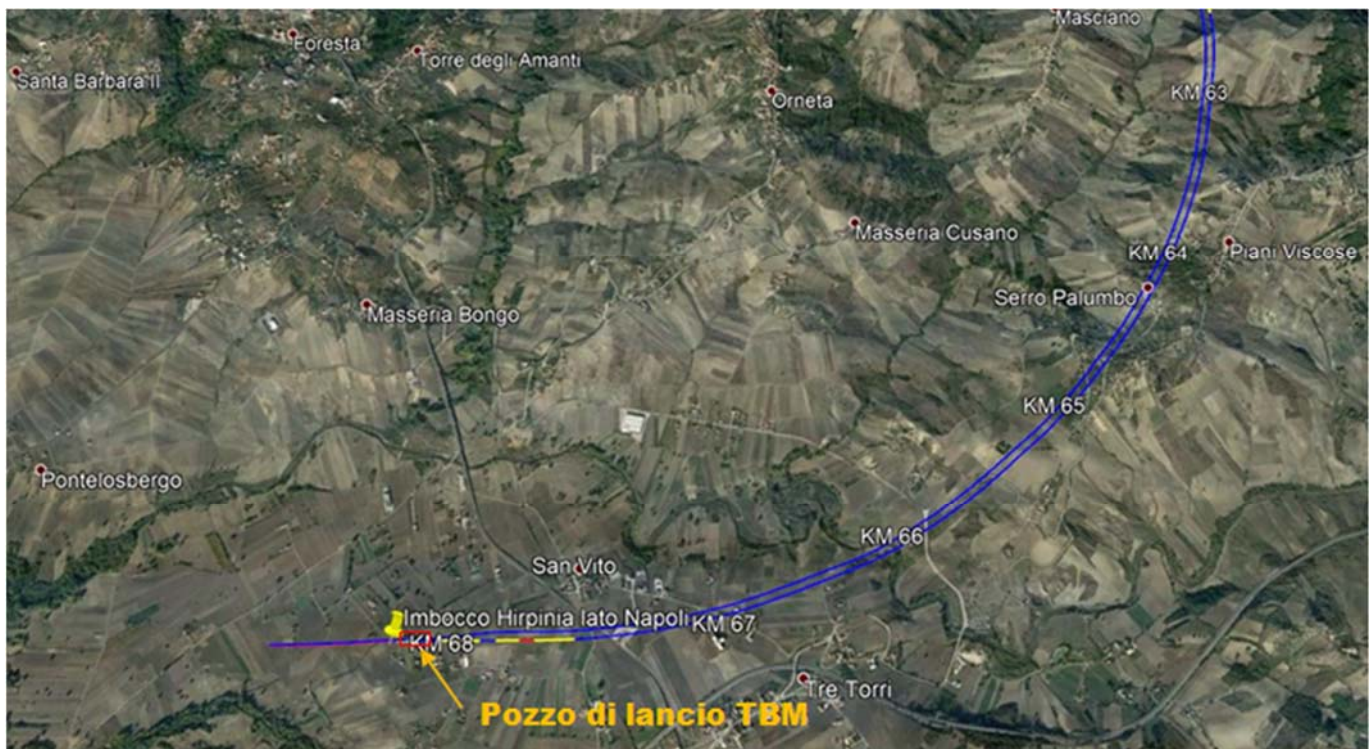


Fig. 1-1: Stralcio planimetrico galleria Hirpinia lato Napoli con indicazione dell'ubicazione del pozzo di lancio TBM

La presente relazione si riferisce al progetto esecutivi delle strutture del Pozzo di Lancio TBM.

**Per l'inquadramento generale delle opere si rimanda alla documentazione del progetto definitivo.**

In questo documento si descrivono le analisi e le verifiche relative alle strutture interne del pozzo che delimitano i tunnel di passaggio dei convogli.

Si distinguono due tipologie di tunnel entrambi di altezza netta interna di 6.15m

- Tunnel tipo 1 ubicato nella parte ovest in cui i due binari sono contenuti nello stesso tunnel di larghezza netta variabile da 15.7m a 12.9m
- Tunnel tipo 2 ubicato nella parte est in cui il singolo binario è contenuto all'interno del tunnel di larghezza interna di circa 6.20m

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>	<b>COMMESSA</b> IF3A	<b>LOTTO</b> 02	<b>CODIFICA</b> E ZZ RH	<b>DOCUMENTO</b> GN0100 011	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 10 di 109

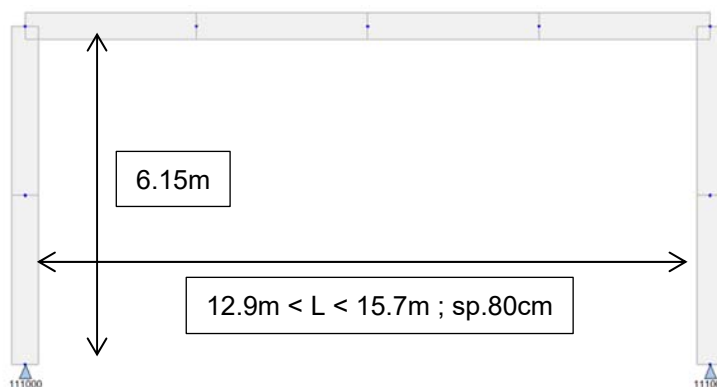


Figura 1-5 sezione tunnel tipo 1

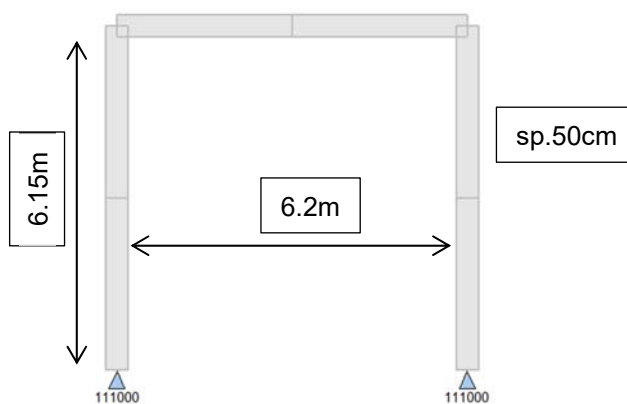


Figura 1-6 sezione tunnel tipo 2

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>											
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td data-bbox="719 315 858 400">COMMESSA IF3A</td> <td data-bbox="858 315 970 400">LOTTO 02</td> <td data-bbox="970 315 1114 400">CODIFICA E ZZ RH</td> <td data-bbox="1114 315 1305 400">DOCUMENTO GN0100 011</td> <td data-bbox="1305 315 1369 400">REV. A</td> <td data-bbox="1369 315 1482 400">FOGLIO 11 di 109</td> </tr> </table>						COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 011	REV. A	FOGLIO 11 di 109
COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 011	REV. A	FOGLIO 11 di 109							
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>												

## 1.1 NORMATIVE

- RFI, doc RFI DTC SI MA IFS 001 D " Manuale di Progettazione delle opere civili " (20/04/2019)
- RFI, doc RFI DTC SI SP IFS 001 C " Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili " (21/12/2018)
- Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 28 Ottobre 2005 «Sicurezza nelle Gallerie Ferroviarie"
- **Legge 05.11.1971 n. 1086** "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica"
- **D.P.R. n. 380/2001** e s.m.i. "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia"
- **D. M. Infrastrutture 17 gennaio 2018 (NTC 2018)** "Nuove Norme tecniche per le costruzioni"
- **CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP** "Istruzione per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018"
- **UNI EN 1992-1-1 novembre 2005 (EC2)** "Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1: Regole generali e regole per edifici"
- **UNI EN 1992-1-2 aprile 2005 (EC2 "Progettazione strutturale contro l'incendio")** "Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-2: Regole generali – Progettazione strutturale contro l'incendio"
- **UNI EN 1998-5 gennaio 2005 (EC8)** "Progettazione delle strutture per la resistenza sismica– Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici"
- **Regolamento U.E. nr. 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 (*norma STI*)

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>	<b>COMMESSA</b> IF3A	<b>LOTTO</b> 02	<b>CODIFICA</b> E ZZ RH	<b>DOCUMENTO</b> GN0100 011	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 12 di 109

## 1.2 CONSIDERAZIONI SU ASPETTI NORMATIVI

In primo luogo, di seguito sono richiamate le indicazioni proposte al p.to 4.9.2 nel Manuale di Progettazione delle opere civili, Parte II – Sezione 4 – Gallerie:

*“Si riportano a seguire alcune considerazioni sulla differente impostazione attualmente riscontrabile nella normativa di settore, a livello nazionale ed europeo.*

*Mentre infatti la più datata normativa nazionale (DM 28/10/2005) richiede il soddisfacimento di condizioni deterministiche, imponendo alle strutture delle gallerie ferroviarie caratteristiche di resistenza al fuoco non inferiori a R120, da valutare con la curva di incendio 11076 (RWS), a livello europeo la più recente incarnazione delle Specifiche tecniche di interoperabilità (STI SRT - Reg. UE n. 1303/2014) sposta l'attenzione sugli scenari di evacuazione e di emergenza, commisurando a questi le caratteristiche di resistenza al fuoco dei tunnel ferroviari.*

*Anche i campi di applicazione delle due norme non risultano direttamente sovrapponibili; infatti il DM 28-10-2005 si applica a tutte le gallerie di lunghezza superiore ai 2 km, mentre le STI SRT 2014 fanno riferimento solo a gallerie nuove e ristrutturata, di lunghezza superiore a 100 metri.*

*Nelle more di una compiuta armonizzazione della normativa di settore nazionale e sovranazionale, la legge 27/2012 ha stabilito che non possono essere applicati alla progettazione e costruzione delle nuove infrastrutture ferroviarie nazionali parametri e standard tecnici e funzionali più stringenti rispetto a quelli previsti dagli accordi e dalle norme dell'Unione Europea.*

*Ciò premesso, nel prosieguo si farà riferimento soprattutto alle indicazioni contenute nel più recente disposto normativo delle STI SRT 2014, ritenuto ad oggi il principale riferimento disponibile. Per il requisito di resistenza al fuoco essa richiede, al p.to 4.2.1.2, il rispetto di due principali condizioni riferite esclusivamente alla salvaguardia delle vite umane:*

*a) “l'integrità del rivestimento definitivo deve mantenersi (punto 6.2.7.2 - ‘a una temperatura di 450°C a livello del soffitto’) per un periodo di tempo sufficientemente lungo da consentire l'autosoccorso e l'evacuazione dei passeggeri e del personale, nonché l'intervento delle squadre di emergenza. Tale periodo di tempo deve essere conforme agli scenari di evacuazione considerati e essere indicato nel piano di emergenza.”*

*b) “Nel caso di gallerie sommerse o di gallerie che possano causare il cedimento di importanti significative strutture adiacenti, la struttura principale della galleria deve resistere alla temperatura dell'incendio (‘conformemente a un'ideale curva di incendio scelta dal richiedente’) per un periodo di tempo sufficiente a consentire l'evacuazione delle zone a rischio della galleria e delle strutture adiacenti. Tale periodo di tempo deve essere indicato nel piano di emergenza.”*

*Si nota che, a differenza di quanto riportato nel DM 28-10-2005 dove curva di incendio e durata del cimento termico sono prefissati, tali parametri non sono stabiliti univocamente.*

*E', quindi, compito del progettista definire la curva di incendio tempo-Temperatura ed ‘il periodo di tempo’ da considerare nelle verifiche, che dovrà essere calibrato in funzione dello scenario di evacuazione e riportato nel piano di emergenza.*

*Si nota che, a differenza di quanto riportato nel DM 28-10-2005 dove curva di incendio e durata del cimento termico sono prefissati, tali parametri non sono stabiliti univocamente.*

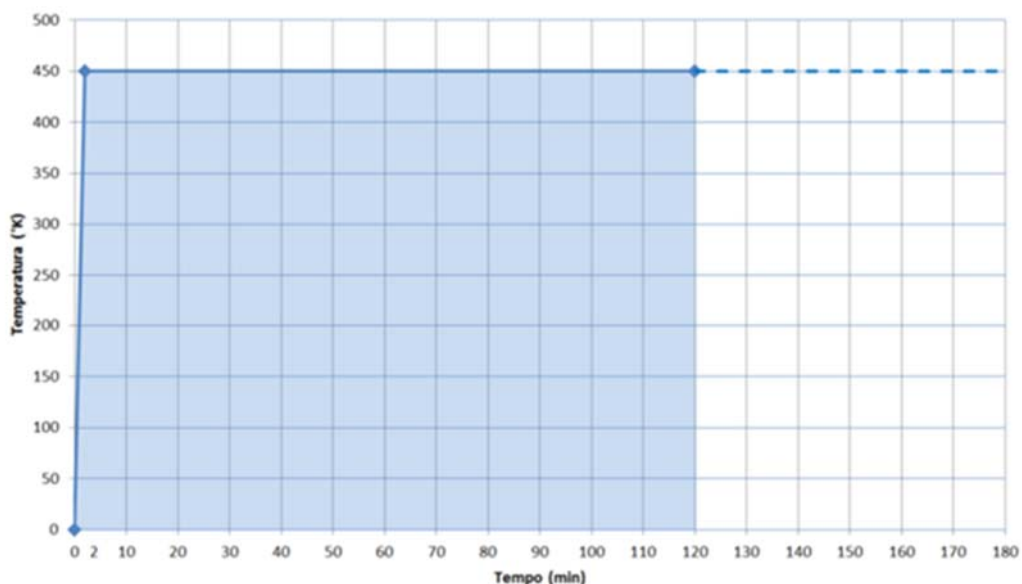
*E', quindi, compito del progettista definire la curva di incendio tempo-Temperatura ed ‘il periodo di tempo’ da considerare nelle verifiche, che dovrà essere calibrato in funzione dello scenario di evacuazione e riportato nel piano di emergenza.*



<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>	<b>COMMESSA</b> IF3A	<b>LOTTO</b> 02	<b>CODIFICA</b> E ZZ RH	<b>DOCUMENTO</b> GN0100 011	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 13 di 109

In particolare:

- per tutte le gallerie ricadenti nel caso a) risulta plausibile ipotizzare (con riferimento anche a norme di altri stati europei) che la soglia di temperatura indicata (450°C) venga utilizzata, solo ai fini della valutazione dell'integrità del rivestimento, salvaguardando quindi l'esodo dei passeggeri e l'intervento delle squadre di soccorso. Pertanto, la verifica delle strutture della galleria deve essere eseguita con una curva di incendio tempo-Temperatura che avrà il tratto iniziale con pendenza pari e/o simile alle curve nominali - Principali curve di incendio nominali, fino a 450°C per poi rimanere costante a tale temperatura per tutta la durata di verifica, fissata generalmente in 120 minuti a meno che dal piano di emergenza della galleria emergano differenti indicazioni.



- per tutte le gallerie ricadenti nel caso b) la norma consente di verificare la resistenza delle strutture con una curva di incendio tempo-Temperatura idonea, scelta caso per caso in ragione dello scenario di incendio specifico. Tale verifica andrà condotta per una durata generalmente pari a 120 minuti, a meno che dal piano di emergenza e coordinamento della galleria emergano differenti indicazioni.

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>	<b>COMMESSA</b> IF3A	<b>LOTTO</b> 02	<b>CODIFICA</b> E ZZ RH	<b>DOCUMENTO</b> GN0100 011	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 14 di 109

Per le gallerie ferroviarie, salvo indicazione specifiche, si adoterà la curva nominale RWS (DM 28 ottobre 2005).  
In considerazione di quanto sopra riportato, si ritiene che le gallerie oggetto di analisi ricadano nel caso “b”, in quanto il crollo delle strutture può causare il cedimento del terreno soprastante e delle strutture / infrastrutture poste in adiacenza della galleria.  
L’analisi e le verifiche strutturali saranno pertanto sviluppate considerando quanto previsto per il caso “b”, e adottando la curva nominale RWS.

La curva è caratterizzata da un rapido incremento delle temperature fino a 1200°C a 10 minuti, un massimo di 1350 °C a 60 minuti e un ritorno a 1200°C a 120 minuti.

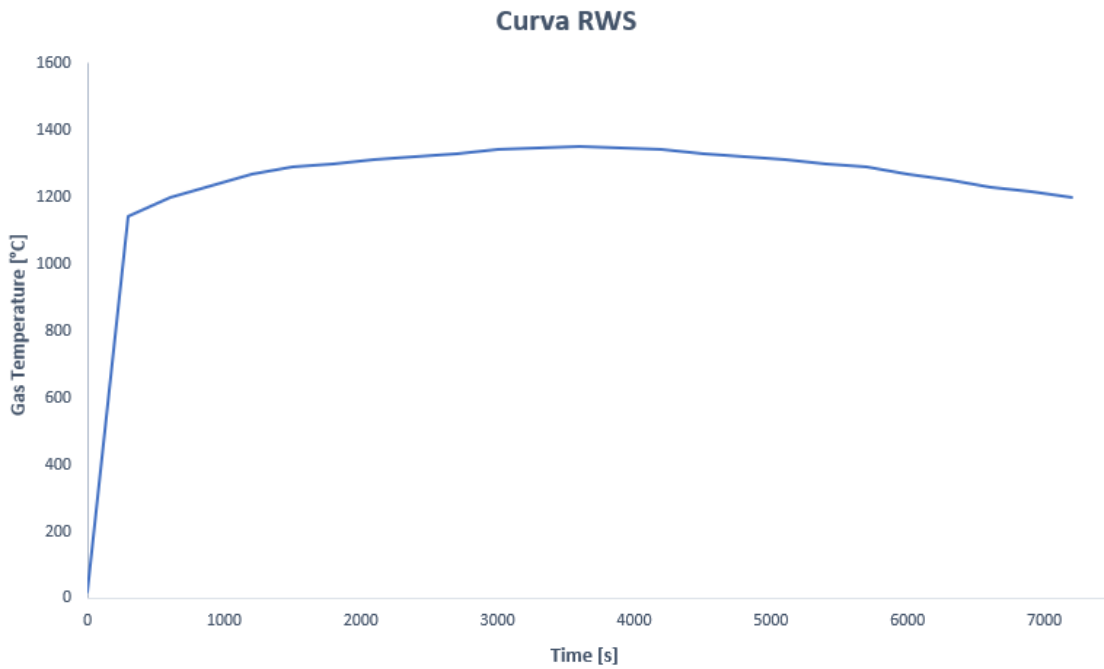


Figura 1-7. Curva RWS

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>	<b>COMMESSA</b> IF3A	<b>LOTTO</b> 02	<b>CODIFICA</b> E ZZ RH	<b>DOCUMENTO</b> GN0100 011	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>FOGLIO</b> <b>15 di 109</b>

## 2 CRITERI DI CALCOLO

In ottemperanza al D.M. del 17.01.2018 (Nuove norme tecniche per le costruzioni), i calcoli sono condotti con il metodo semiprobabilistico agli stati limite.

### 2.1 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico, considerate ai fini delle verifiche, sono stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto al cap. 2 delle NTC.

Per la verifica delle azioni eccezionali, si applica la sola "Combinazione eccezionale"

#### 2.1.1 Combinazioni per la verifica allo SLU

Gli stati limite ultimi delle opere interrate si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso, determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno, e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono l'opera.

Le combinazioni di carico vengono effettuate adottando i gruppi di azioni indicati in tabella 5.2.IV delle N.T.C. con i coefficienti parziali di sicurezza ferroviari indicati in tabella 5.2.V e i coefficienti di combinazione dei carichi ferroviari della tabella 5.2.VI, presenti al capitolo 5.2.3.3.1 delle N.T.C.; per quanto riguarda i coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno, si fa riferimento alla tabella 6.2.II delle N.T.C.

Ai fini delle verifiche degli stati limiti ultimi per condizioni eccezionali di carico, si definisce la seguente combinazione delle azioni:

Combinazione eccezionale:

$$G1+G2 + Ad + \sum \psi_2 i \cdot Q_{ki}$$

Con Ad azione eccezionale di progetto.

#### 2.1.2 Combinazioni per la verifica allo SLE

Nel caso delle verifiche in caso di incendio, trattandosi di uno stato limite ultimo della struttura, non vengono prese in considerazione combinazioni agli SLE.



<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI</b>		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI</b> <b>GCF ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>							
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 011	REV. A	FOGLIO 17 di 109

FYR 1	Argille, argille marnose	5	20.0	15	23	0.61	30
FYR 2	Argille, argille marnose	10	20.0	15	23	0.61	50
FYR 3	Argille, argille marnose	20	20.0	20	23	0.61	80
FYR 4	Argille, argille marnose	30	20.0	20	23	0.61	100
FYR 5	Argille, argille marnose	>30	20.0	20	23	0.61	180

**Tabella 1.** Valori caratteristici dei parametri **geotecnici utilizzati** nelle analisi per l'imbocco

Dove:

- $\gamma$  = peso di volume naturale;
- $\phi'$  = angolo di resistenza al taglio;
- $c'$  = coesione drenata;
- $k_0$  = coefficiente di spinta a riposo;
- $E$  = modulo di deformazione.

I parametri geotecnici caratteristici inerenti i materiali per i rinterri, come indicato nella Relazione geotecnica sono i seguenti:

angolo di attrito interno caratteristico	$\phi'_k$	35-36	°
Peso specifico	$\gamma_d$	20	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico immerso	$\gamma'$	10	kN/m <sup>3</sup>
Modulo di Young	EVC	50	MPa
Modulo di Poisson	$\nu$	0.30	-

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>ORSARA - BOVINO AV    WEBUILD ITALIA                      PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING                      PINI</b> <b>GCF                                              ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 011	REV. A	FOGLIO 18 di 109

## 5 VERIFICA AL FUOCO

Nel seguente capitolo vengono presentati i risultati di verifica di resistenza al fuoco per la galleria artificiale in esame.

### 5.1 METODOLOGIA DI CALCOLO

Le verifiche al fuoco sono state condotte utilizzando il software SAFIR, un programma basato sul Metodo degli Elementi Finiti (FEM) che può essere utilizzato per lo studio di strutture mono-, bi- e tridimensionali sottoposte a incendio attraverso la discretizzazione della struttura, delle sezioni e del tempo. Il codice include elementi finiti piani a 3 e 4 nodi (SOLID 2D), elementi finiti tridimensionali a 6 e 8 nodi (SOLID 3D), elementi di trave (BEAM) e elementi di piastra (SHELL); i materiali a disposizione nelle librerie del programma permettono di considerare comportamenti non lineari in funzione della temperatura. L'analisi di una struttura esposta al fuoco è generalmente svolta per fasi successive: il primo passo consiste nell'analisi termica, cioè nella valutazione della distribuzione di temperatura all'interno degli elementi strutturali; a questa segue, nel caso di strutture di travi, l'analisi torsionale per la determinazione delle proprietà torsionali delle sezioni trasversali delle travi. L'ultima analisi che viene svolta è l'analisi strutturale per l'ottenimento della risposta della struttura soggetta a carichi statici e carichi termici. In letteratura sono disponibili diversi articoli inerenti la validazione del software. Per quanto concerne la validazione attraverso le norme EN 1992 1-2 si fa riferimento al sito del produttore [https://www.uee.uliege.be/upload/docs/application/pdf/2018-03/validation\\_of\\_safir\\_through\\_the\\_din\\_en\\_1992-1-2\\_na.pdf](https://www.uee.uliege.be/upload/docs/application/pdf/2018-03/validation_of_safir_through_the_din_en_1992-1-2_na.pdf).

La verifica è stata articolata nelle fasi descritte di seguito ed è stata sviluppata sia in presenza che in assenza del fenomeno di spalling.

#### FASE1: ANALISI TERMICA DELLA SEZIONE

L'analisi termica è svolta suddividendo la struttura in molteplici sottostrutture, per ciascuna delle quali è quindi determinata la distribuzione delle temperature nel tempo. La suddivisione in sotto-strutture è resa necessaria dalla presenza di elementi strutturali aventi o differenti sezioni o differenti condizioni di esposizione al fuoco. Tipicamente, la discretizzazione delle sezioni degli elementi di trave e degli elementi di piastra è effettuata con elementi finiti piani SOLID 2D mentre la discretizzazione di elementi tridimensionali (ad esempio un nodo trave-pilastro) è svolta con elementi finiti SOLID 3D. La gravità d'incendio può essere rappresentata mediante curve standard temperatura-tempo predefinite nel programma (ISO 834, ASTM E119, curva da idrocarburi, etc.) o tramite curve definite dall'utente (RWS nel caso in esame). In questo caso è possibile considerare anche la fase di raffreddamento. SAFIR non considera il trasferimento di calore lungo l'asse di una trave: l'analisi termica è svolta unicamente nella sezione trasversale e, di conseguenza, la distribuzione (non uniforme) di temperatura che si ottiene da tale analisi è la medesima in ogni generica sezione trasversale lungo l'asse. Nel caso delle sezioni in calcestruzzo armato, l'armatura longitudinale deve essere discretizzata con il calcestruzzo perché il file di output ottenuto dall'analisi termica viene utilizzato a sua volta come file di input per l'analisi strutturale e quindi deve contenere tutte le informazioni sulla sezione, compreso il quantitativo di armatura presente. SAFIR determina la distribuzione delle temperature che si sviluppano all'interno della struttura mediante un'integrazione delle equazioni differenziali che governano i fenomeni di trasmissione del calore. In particolare, all'interno della struttura il trasferimento di calore avviene per conduzione mentre sulle superfici esposte il calore è scambiato con l'ambiente mediante convezione e irraggiamento. L'analisi termica è basata anche su queste ulteriori ipotesi:

- viene tenuta in considerazione la presenza di acqua evaporabile all'interno dei materiali, così come l'energia consumata per la sua evaporazione;
- non viene considerata la migrazione del vapore all'interno del materiale;
- non sono considerati gli effetti dell'analisi strutturale sulla distribuzione di temperatura, come il calore sviluppato dalla plasticizzazione, l'ortotropia delle proprietà termiche per effetto della fessurazione o lo spalling.

Si può quindi osservare che le analisi termica e meccanica sono sequenzialmente accoppiate.

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>	<b>COMMESSA</b> IF3A	<b>LOTTO</b> 02	<b>CODIFICA</b> E ZZ RH	<b>DOCUMENTO</b> GN0100 011	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>FOGLIO</b> <b>19 di 109</b>

## FASE2: DETERMINAZIONE DELLE SOLLECITAZIONI STRUTTURALI E VERIFICA DI RESISTENZA

L'analisi strutturale è eseguita a valle dell'analisi termica e, in determinati casi, dopo l'analisi torsionale. Una struttura può essere discretizzata con elementi BEAM, TRUSS e SHELL. La risposta della struttura è valutata considerando i carichi statici applicati e l'evoluzione del campo termico, il comportamento dei materiali dipendente dalla temperatura, gli effetti delle deformazioni termiche e la presenza di effetti del secondo ordine. Il meccanismo di danno del calcestruzzo durante la fase di scarico elastico può eventualmente essere tenuto in conto adottando un opportuno modello costitutivo. Dal punto di vista computazionale, l'analisi è svolta in maniera incrementale, cioè per incrementi successivi di tempo; pertanto, per ogni istante in cui la convergenza è raggiunta, è possibile ottenere le seguenti informazioni (output):

- gli spostamenti in ogni nodo della struttura;
- le azioni assiali, le forze di taglio e i momenti flettenti nei punti di integrazione di ogni elemento finito;
- gli sforzi, le deformazioni e il modulo tangente nei punti di integrazione di ogni elemento finito

L'analisi termina al raggiungimento del tempo prefissato (2 ore) o in caso di divergenza dell'analisi, ovvero quando le sollecitazioni/deformazioni eccedono il limite del materiale. Le condizioni al contorno e i carichi statici permanenti dovuti al peso proprio e ai carichi portati sono determinati assumendo considerazioni analoghe a quelle assunte per il calcolo statico delle WBS in oggetto, e pertanto per ulteriori dettagli si rimanda alle relative relazioni di calcolo. Per la modellazione del distacco esplosivo del calcestruzzo (spalling) si è deciso di decurtare la sezione del tratto interessato dal fenomeno; quindi, esse risulteranno più corte e prive dello strato di armatura adiacente al lembo esposto all'incendio.

## 5.2 PROPRIETÀ TERMICHE

Per la determinazione delle distribuzioni di temperatura nelle sezioni è necessario definire le proprietà meccaniche e termiche dei materiali.

### 5.2.1 Calcestruzzo

Il materiale utilizzato è il SILCONC\_EN, tale denominazione fa riferimento al modello costitutivo uniassiale ad aggregati silicei definito nell'UNI EN 1992-1-2 (2005), i parametri utilizzati sono i seguenti:

- massa specifica: 2400 kg/m<sup>3</sup>
- contenuto di umidità: 46 kg/m<sup>3</sup>
- coefficiente convettivo su profili caldi: 25 W/m<sup>2</sup>K
- coefficiente convettivo su profili freddi: 4 W/m<sup>2</sup>K
- emissività relativa: 0.7
- parametro per la conduttività termica  $\alpha$ : 0.5

In accordo col paragrafo 3.3.3 delle EN-1992-1-2, la conduttività termica viene determinata all'interno di un intervallo attraverso il parametro  $\alpha$  tramite la relazione:

$$k(T) = k_{lower}(T) + \alpha \left( k_{upper}(T) - k_{lower}(T) \right) \text{ con } \alpha \text{ compreso tra } [0,1]$$

Il parametro  $\alpha$ , inoltre, varia con la temperatura secondo le espressioni:

- $\alpha(\theta) = (-1.80 \times 10^{-4} + 9 \times 10^{-6} \times \theta + 2.3 \times 10^{-11} \times \theta^3) / \theta$  per  $20 \text{ }^\circ\text{C} \leq \theta \leq 700 \text{ }^\circ\text{C}$
- $\alpha(\theta) = (140 \times 10^{-3}) / \theta$  per  $700 \text{ }^\circ\text{C} < \theta \leq 1200 \text{ }^\circ\text{C}$

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>	<b>COMMESSA</b> IF3A	<b>LOTTO</b> 02	<b>CODIFICA</b> E ZZ RH	<b>DOCUMENTO</b> GN0100 011	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 20 di 109

## 5.2.2 Acciaio per armatura

Il materiale utilizzato è lo STEELEC2EN, ovvero acciaio al carbonio le cui proprietà termiche seguono le equazioni presenti nell'Eurocodice EN 1993-1-2, i parametri utilizzati sono:

- coefficiente convettivo su profili caldi: 25 W/m<sup>2</sup>K
- coefficiente convettivo su profili freddi: 4 W/m<sup>2</sup>K
- emissività relativa: 0.7

## 5.3 SPALLING

Il procedimento sopra esposto andrà percorso anche valutando l'influenza del fenomeno dello spalling sulla risposta strutturale. A tal proposito, infatti, l'Eurocodice 2 [2] (UNI EN 1992-1-2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-2 - Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio, Sezione 4 Procedure di progettazione, p.to 4.1 Generalità) richiede che "...il distacco del calcestruzzo deve essere evitato per mezzo di misure appropriate oppure si deve tenere conto della sua influenza sui requisiti prestazionali (R e/o E I)...".

Pertanto, al fine di quantificare l'entità dello spalling da considerare nelle analisi, si potrà far riferimento al criterio sviluppato, per conto di RFI, nel documento "Considerazioni sul fenomeno dello spalling ai fini dell'esecuzione delle verifiche in condizioni di incendio delle strutture di rivestimento di opere in sotterraneo" (E. Cartapati – maggio 2012).

Tale criterio, basato su evidenze sperimentali e di incendi realmente avvenuti, che hanno coinvolto strutture prive di accorgimenti nei riguardi dei fenomeni dello spalling, definisce che:

- per le strutture non armate la riduzione media di spessore da utilizzare nelle analisi e verifiche può essere valutata pari a 15 cm;
- per le strutture armate la riduzione media di spessore da utilizzare nelle analisi e verifiche è ricavabile dalla formula:

$$s = c + \varnothing r + \varnothing f + i/10;$$

dove c è il copriferro e i l'interasse delle armature di forza;  $\varnothing r$  e  $\varnothing f$  sono rispettivamente i diametri delle armature di ripartizione (r) e di forza (f).

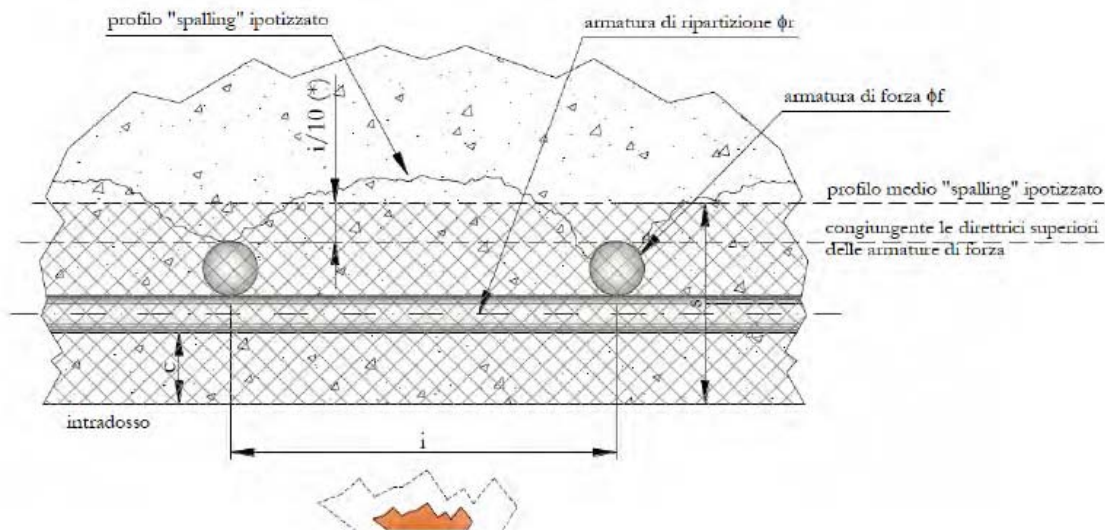
Tale valore è determinato dalla somma di diversi contributi:

- distacco del calcestruzzo per tutto lo spessore del copriferro;
- distacco del calcestruzzo per tutto lo spessore corrispondente all'ingombro delle armature (somma dei diametri dei due ordini di armature: principali e trasversali);
- spessore medio aggiuntivo che tiene conto del possibile distacco di schegge di calcestruzzo non contrastato dalla presenza delle barre di armatura; tale spessore aggiuntivo può essere valutato mediamente dell'ordine di 1/10 dell'interasse fra le armature principali, La profondità massima non può essere superiore a quella di sezioni non armate ( $s \leq 150$  mm).

L'applicazione del criterio presuppone che l'armatura principale abbia un comportamento favorevole, ovvero armatura sufficientemente ripartita ed efficacemente trattenuta da staffe e spillature dirette verso l'interno della sezione. La validità del criterio è riferita ad un intervallo di variabilità dell'interasse fra le armature dell'ordine di 100 ÷ 250 mm; per interassi superiori a 200 mm è opportuno incrementare (fino al 50%) il contributo dello spessore medio aggiuntivo.



<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>						
	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 011	REV. A	FOGLIO 21 di 109



**Figura 5-1 Schema per la valutazione della profondità di 'spalling' per sezioni armate**

Essendo presenti diverse tipologie di armature con diametri e interassi variabili, è stato considerato un valore conservativo e uniformato della profondità di 'spalling' pari a 10 cm.

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> ORSARA - BOVINO AV    WEBUILD ITALIA                      PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING                      PINI GCF                                      ELETTRI-FER TUNNELCONSULT	<b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 011	REV. A	FOGLIO 22 di 109

## 5.4 PROPRIETÀ MECCANICHE

Per quanto riguarda le proprietà meccaniche a caldo dei materiali, si fa riferimento ai paragrafi 3.2.2 e 3.2.3 dell'UNI EN 1992-1-2 (2005). Nelle tabelle e figure sottostanti sono riportati i principali valori dei parametri meccanici del calcestruzzo compresso e dell'acciaio, in funzione della variazione della temperatura del materiale stesso.

### 5.4.1 Calcestruzzo (aggregati silicei)

Il materiale utilizzato è il SILCON\_ETC, un modello costitutivo uniassiale in grado di determinare ed esplicitare la componente di deformazione viscosa (transient creep) dalle deformazioni meccaniche. La variazione di resistenza a trazione e compressione con la temperatura, così come le proprietà termiche dipendono invece da quanto stabilito in EN1992-1-2.

T [°C]	$f_{c,T}/f_{ck}$	$f_{ct,T}/f_{ctk}$	$\epsilon_{pscl,ETC}$	$\epsilon_{ps0,ETC}$	$E_{0,ETC}/f_{ck}$	$\Phi$
20	1.00	1.00	0.0025	0.0200	800.0	0
100	1.00	1.00	0.0030	0.0215	666.7	0.00100
200	0.95	0.80	0.0038	0.0233	495.7	0.00175
300	0.85	0.60	0.0050	0.0255	340.0	0.00235
400	0.75	0.40	0.0063	0.0263	236.8	0.00489
500	0.60	0.20	0.0087	0.0262	138.5	0.01056
600	0.45	0	0.0127	0.0227	71.1	0.02741
700	0.30		0.0133	0.0258	45.0	0.03889
800	0.15		0.0140	0.0290	21.4	0.07333
900	0.08		0.0150	0.0325	10.7	0.12500
1000	0.04		0.0150	0.0350	5.3	0.25000
1100	0.01		0.0150	0.0375	1.3	1.00000
1200	0		-	-		-

Figura 5-2 evoluzione delle proprietà del materiale con la temperatura

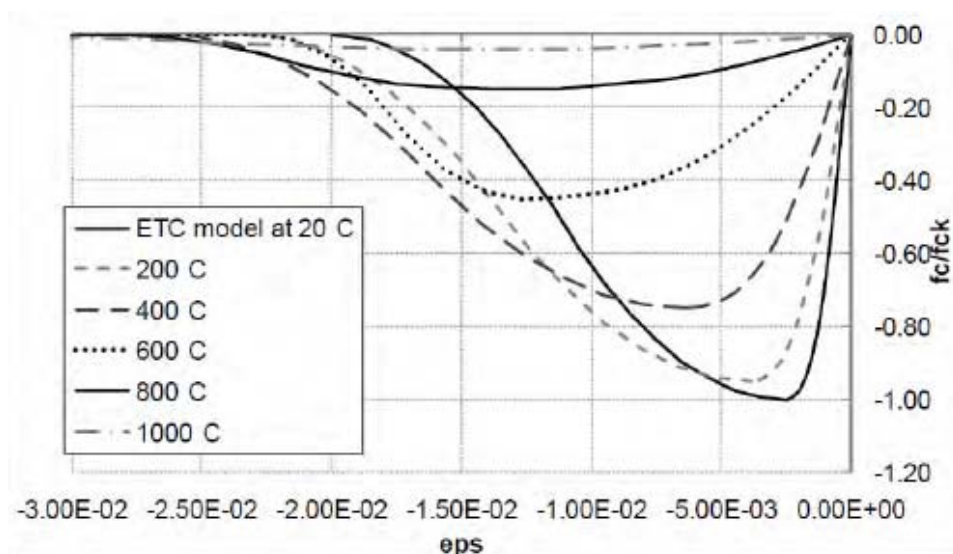


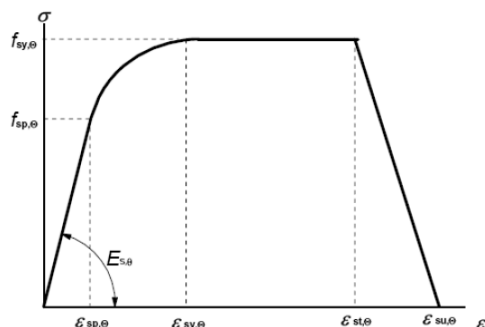
Figura 5-3 modello costitutivo per il calcestruzzo in funzione della temperatura

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 011	REV. A	FOGLIO 23 di 109

## 5.4.2 Acciaio per armatura

La variazione delle caratteristiche meccaniche dell'acciaio in funzione della temperatura dipendono dal tipo di acciaio e dal tipo di lavorazione. Facendo riferimento al paragrafo 3.2.3 dell'EN 1992-1-2 e considerando un acciaio di tipo N laminato a caldo, nella figura seguente è illustrato il legame costitutivo del materiale mentre i rapporti riduttivi del modulo di elasticità, del limite di proporzionalità e della resistenza massima sono presentati nella seguente tabella:

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



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

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>						
	<b>COMMESSA</b> IF3A	<b>LOTTO</b> 02	<b>CODIFICA</b> E ZZ RH	<b>DOCUMENTO</b> GN0100 011	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 24 di 109

## 5.5 APPLICAZIONE CARICHI

Facendo riferimento alla sola combinazione eccezionale

$$G1+G2 + Ad + \Sigma \psi 2i \cdot Qki$$

I carichi statici applicati alle sezioni risultano:

### 1.3.1 Imbocco

- Peso proprio strutture
- Carichi permanenti portati (Spinta del terreno)

### 1.3.2 Tunnel

- Peso proprio strutture
- pressione/depressione per il passaggio del convoglio  $p = 10 \text{ kPa}$  (valore superiore a quanto prescritto dalle NTC 2018 cap.5.2.2.6) (si considera tale azione moltiplicata per il coefficiente moltiplicativo 0.2 come da normativa, vedi relazione IF3A02ERHPZ010000001°)

Per i valori delle sollecitazioni si rimanda alla 'relazione di calcolo IF2O00EZZRHGA0200001B e IF3A02ERHPZ010000001°

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>	<b>COMMESSA</b> IF3A	<b>LOTTO</b> 02	<b>CODIFICA</b> E ZZ RH	<b>DOCUMENTO</b> GN0100 011	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 25 di 109

## 6 GEOMETRIA DELLA STRUTTURA

A seguire si riporta, con riferimento ad ogni sezione analizzata, una vista del rivestimento definitivo discretizzato in relazione agli spessori impiegati nella definizione del modello meccanico e termico del problema.

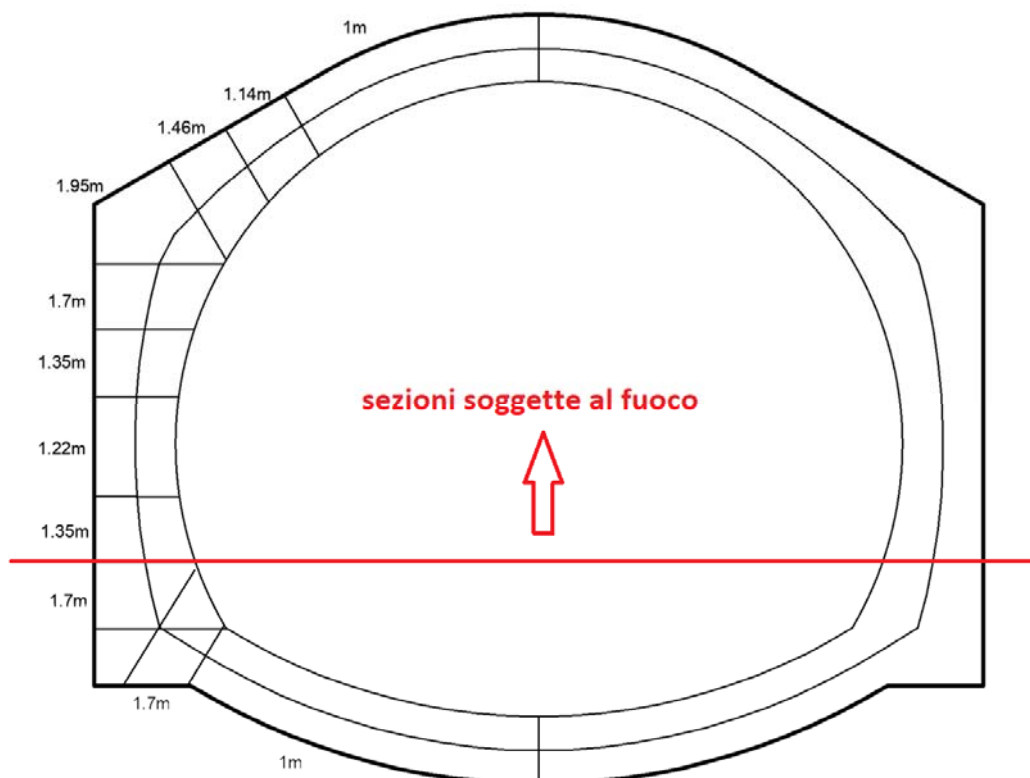
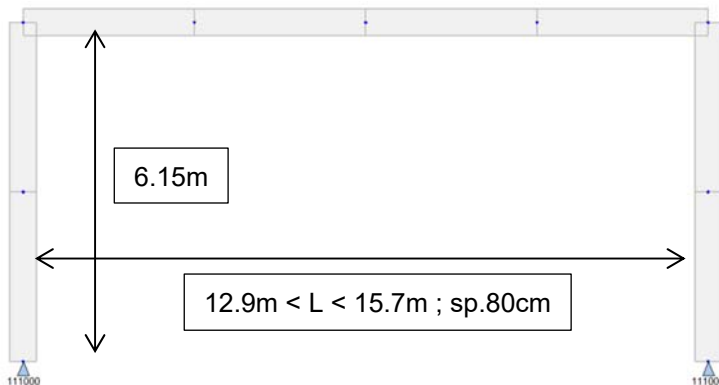
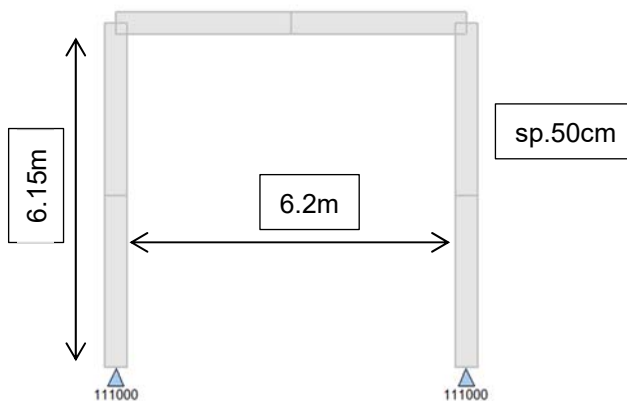


Figura 6-1 Sezione GA02 discretizzata in relazione agli spessori impiegati nell'analisi

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>	<b>COMMESSA</b> IF3A	<b>LOTTO</b> 02	<b>CODIFICA</b> E ZZ RH	<b>DOCUMENTO</b> GN0100 011	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 26 di 109



**Figura 6-2 sezione tunnel tipo 1**



**Figura 6-3 sezione tunnel tipo 2**

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>	<b>COMMESSA</b> IF3A	<b>LOTTO</b> 02	<b>CODIFICA</b> E ZZ RH	<b>DOCUMENTO</b> GN0100 011	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 27 di 109

## 7 MODELLAZIONE STRUTTURALE

La geometria definita degli elementi beam è la medesima utilizzata nella relazione di calcolo strutturale.

Per il calcolo termico delle sezioni e delle loro proprietà meccaniche all'i-mo istante ti, anche le sezioni in calcestruzzo armato sono state modellate attraverso elementi finiti piani.

Nelle verifiche in presenza di spalling la sezione è stata ridotta di 10 cm in prossimità del lembo esposto ad incendio. È importante sottolineare che il programma calcola ad ogni step di analisi nel tempo la variazione delle proprietà meccaniche e di resistenza delle sezioni. Individuando conseguentemente in maniera automatica la formazione di un'eventuale cerniera plastica sulla base delle effettive condizioni all'istante i-mo della sezione. La convergenza della soluzione fino all'ultimo istante considerato (in questo caso 120min) è garanzia della resistenza del concio sottoposto all'incendio di progetto.

### 7.1 MODELLO STRUTTURALE GALLERIA

A seguire si riporta una vista della linea baricentrica della galleria e dei tunnel

Per la sezione tipologica della galleria sono state modellate 9 sezioni in calcestruzzo armato associate agli elementi beam componenti il modello riportate nella Figura 6-1.

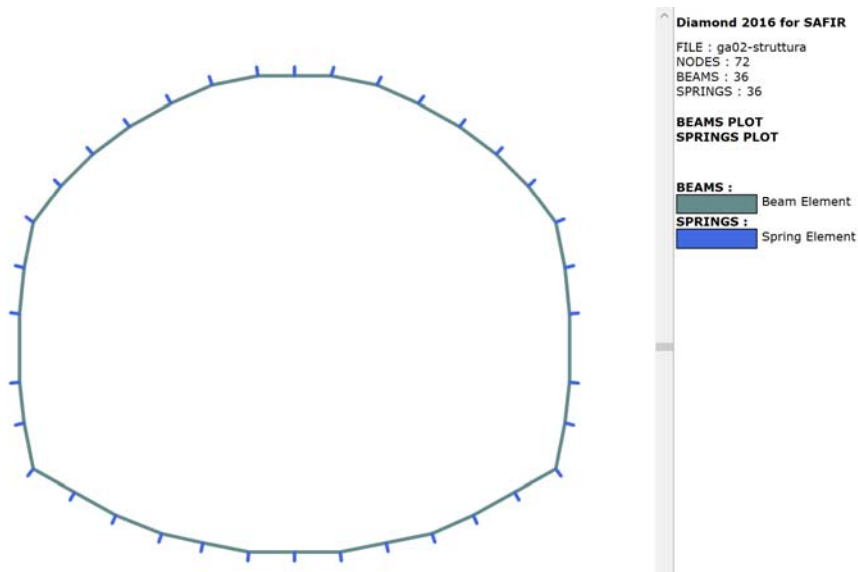


Figura 7-1 Sezione GA02 rappresentata tramite elementi 'beam'

Si evidenzia come la sezione dell'arco rovescio non sia soggetto a riscaldamento: il ricoprimento generato dall'armamento, dal ballast e dal marciapiede impedisce il raggiungimento di temperature tali per cui avvengono sensibili deformazioni nel materiale o riduzione delle proprietà meccaniche.

L'interazione col terreno circostante è stata simulata a mezzo di molle elastico-lineari reagenti solo a compressione. Sulla base del documento "Criteri per il dimensionamento e verifiche delle gallerie artificiali D.M. 2018, si considera la seguente metodologia per il calcolo dei valori del Modulo di sottofondo:

- per tratti curvilinei dell'arco di calotta  $k = \frac{E'}{R_{eq} (1+\nu)} i$
- per tratti rettilinei dell'arco di calotta  $k = \frac{E'}{B(1-\nu^2)} i$

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>							
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 011	REV. A	FOGLIO 28 di 109

– per l'arco rovescio

$$k = \frac{E'}{B(1-v^2)c_t} i$$

con:

$R_{eq}$  = raggio di curvatura del tratto di carpenteria curvilinea considerata

$B$  = lunghezza del tratto rettilineo di carpenteria.

$i$  = interasse tra le bielle

$v$  = coefficiente di Poisson

$E'$  = modulo elastico del mezzo di contorno

$c_t$  = coefficiente di forma della fondazione; relazioni cfr. Bowles (1960), con  $L$  = lato maggiore della fondazione

Fondazione rettangolare con  $L/B \leq 10$

$$c_t = 0.853 + 0.534 \ln \left(\frac{L}{B}\right)$$

Fondazione rettangolare con  $L/B > 10$

$$c_t = 2 + 0.0089 \frac{L}{B}$$

Per il calcolo della rigidezza delle molle dei piedritti si simula la presenza del materiale di ritombamento e non del terreno in sito, quindi il modulo è pari a 50 MPa.

La rigidezza delle molle al contorno è riassunta nella seguente immagine:

	calotta - 1	rettilineo - 2	piedritto - 3	arco rovescio - 4
$B$ [m]	0,00	3,20	6,30	10,04
$R$ [m]	5,90	0,00	0,00	0,00
$E$ [kN/m <sup>2</sup> ]	25000	25000	25000	40000
$v$	0,30	0,30	0,30	0,30
$c_t$	1,00	1,00	1,00	1,27
$L$ [m]	0,00	0,00	0,00	22,00
$L/B$	0,00	0,00	0,00	2,19
$k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	3259	8585	4361	3442

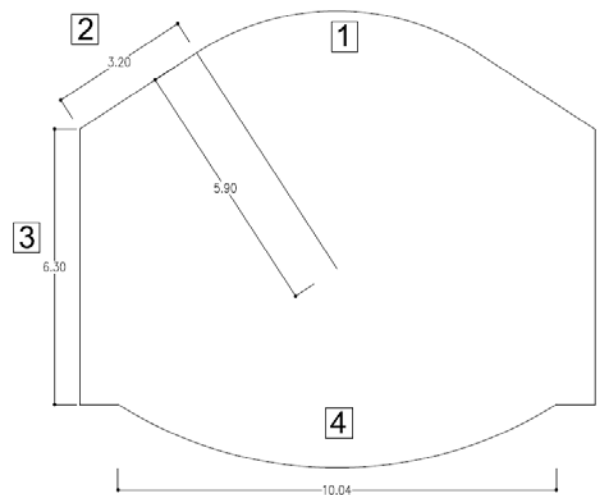


Figura 7-2 Rigidezza molle

Per approfondimenti vedere documento IF3A02EZZRHGA0200001B.



<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>	<b>COMMESSA</b> IF3A	<b>LOTTO</b> 02	<b>CODIFICA</b> E ZZ RH	<b>DOCUMENTO</b> GN0100 011	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 29 di 109

## 7.2 MODELLO STRUTTURALE TUNNEL TIPO 1 E 2

A seguire si riporta una vista della linea baricentrica del portale.

Per la sezione tipologica della galleria sono state modellate sezioni in calcestruzzo armato associate agli elementi beam componenti il modello riportate nelle figure precedenti



Figura 7-3 Sezione tunnel tipo 1 rappresentata tramite elementi 'beam'

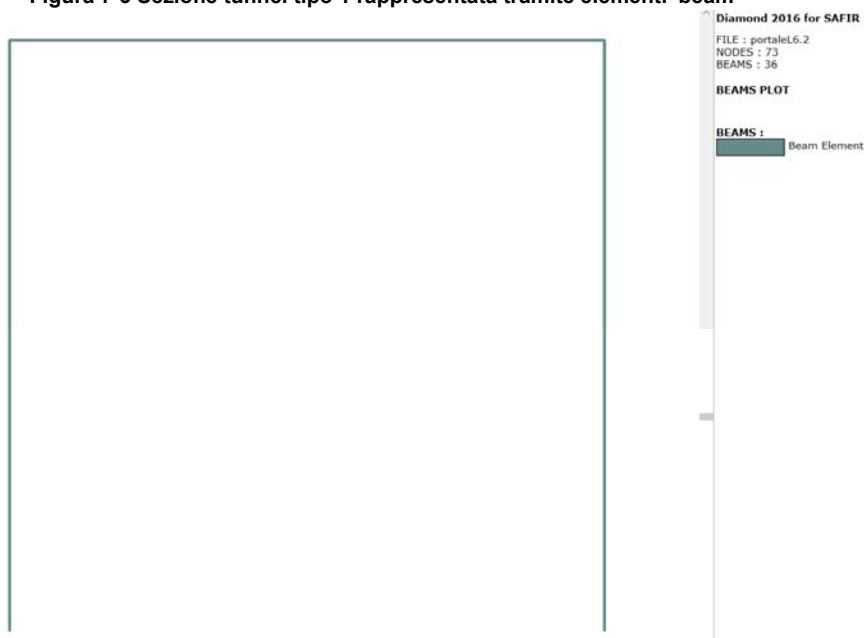


Figura 7-4 Sezione tunnel tipo 2 rappresentata tramite elementi 'beam'

APPALTATORE: Conorzio <u>Soci</u> ORSARA - BOVINO AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO					
PROGETTAZIONE: Mandataria <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTTRI-FER TUNNELCONSULT						
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 011	REV. A	FOGLIO 30 di 109

## 8 ANALISI DELLA TEMPERATURA NEL TEMPO

### 8.1 GALLERIA ARTIFICIALE

Vengono di seguito riportate le sezioni associate agli elementi beam componenti il modello della sezione tipologica della galleria

- Calotta: sez. 1m esposta fuoco

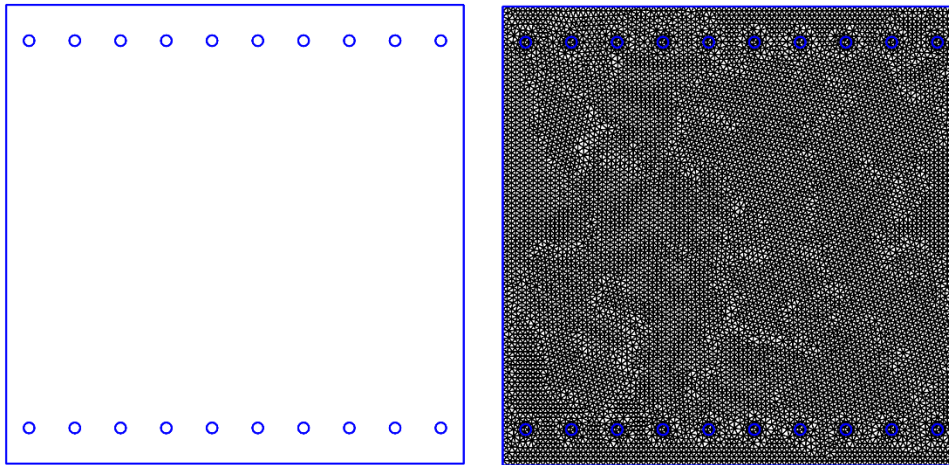


Figura 8-1. Modello geometrico (sx) – Mesh di calcolo (dx)

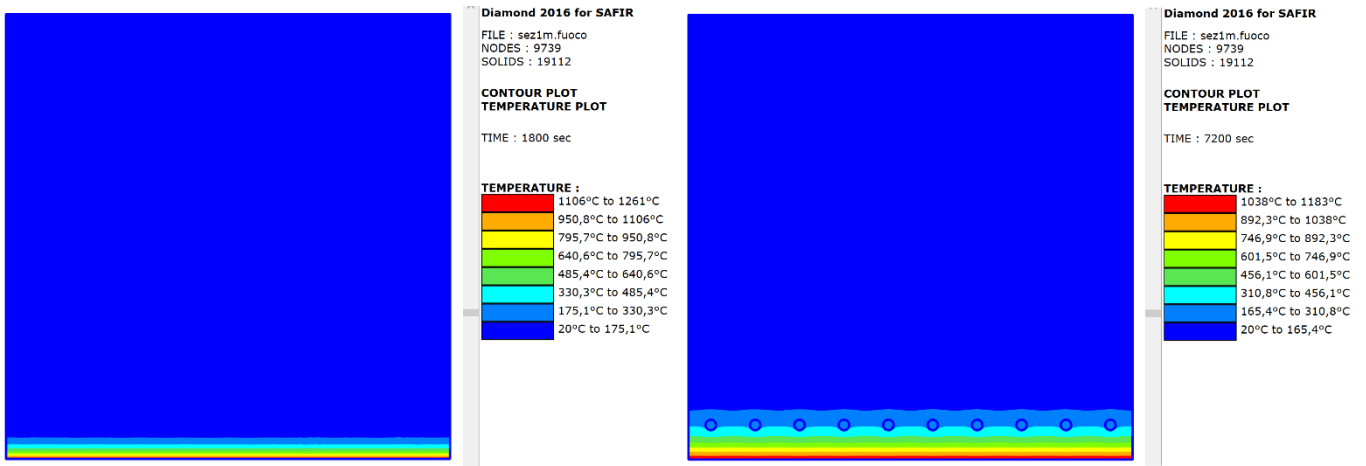


Figura 8-2. Contour temperature 1800 s (sx) - Contour temperature 7200 s (dx)

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                    Soci <b>ORSARA - BOVINO AV    WEBUILD ITALIA            PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                    Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A            NET ENGINEERING        PINI</b> <b>                                  GCF                            ELETTRI-FER</b> <b>                                  TUNNELCONSULT</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 011	REV. A	FOGLIO 31 di 109

- Calotta: sez. 1.14m esposta fuoco

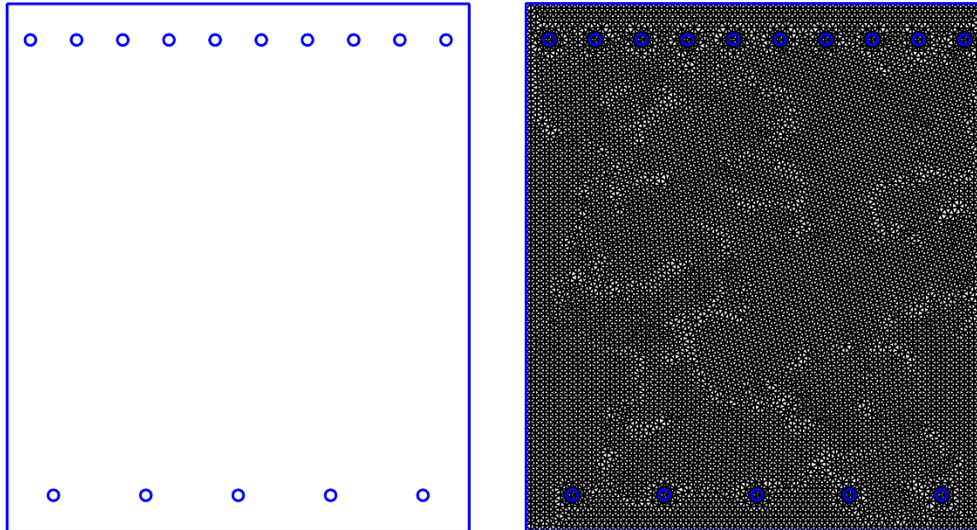


Figura 8-3. Modello geometrico (sx) – Mesh di calcolo (dx)

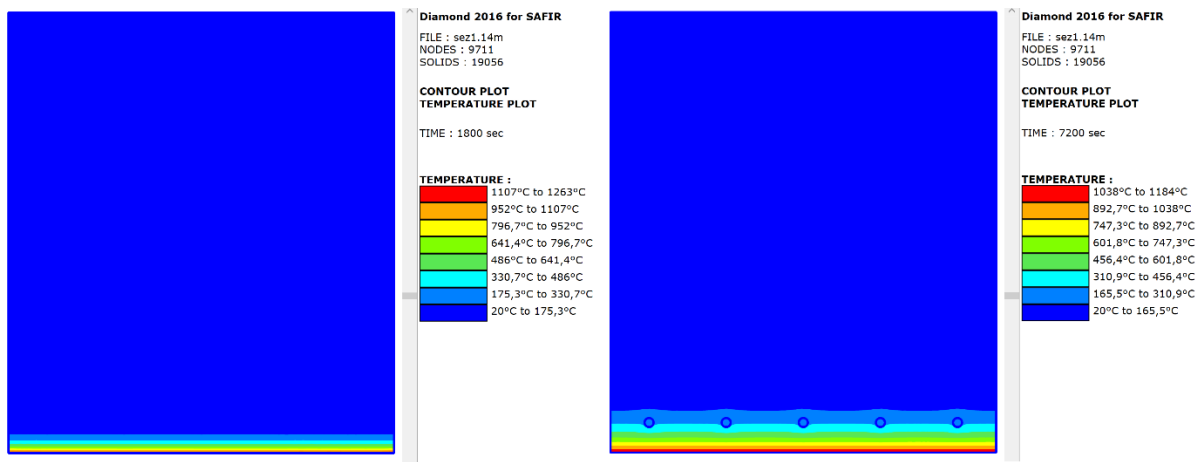


Figura 8-4. Contour temperature 1800 s (sx) - Contour temperature 7200 s (dx)

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>						
PROGETTO ESECUTIVO <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 011	REV. A	FOGLIO 32 di 109

- Calotta: sez. 1.46m esposta fuoco

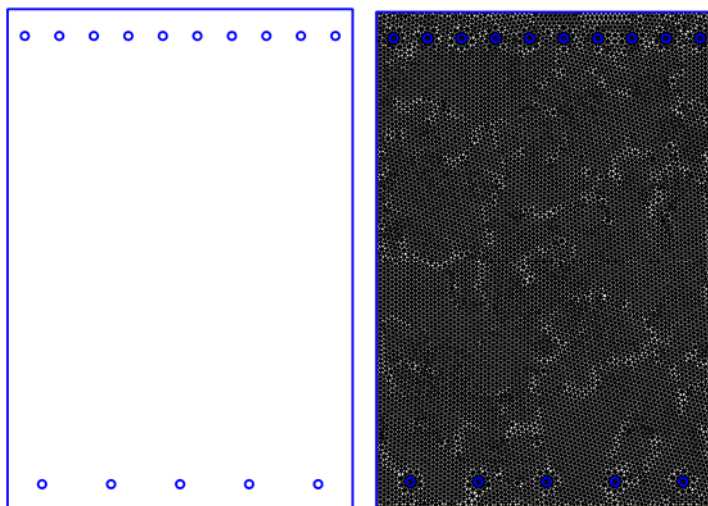


Figura 8-5. Modello geometrico (sx) – Mesh di calcolo (dx)

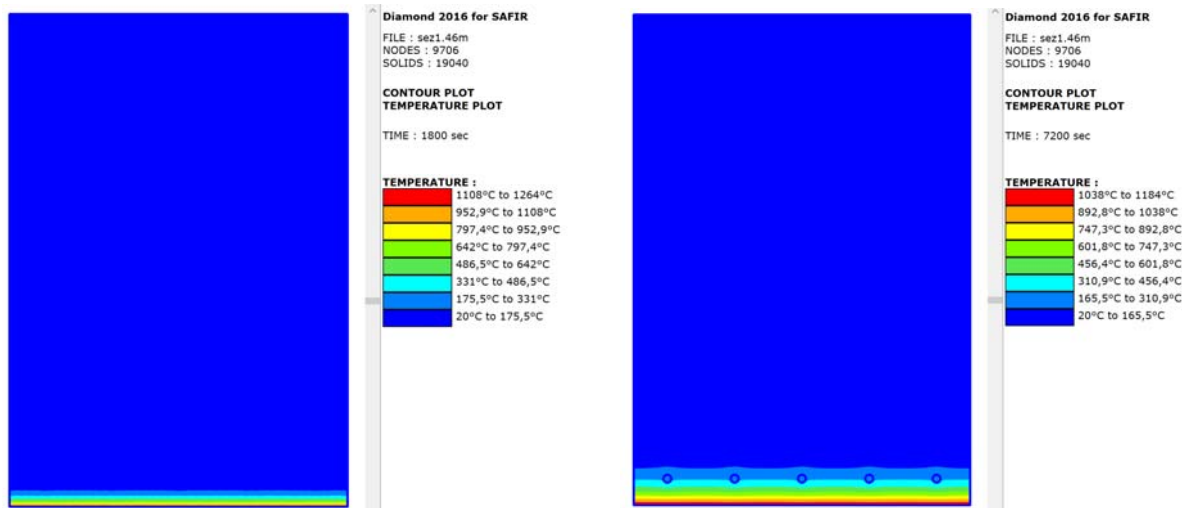


Figura 8-6. Contour temperature 1800 s (sx) - Contour temperature 7200 s (dx)

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>							
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>		<b>COMMESSA</b> IF3A	<b>LOTTO</b> 02	<b>CODIFICA</b> E ZZ RH	<b>DOCUMENTO</b> GN0100 011	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>FOGLIO</b> <b>33 di 109</b>

- Calotta-arco rovescio: sez. 1.95m esposta fuoco

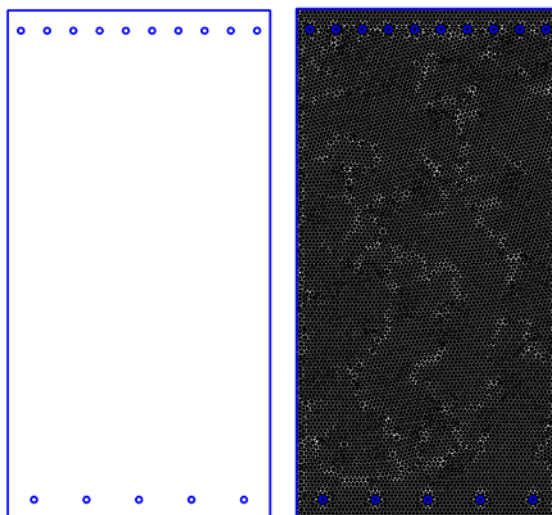


Figura 8-7. Modello geometrico (sx) – Mesh di calcolo (dx)

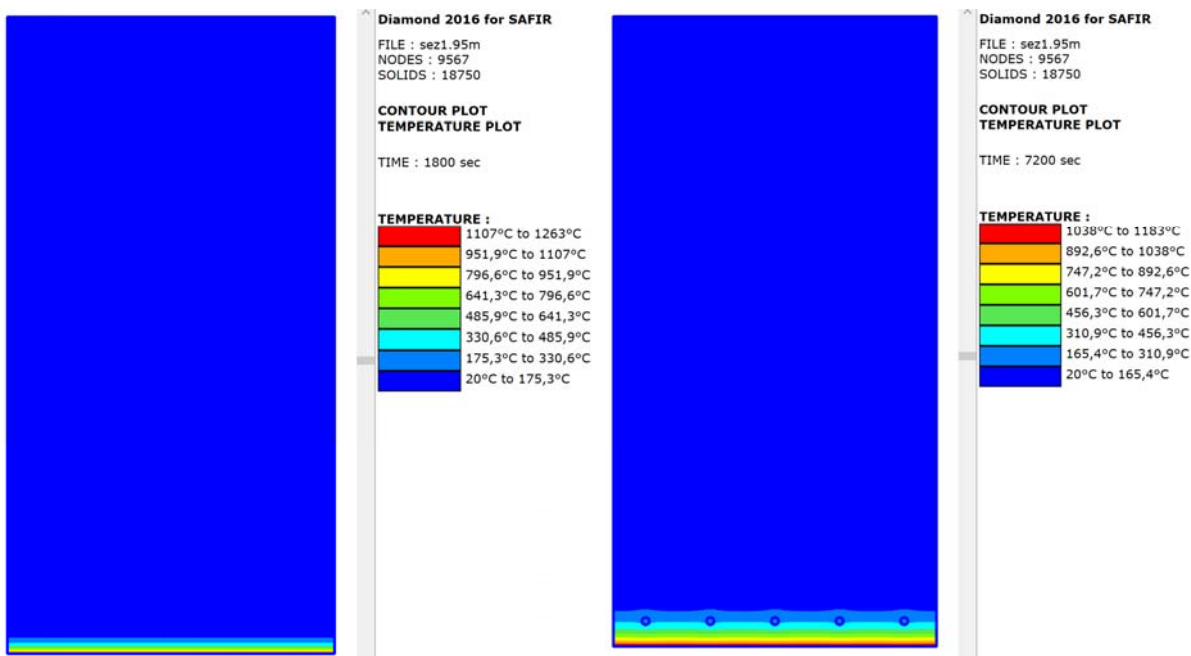


Figura 8-8. Contour temperature 1800 s (sx) - Contour temperature 7200 s (dx)

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>	<b>COMMESSA</b> IF3A	<b>LOTTO</b> 02	<b>CODIFICA</b> E ZZ RH	<b>DOCUMENTO</b> GN0100 011	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 34 di 109

- Piedritto: sez. 1.70m esposta fuoco

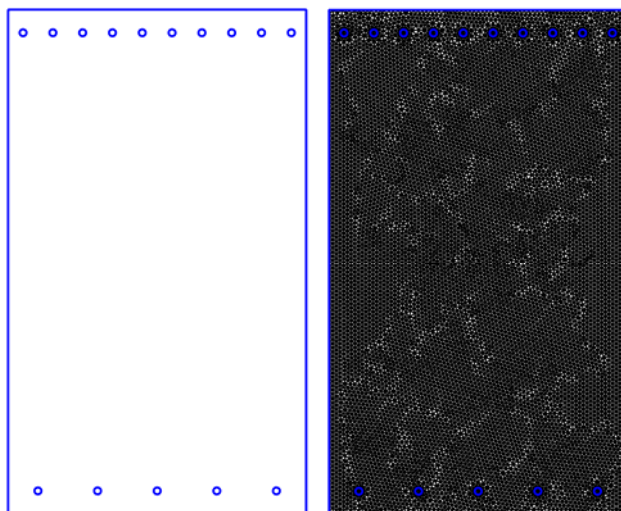


Figura 8-9. Modello geometrico (sx) – Mesh di calcolo (dx)

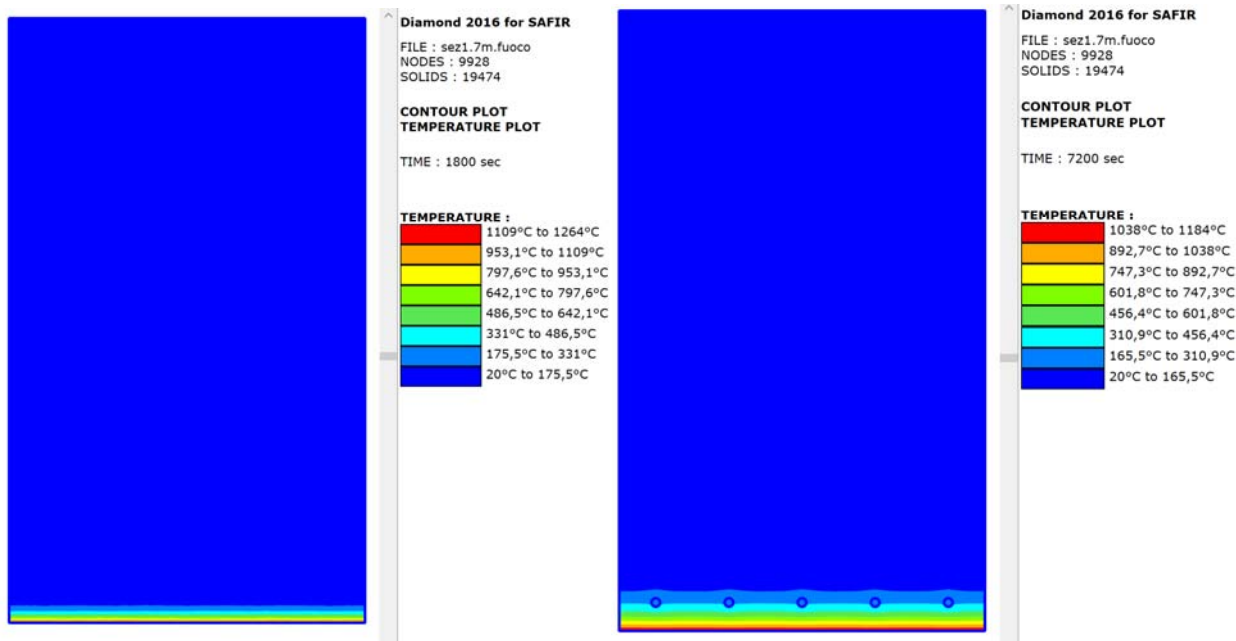


Figura 8-10. Contour temperature 1800 s (sx) - Contour temperature 7200 s (dx)









<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>	<b>COMMESSA</b> IF3A	<b>LOTTO</b> 02	<b>CODIFICA</b> E ZZ RH	<b>DOCUMENTO</b> GN0100 011	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 37 di 109

Vengono di seguito riportate le sezioni non esposte all'azione del fuoco.

- Piedritto-arco rovescio: sez. 1.7m non esposta fuoco

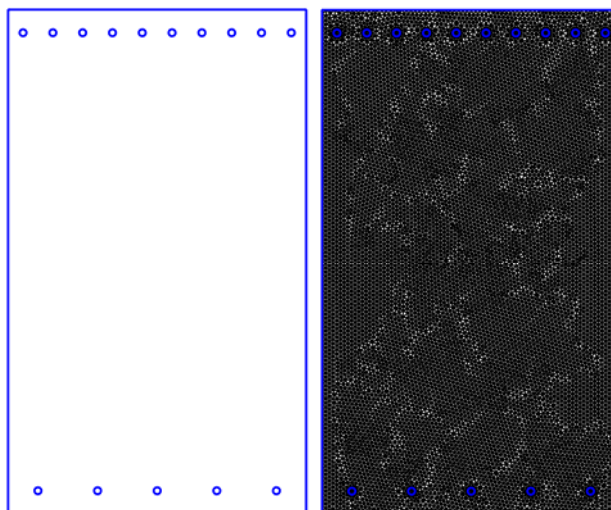


Figura 8-15. Modello geometrico (sx) – Mesh di calcolo (dx)

- Arco rovescio: sez. 1m non esposta fuoco

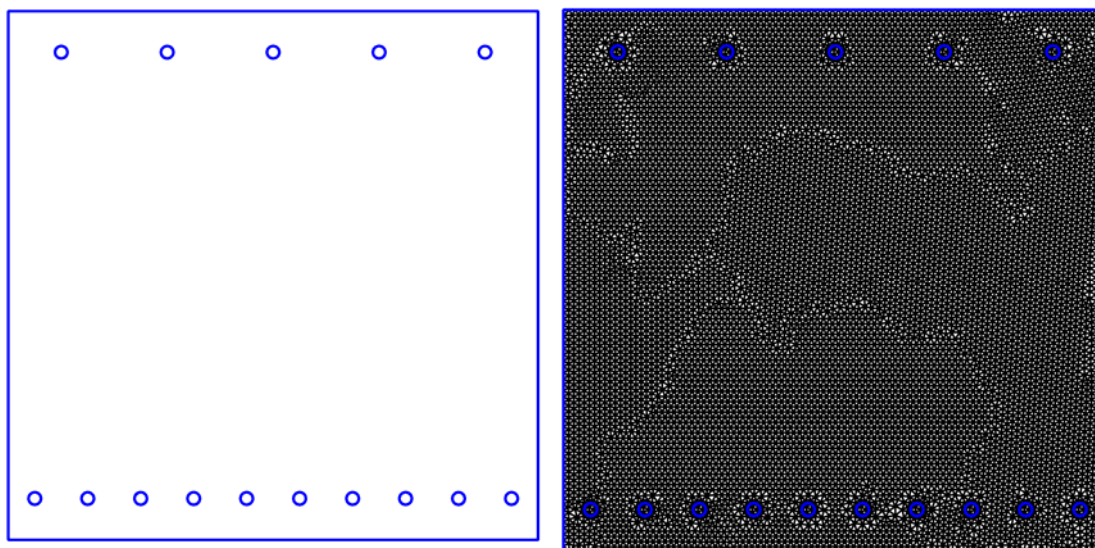
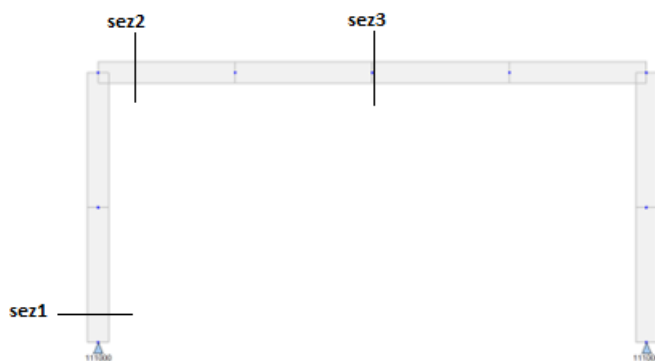


Figura 8-16. Modello geometrico (sx) – Mesh di calcolo (dx)

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>		IF3A	02	E ZZ RH	GN0100 011	A	38 di 109

## 8.2 TUNNEL TIPO 1



- sez.1 e sez.2, sp= 0.8m  
 Armatura = 10Ø24 superiori ; 5Ø20 inferiori

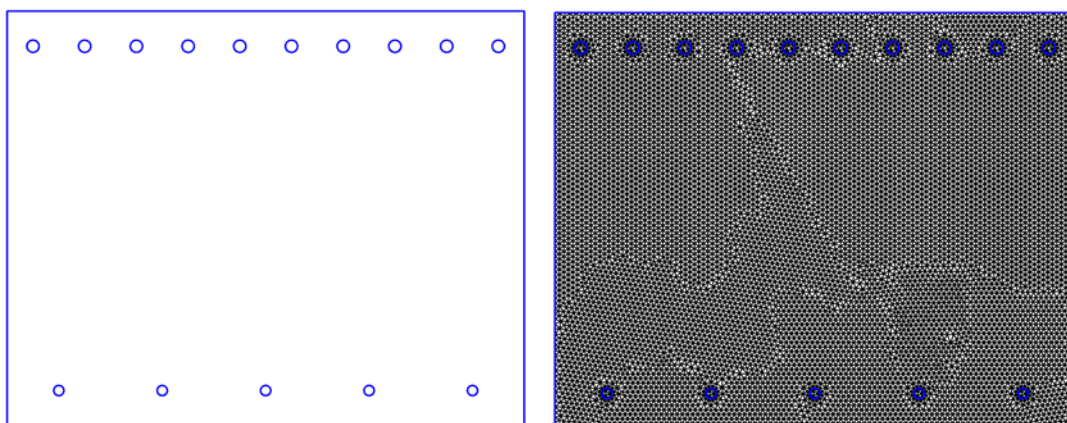


Figura 8-17. Modello geometrico (sx) – Mesh di calcolo (dx)

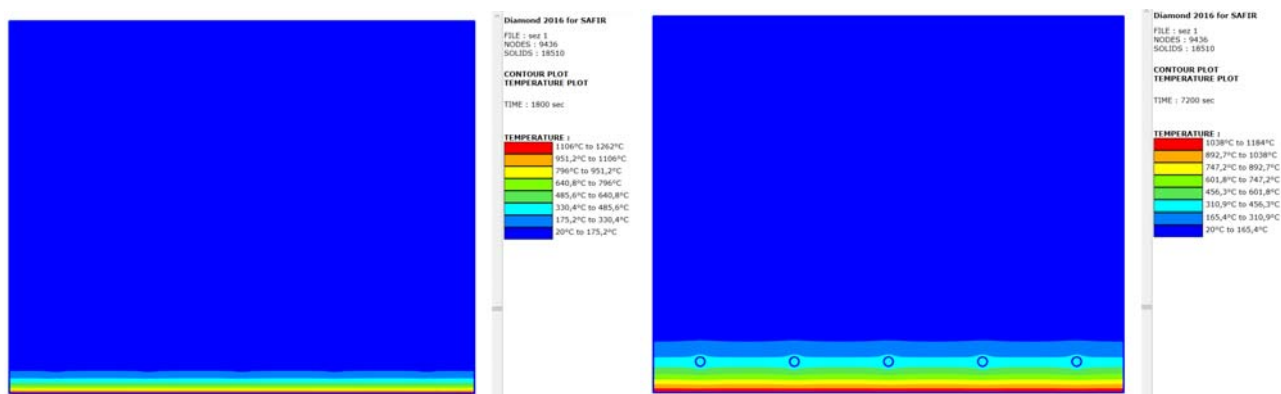


Figura 8-18. Contour temperature 1800 s (sx) - Contour temperature 7200 s (dx)

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>	<b>COMMESSA</b> IF3A	<b>LOTTO</b> 02	<b>CODIFICA</b> E ZZ RH	<b>DOCUMENTO</b> GN0100 011	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>FOGLIO</b> <b>39 di 109</b>

- Calotta: sez.3, sp= 0.8m  
Armatura = 10Ø24 superiori ; 5Ø20 + 5Ø16 inferiori

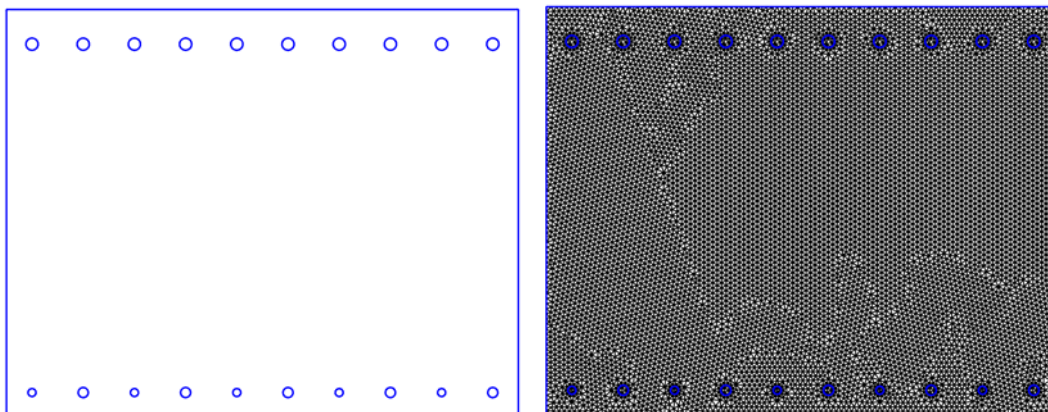


Figura 8-19. Modello geometrico (sx) – Mesh di calcolo (dx)

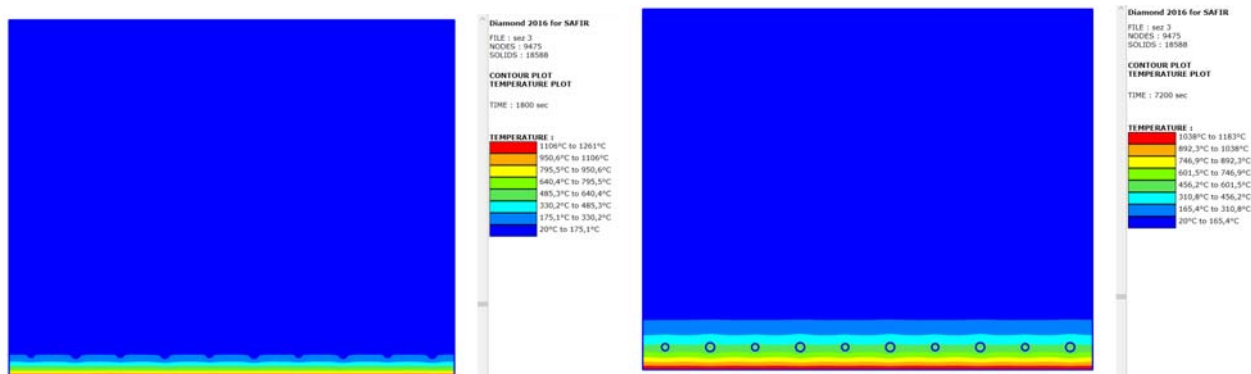


Figura 8-20. Contour temperature 1800 s (sx) - Contour temperature 7200 s (dx)

<b>APPALTATORE:</b> <u>Conorzio</u> <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>	<b>COMMESSA</b> IF3A	<b>LOTTO</b> 02	<b>CODIFICA</b> E ZZ RH	<b>DOCUMENTO</b> GN0100 011	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 40 di 109

### 8.3 TUNNEL TIPO 2

- Calotta: sez., sp= 0.5m  
Armatura = 10Ø24 + 5Ø20 superiori ; 5Ø20 inferiori  
(i 5Ø20 superiori aggiuntivi sono stati trascurati nella verifica di sezione integra seza spalling)

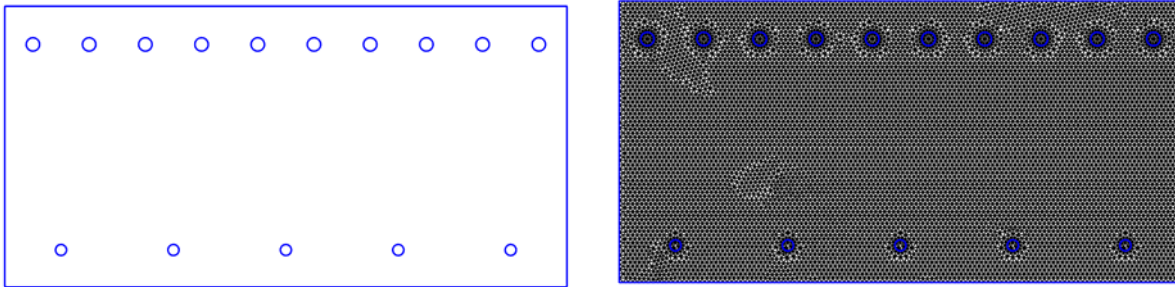


Figura 8-21. Modello geometrico (sx) – Mesh di calcolo (dx)

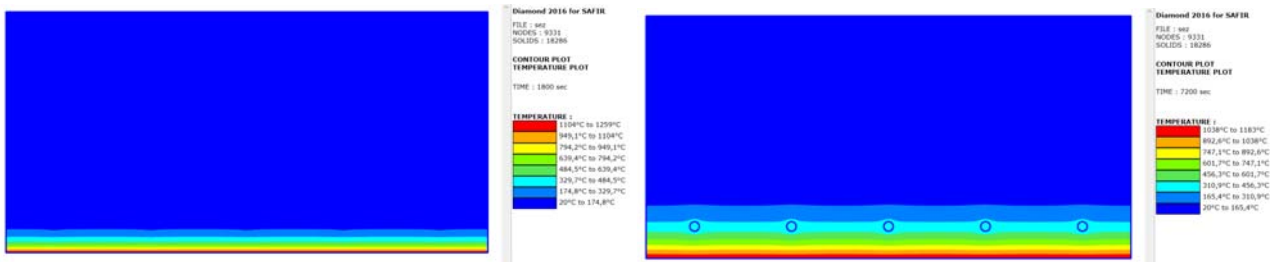


Figura 8-22. Contour temperature 1800 s (sx) - Contour temperature 7200 s (dx)













APPALTATORE:		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>				
Consortio	Soci					
ORSARA - BOVINO AV	WEBUILD ITALIA					
PROGETTAZIONE:						
Mandataria	Mandanti					
ROCKSOIL S.P.A	NET ENGINEERING	PINI				
	GCF	ELETTRI-FER				
	TUNNELCONSULT					
PROGETTO ESECUTIVO		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO		IF3A	02	E ZZ RH	GN0100 011	A
		FOGLIO				
		45 di 109				

### 9.1.3 Risultati al tempo t = 60 min

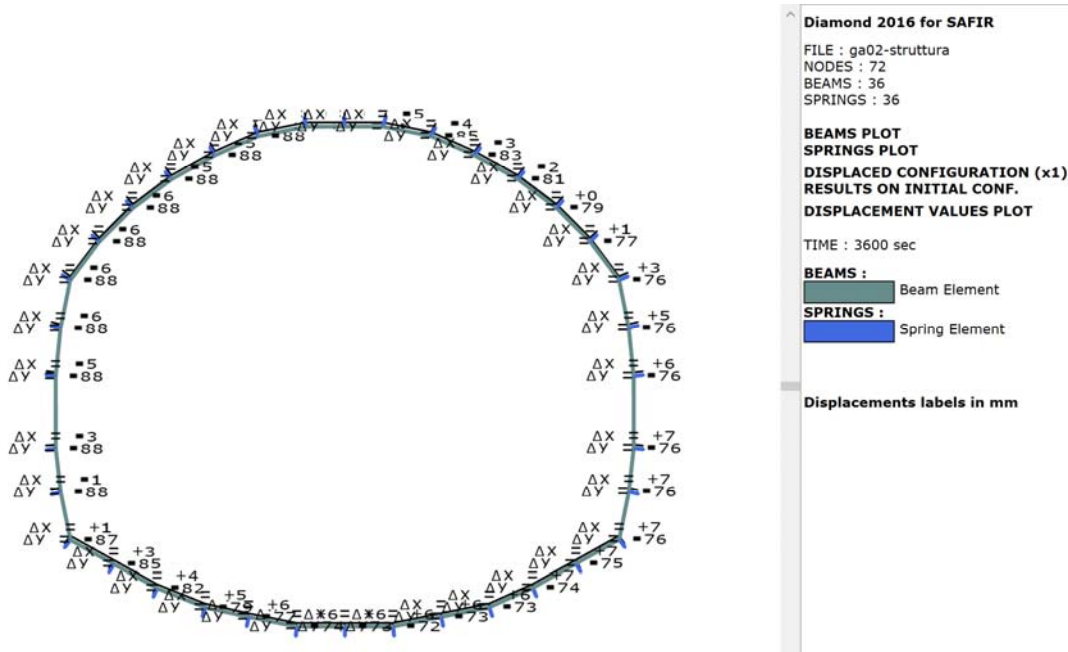


Figura 9-9. Configurazione deformata

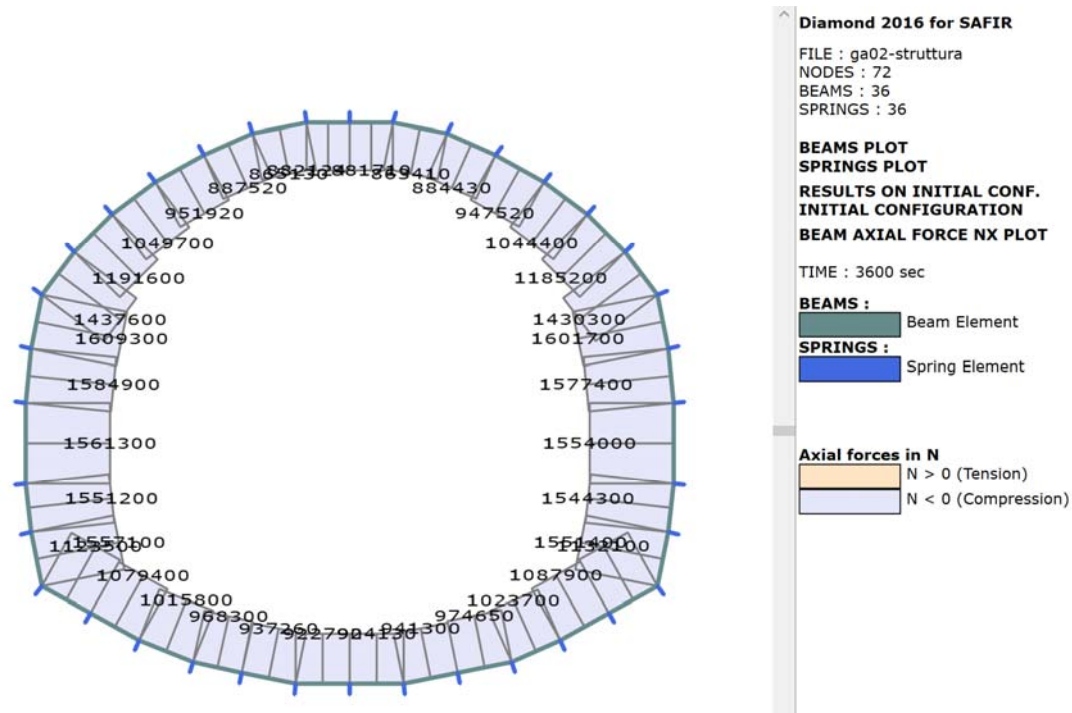


Figura 9-10. Sforzo normale agente

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>ORSARA - BOVINO AV    WEBUILD ITALIA                      PIZZAROTTI</b>		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING                      PINI</b> <b>GCF                      ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>							
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 011	REV. A	FOGLIO 46 di 109

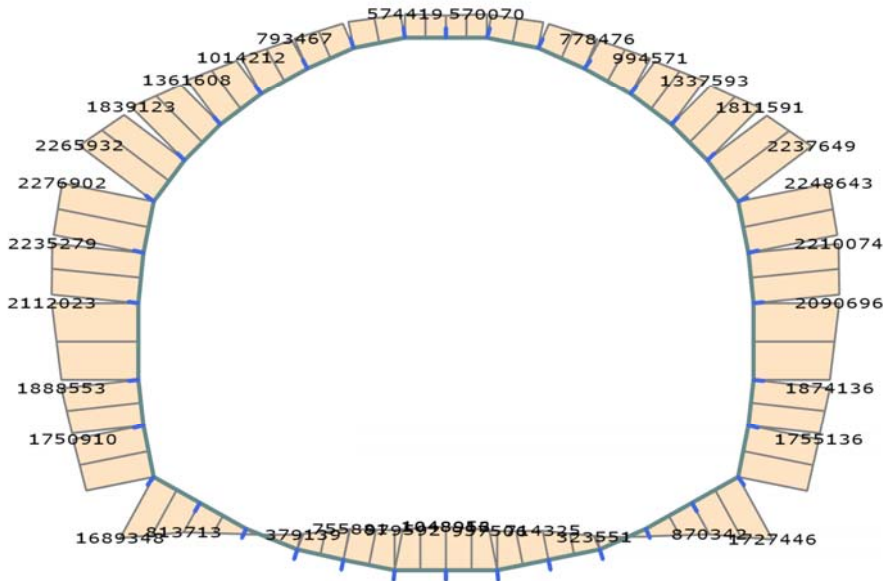




Figura 9-11. Momento flettente

**Diamond 2016 for SAFIR**

FILE : ga02-struttura  
 NODES : 72  
 BEAMS : 36  
 SPRINGS : 36

**BEAMS PLOT**  
**SPRINGS PLOT**  
**RESULTS ON INITIAL CONF.**  
**INITIAL CONFIGURATION**  
**BENDING MOMENT MZ PLOT**

TIME : 3600 sec

**BEAMS :**  
 Beam Element  
**SPRINGS :**  
 Spring Element

**Bending moments in N.m**

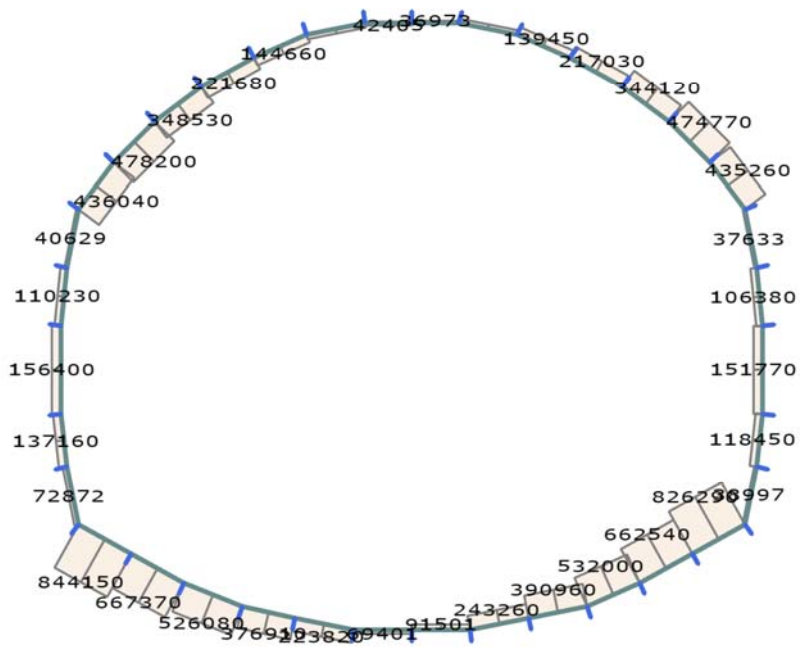




Figura 9-12. Sforzo di taglio

**Diamond 2016 for SAFIR**

FILE : ga02-struttura  
 NODES : 72  
 BEAMS : 36  
 SPRINGS : 36

**BEAMS PLOT**  
**SPRINGS PLOT**  
**RESULTS ON INITIAL CONF.**  
**INITIAL CONFIGURATION**  
**SHEAR FORCE VZ PLOT**

TIME : 3600 sec

**BEAMS :**  
 Beam Element  
**SPRINGS :**  
 Spring Element

**Shear forces in N**

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>						
PROGETTO ESECUTIVO <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 011	REV. A	FOGLIO 47 di 109

### 9.1.4 Risultati al tempo $t = 90$ min

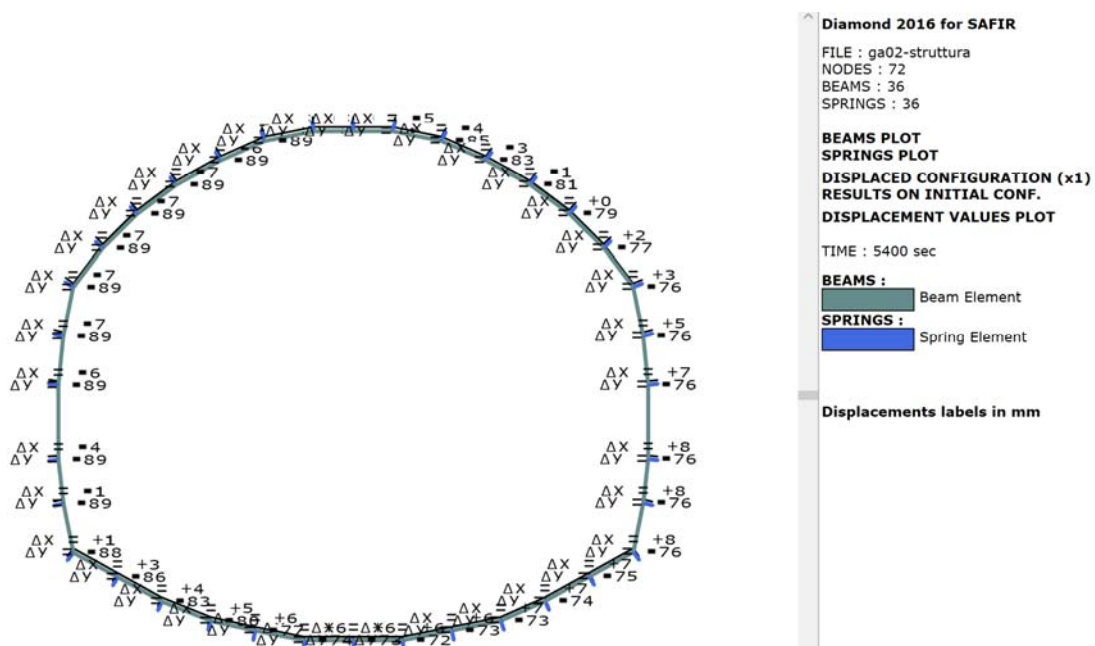


Figura 9-13. Configurazione deformata

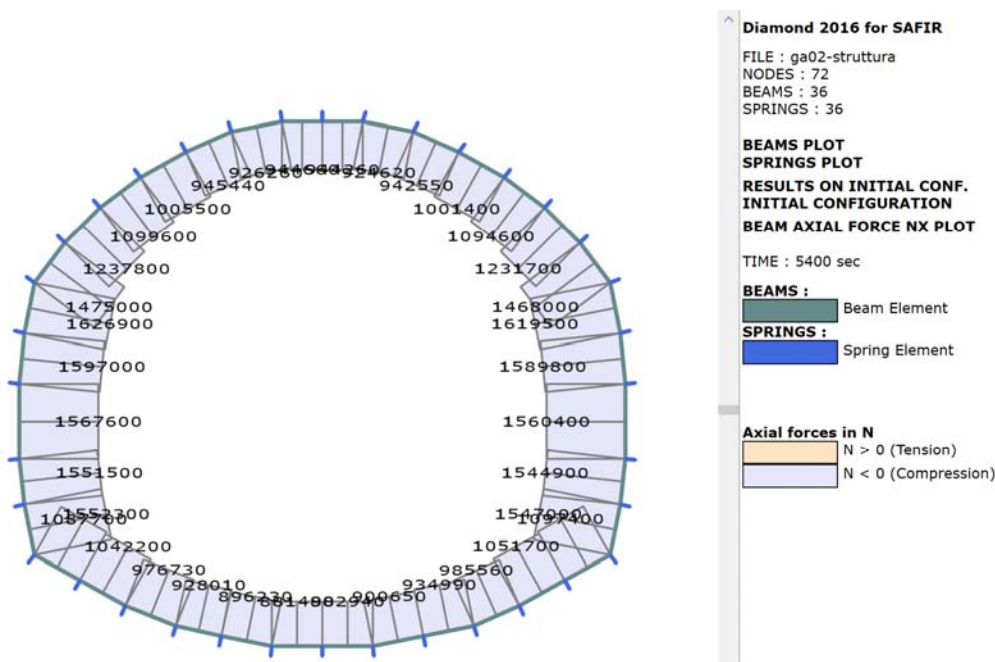


Figura 9-14. Sforzo normale agente

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>							
PROGETTO ESECUTIVO <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
		IF3A	02	E ZZ RH	GN0100 011	A	48 di 109

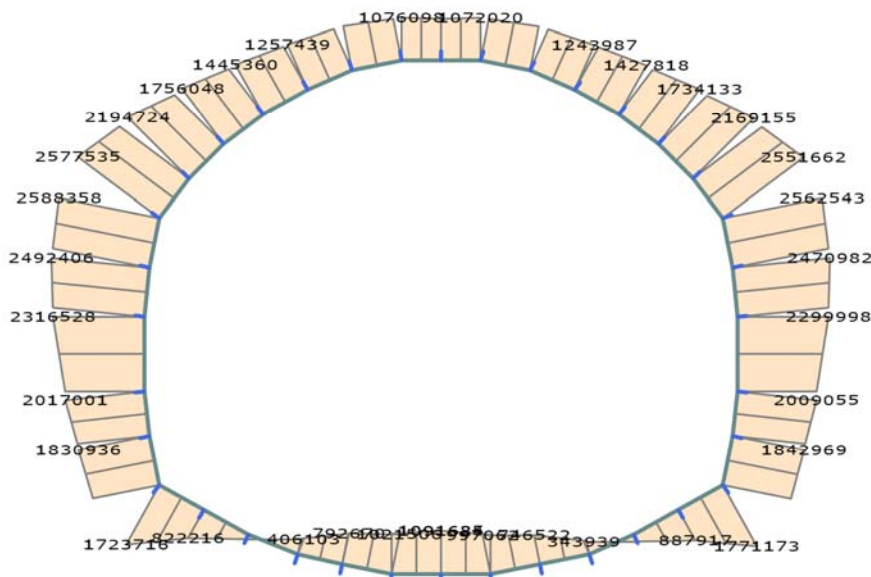


Figura 9-15. Momento flettente

**Diamond 2016 for SAFIR**  
FILE : ga02-struttura  
NODES : 72  
BEAMS : 36  
SPRINGS : 36

**BEAMS PLOT**  
**SPRINGS PLOT**  
**RESULTS ON INITIAL CONF.**  
**INITIAL CONFIGURATION**  
**BENDING MOMENT MZ PLOT**

TIME : 5400 sec

**BEAMS :**  
 Beam Element

**SPRINGS :**  
 Spring Element

**Bending moments in N.m**

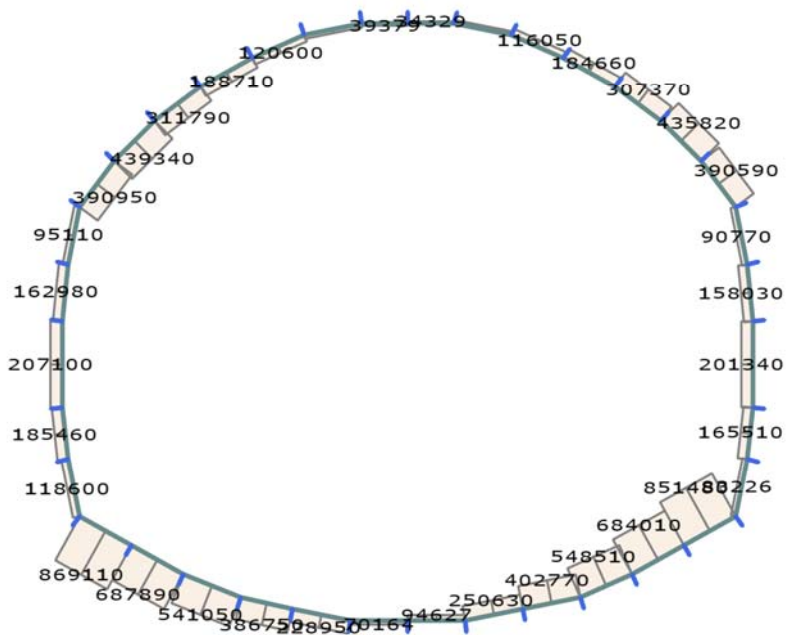


Figura 9-16. Sforzo di taglio

**Diamond 2016 for SAFIR**  
FILE : ga02-struttura  
NODES : 72  
BEAMS : 36  
SPRINGS : 36

**BEAMS PLOT**  
**SPRINGS PLOT**  
**RESULTS ON INITIAL CONF.**  
**INITIAL CONFIGURATION**  
**SHEAR FORCE VZ PLOT**

TIME : 5400 sec

**BEAMS :**  
 Beam Element

**SPRINGS :**  
 Spring Element

**Shear forces in N**



<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>	<b>COMMESSA</b> IF3A	<b>LOTTO</b> 02	<b>CODIFICA</b> E ZZ RH	<b>DOCUMENTO</b> GN0100 011	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 49 di 109

### 9.1.5 Risultati al tempo $t = 120$ min

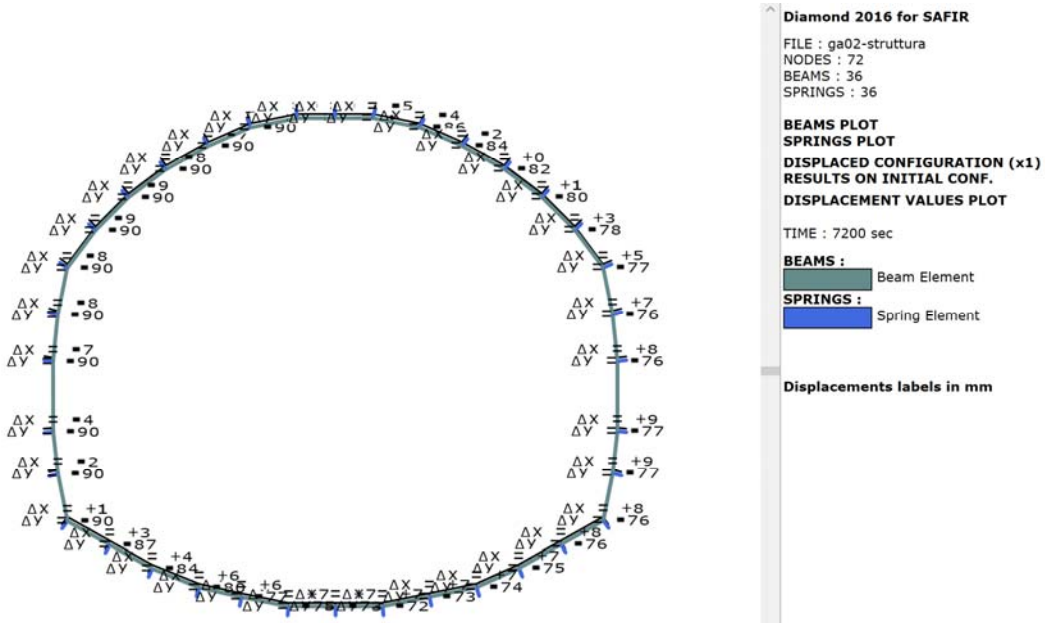


Figura 9-17. Configurazione deformata

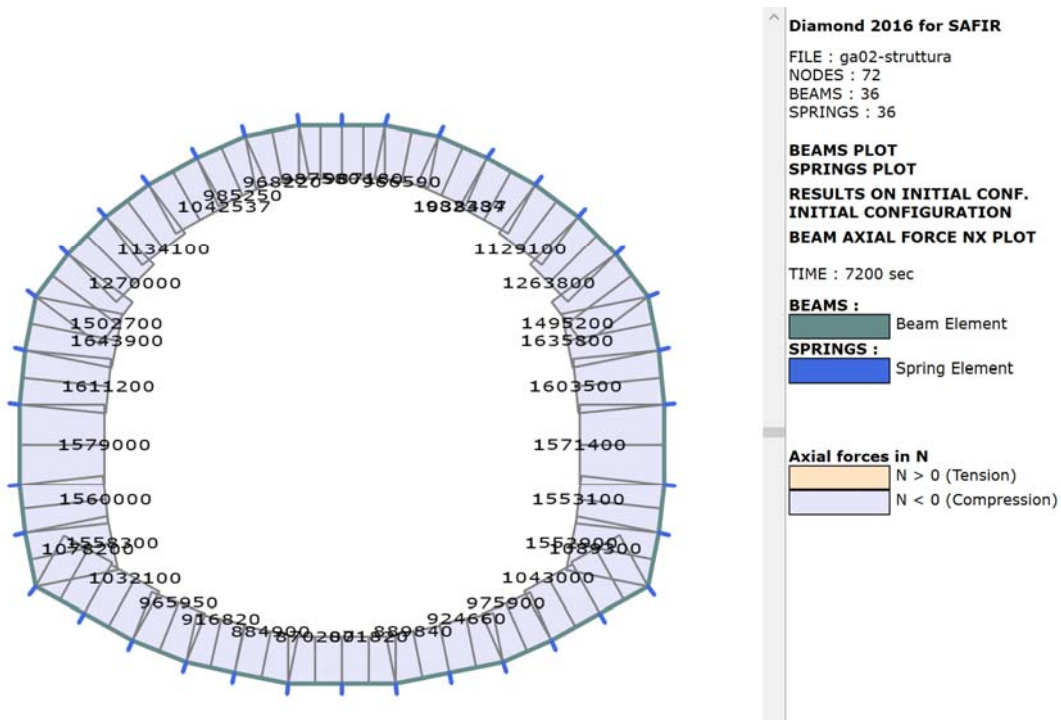
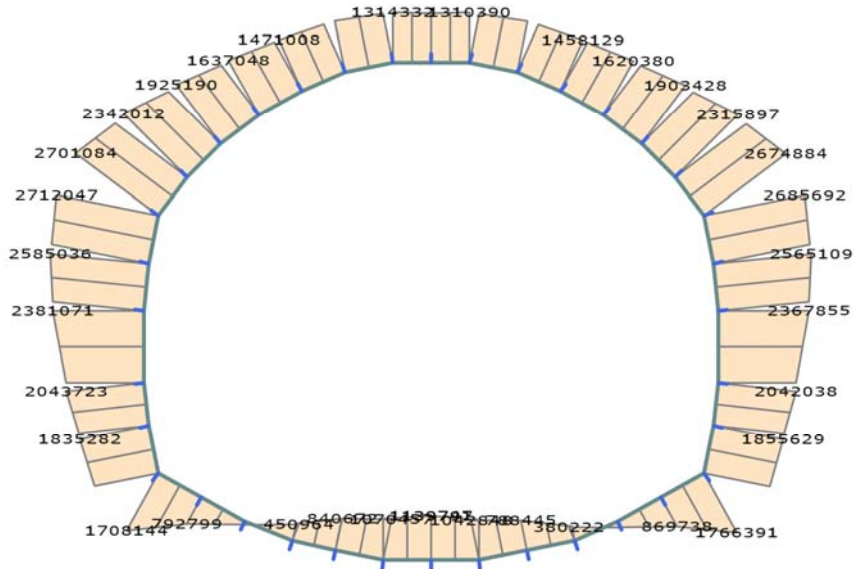


Figura 9-18. Sforzo normale agente

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio Soci <b>ORSARA - BOVINO AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI</b>		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI</b> <b>GCF ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>							
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 011	REV. A	FOGLIO 50 di 109



**Diamond 2016 for SAFIR**  
 FILE : ga02-struttura  
 NODES : 72  
 BEAMS : 36  
 SPRINGS : 36

**BEAMS PLOT**  
**SPRINGS PLOT**  
**RESULTS ON INITIAL CONF.**  
**INITIAL CONFIGURATION**  
**BENDING MOMENT MZ PLOT**

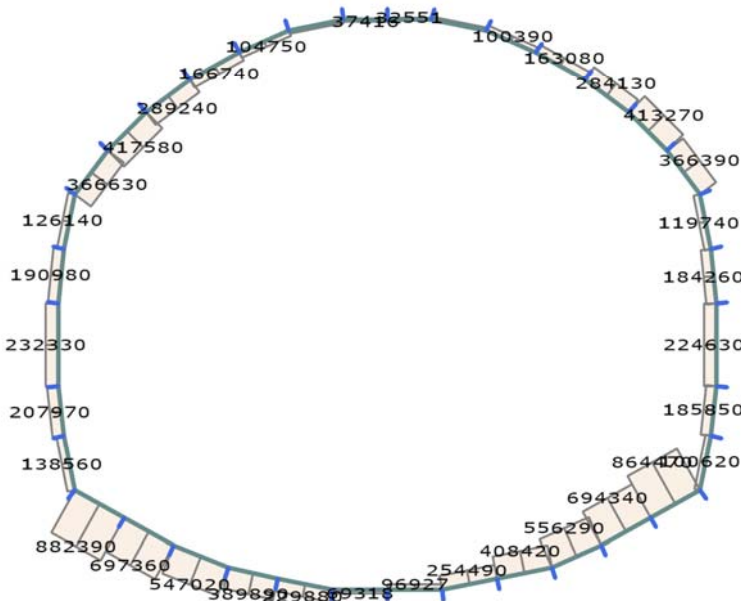
TIME : 7200 sec

**BEAMS :**  
 Beam Element

**SPRINGS :**  
 Spring Element

**Bending moments in N.m**

Figura 9-19. Momento flettente



**Diamond 2016 for SAFIR**  
 FILE : ga02-struttura  
 NODES : 72  
 BEAMS : 36  
 SPRINGS : 36

**BEAMS PLOT**  
**SPRINGS PLOT**  
**RESULTS ON INITIAL CONF.**  
**INITIAL CONFIGURATION**  
**Shear Force VZ PLOT**

TIME : 7200 sec

**BEAMS :**  
 Beam Element

**SPRINGS :**  
 Spring Element

**Shear forces in N**

Figura 9-20. Sforzo di taglio

APPALTATORE: Consorzio Soci ORSARA - BOVINO AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>				
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER TUNNELCONSULT						
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO						
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	
IF3A	02	E ZZ RH	GN0100 011	A	51 di 109	

## 9.2 TUNNEL TIPO 1

### 9.2.1 Risultati al tempo $t = 0-60\text{sec}$

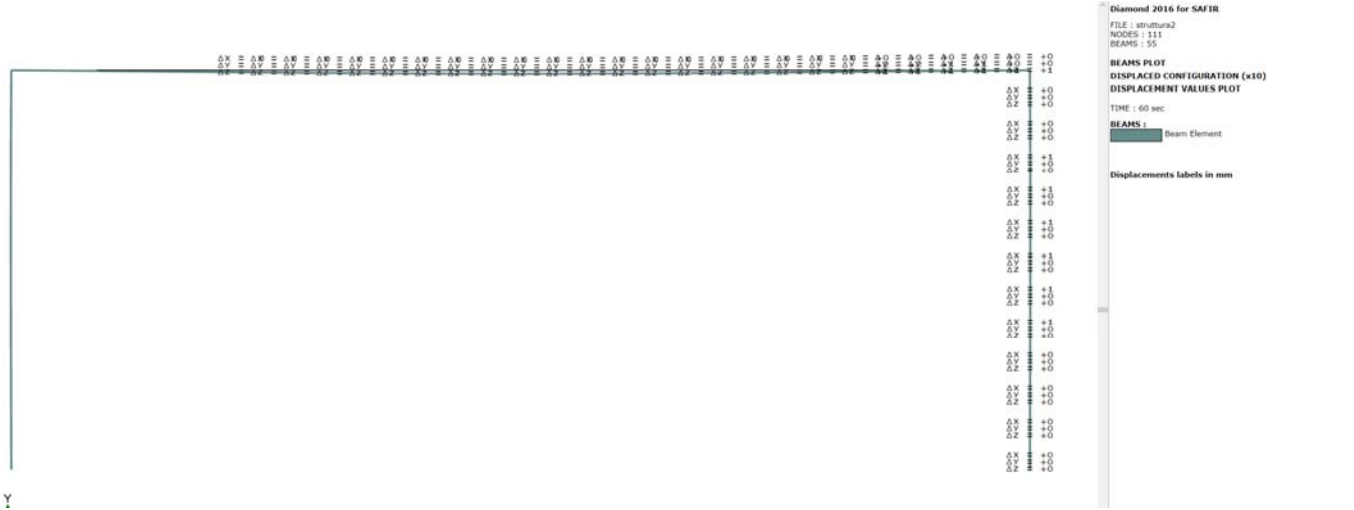


Figura 9-21. Configurazione deformata



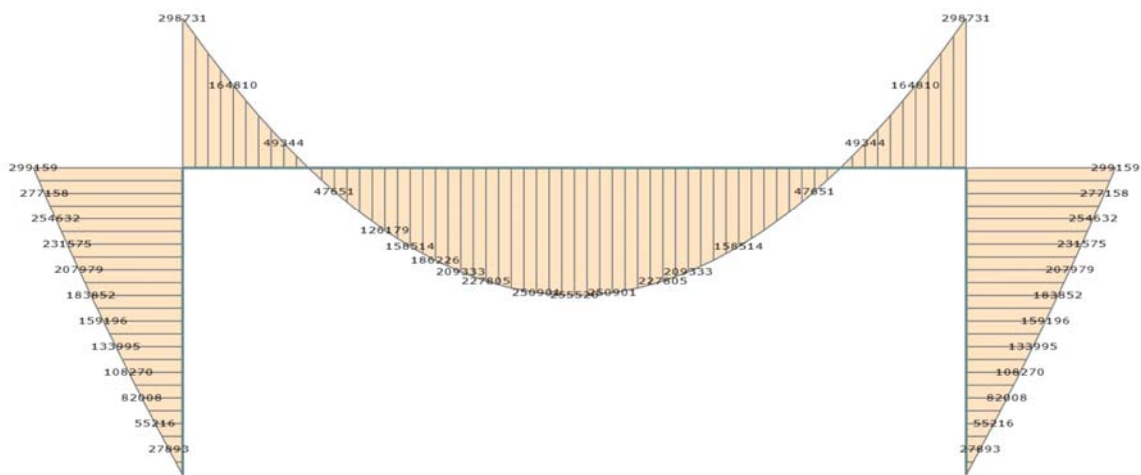
Figura 9-22. Sforzo normale agente

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>												
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>													
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF3A</td> <td>02</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GN0100 011</td> <td>A</td> <td>52 di 109</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF3A	02	E ZZ RH	GN0100 011	A	52 di 109
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF3A	02	E ZZ RH	GN0100 011	A	52 di 109								



Diamond 2016 for SAFIR  
FILE : struttura2  
NODES : 111  
BEAMS : 55  
**BEAMS PLOT**  
**SHEAR FORCE VZ PLOT**  
TIME : 60 sec  
**BEAMS :**  
 Beam Element  
  
Shear forces in N

Figura 9-23. Sforzo di taglio



Diamond 2016 for SAFIR  
FILE : struttura2  
NODES : 111  
BEAMS : 55  
**BEAMS PLOT**  
**BENDING MOMENT MZ PLOT**  
TIME : 60 sec  
**BEAMS :**  
 Beam Element  
  
Bending moments in N.m

Figura 9-24. Momento flettente



<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 011	REV. A	FOGLIO 53 di 109

## 9.2.2 Risultati al tempo t = 30 min

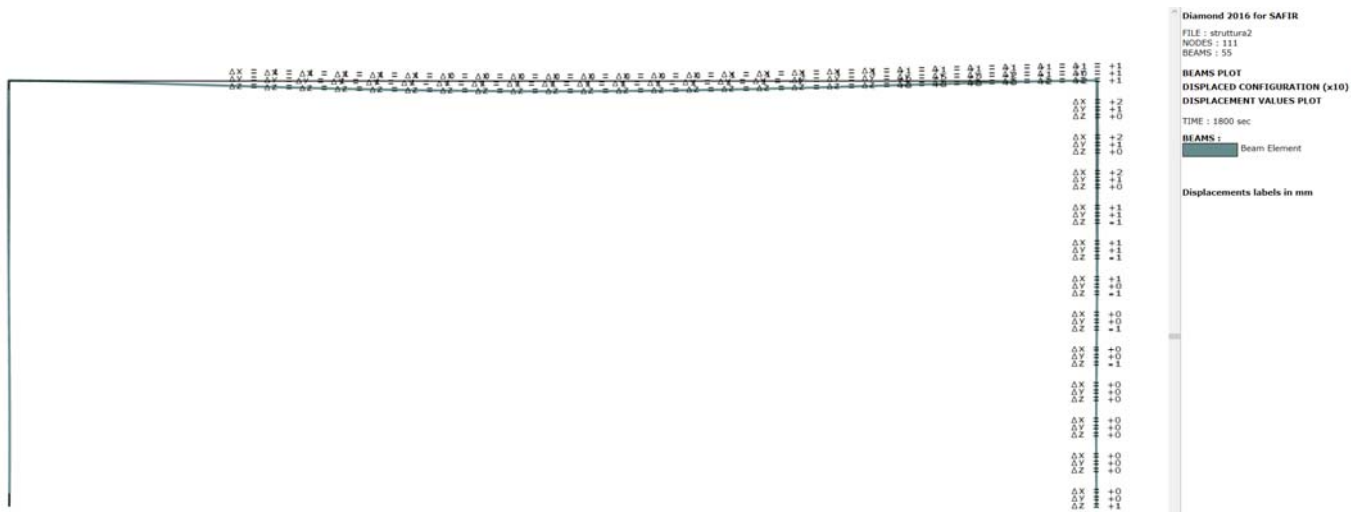


Figura 9-25. Configurazione deformata



Figura 9-26. Sforzo normale agente

APPALTATORE: Consorzio Soci ORSARA - BOVINO AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER TUNNELCONSULT							
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
		IF3A	02	E ZZ RH	GN0100 011	A	54 di 109



Figura 9-27. Sforzo di taglio

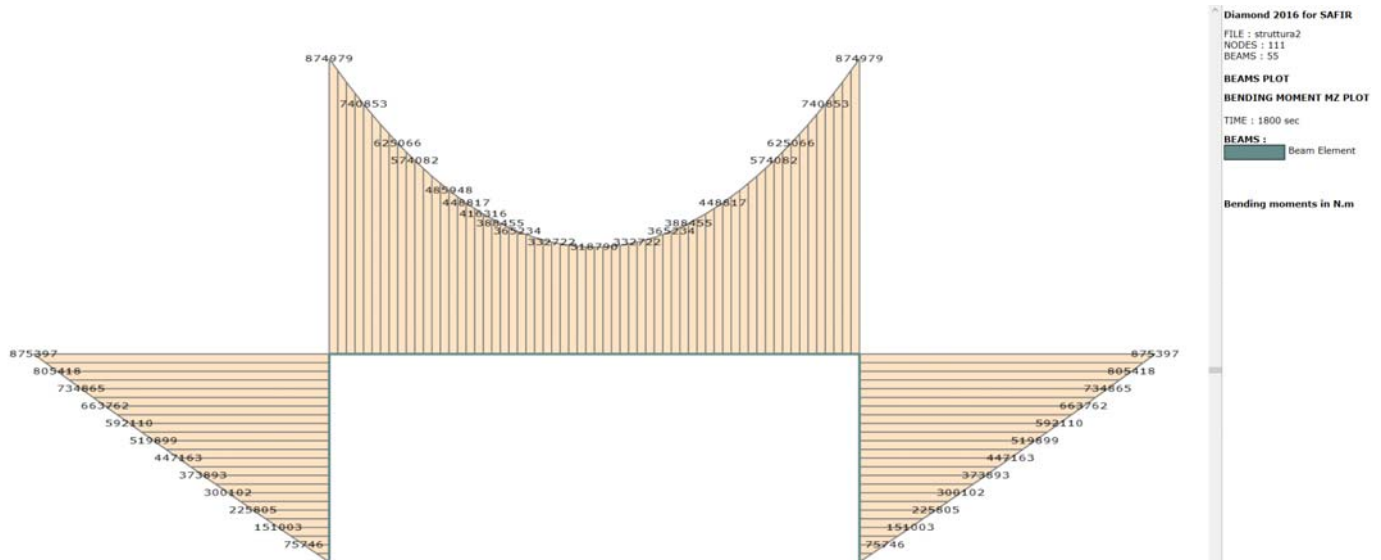


Figura 9-28. Momento flettente

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>	<b>COMMESSA</b> IF3A	<b>LOTTO</b> 02	<b>CODIFICA</b> E ZZ RH	<b>DOCUMENTO</b> GN0100 011	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 55 di 109

### 9.2.3 Risultati al tempo t = 60 min

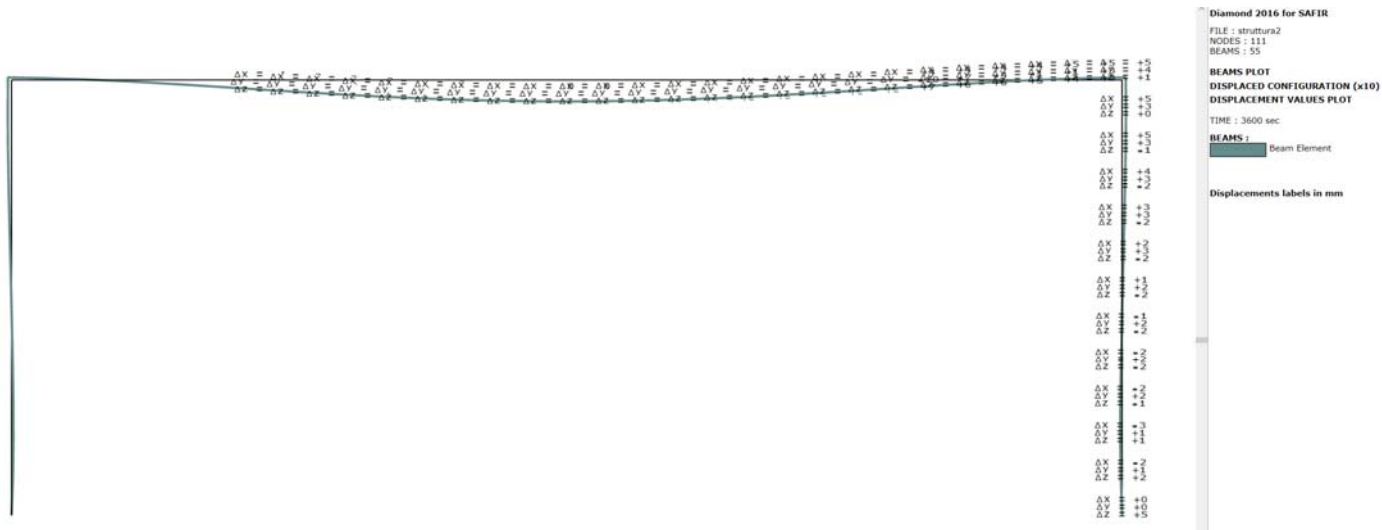


Figura 9-29. Configurazione deformata

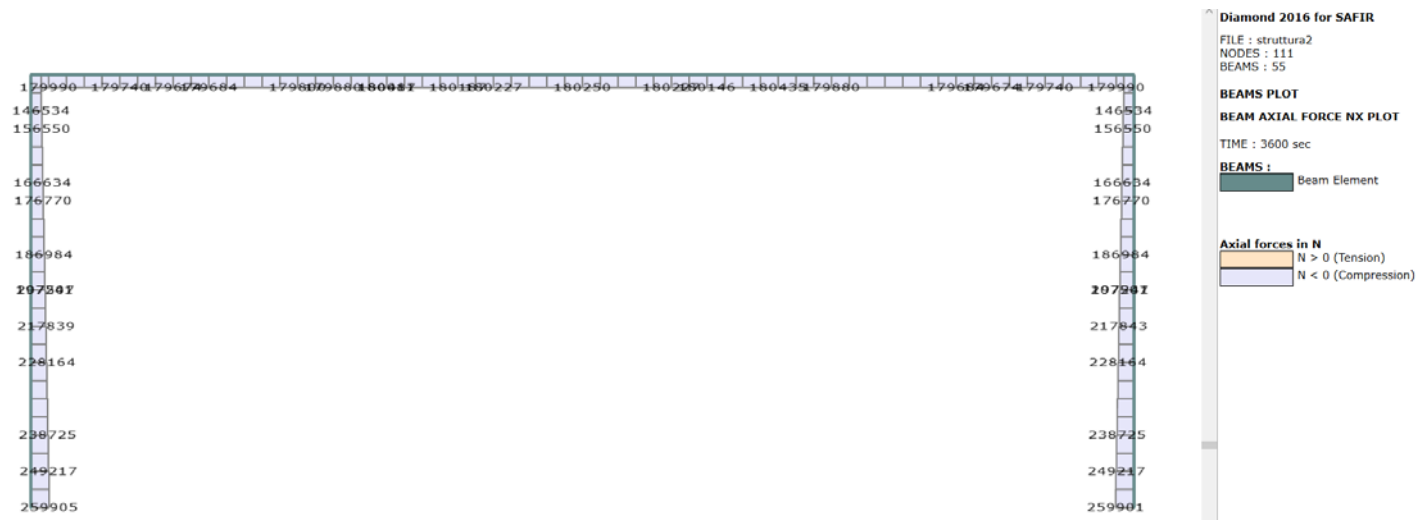


Figura 9-30. Sforzo normale agente



<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>							
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>							COMMESSA IF3A

### 9.2.4 Risultati al tempo t = 90 min

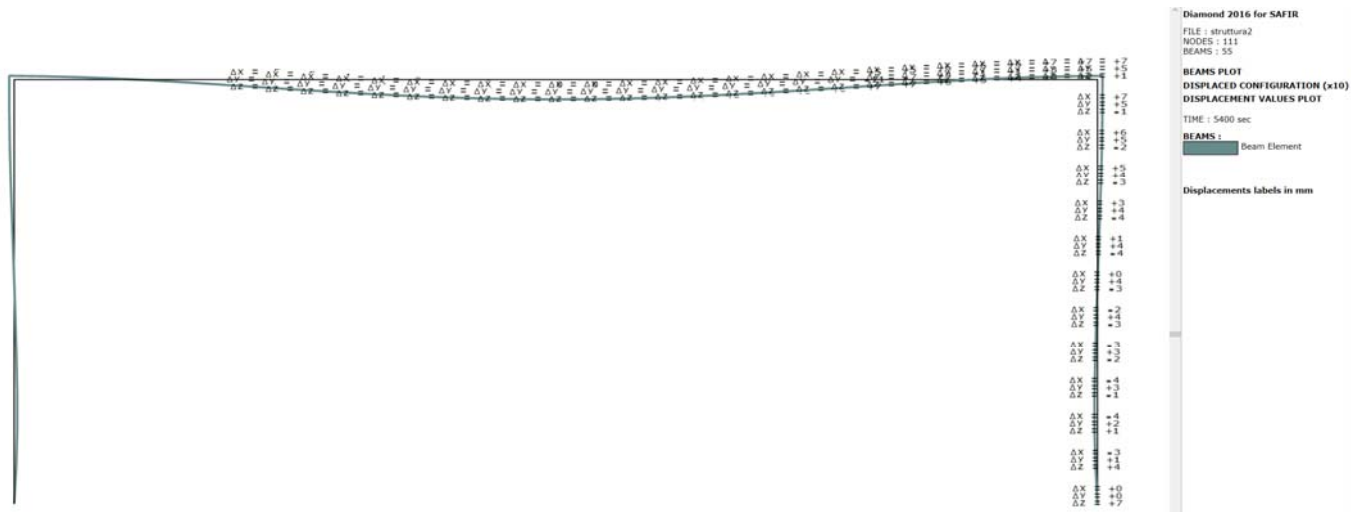


Figura 9-33. Configurazione deformata



Figura 9-34. Sforzo normale agente



APPALTATORE: <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV    WEBUILD ITALIA    PIZZAROTTI</b>		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>				
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <b>ROCKSOIL S.P.A    NET ENGINEERING    PINI</b> <b>GCF    ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>						
PROGETTO ESECUTIVO <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>						
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	
IF3A	02	E ZZ RH	GN0100 011	A	59 di 109	

### 9.2.5 Risultati al tempo t = 120 min

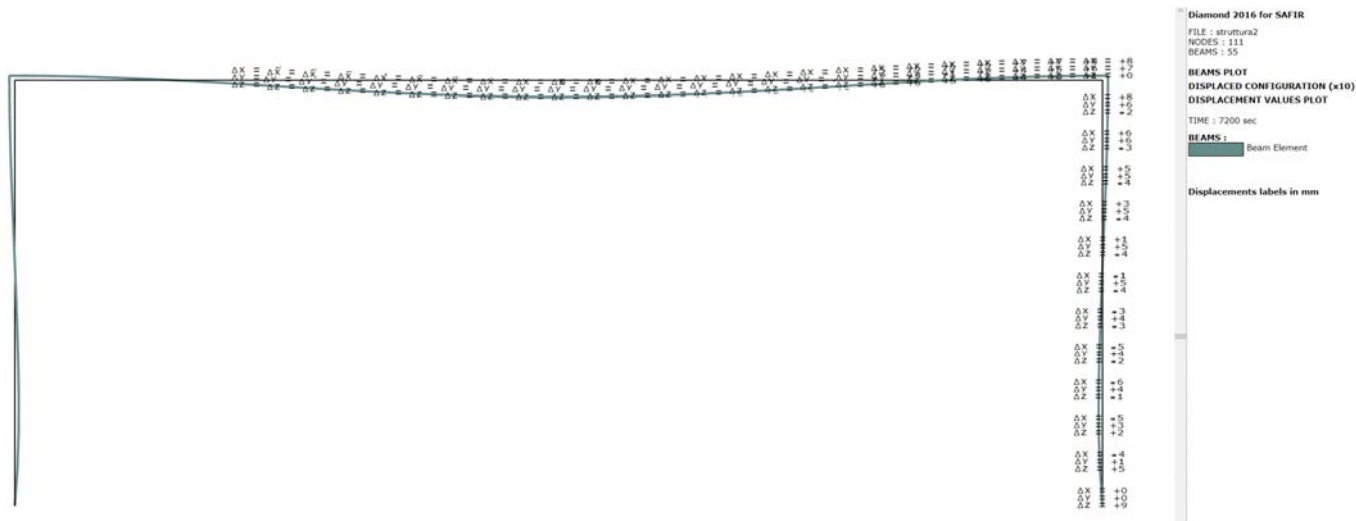


Figura 9-37. Configurazione deformata

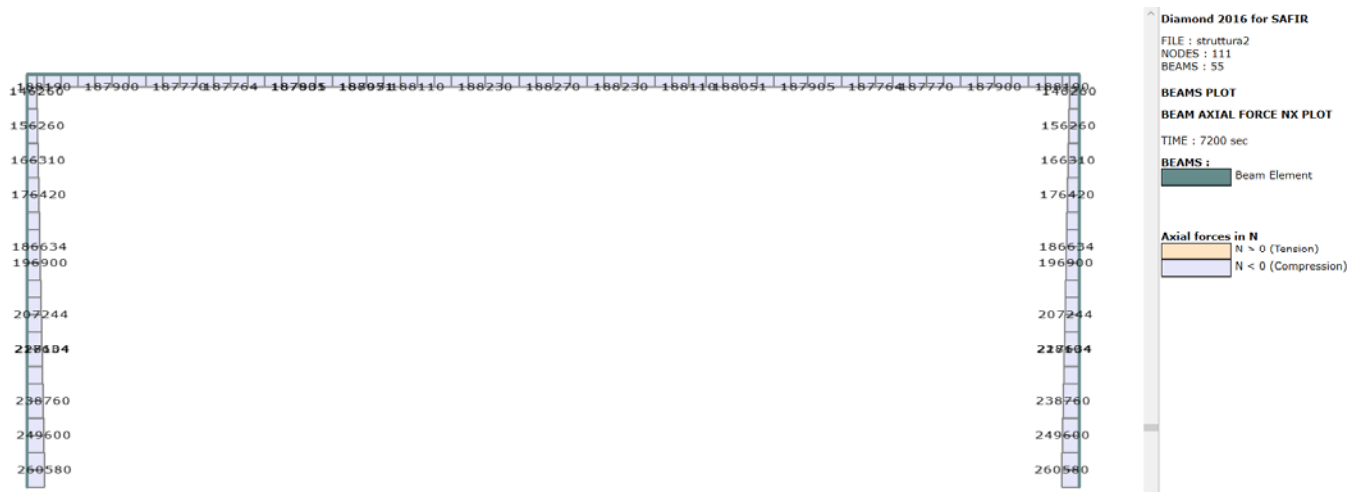


Figura 9-38. Sforzo normale agente

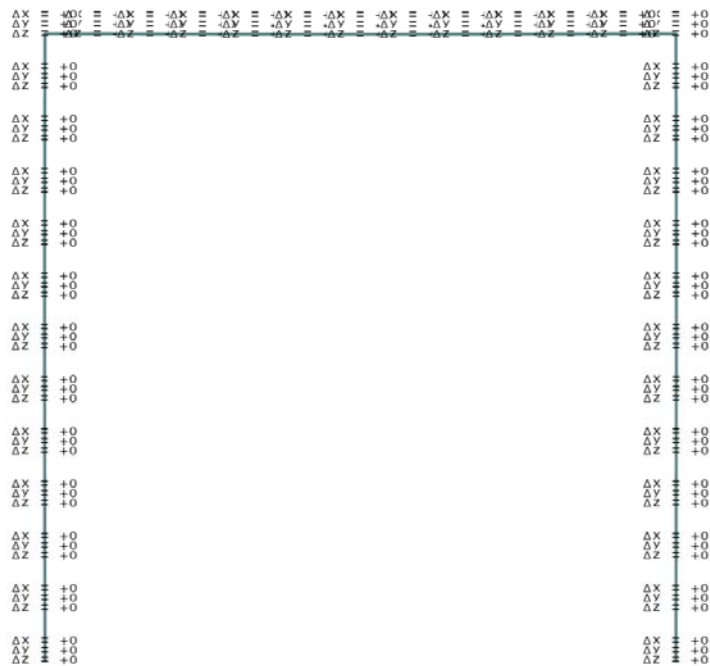




<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                                  Soci <b>ORSARA - BOVINO AV      WEBUILD ITALIA                          PIZZAROTTI</b>			<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                                  Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A                          NET ENGINEERING                          PINI</b> <b>GCF                                                  ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>								
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>							COMMESSA IF3A	LOTTO 02

**9.3 TUNNEL TIPO 2**

**9.3.1 Risultati al tempo t = 0-60sec**

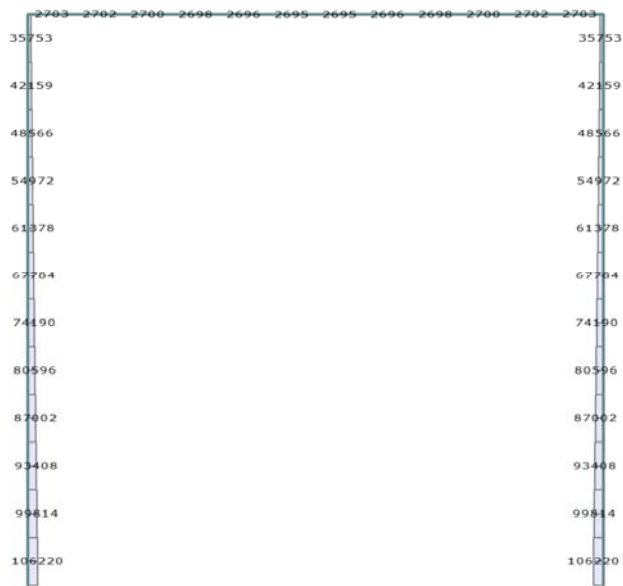


```

Diamond 2016 for SAFIR
FILE : portaleL6.2
NODES : 73
BEAMS : 36
BEAMS PLOT
DISPLACED CONFIGURATION (x10)
DISPLACEMENT VALUES PLOT
BEAMS :
[ ] Beam Element
Displacements labels in mm

```

**Figura 9-41. Configurazione deformata**



```

Diamond 2016 for SAFIR
FILE : portaleL6.2
NODES : 73
BEAMS : 36
BEAMS PLOT
RESULTS ON DISPLACED CONF.
BEAM AXIAL FORCE NX PLOT
TIME : 60 sec
BEAMS :
[ ] Beam Element
Axial forces in N
[ ] N > 0 (Tension)
[ ] N < 0 (Compression)

```

**Figura 9-42. Sforzo normale agente**

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>	<b>COMMESSA</b> IF3A	<b>LOTTO</b> 02	<b>CODIFICA</b> E ZZ RH	<b>DOCUMENTO</b> GN0100 011	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 62 di 109

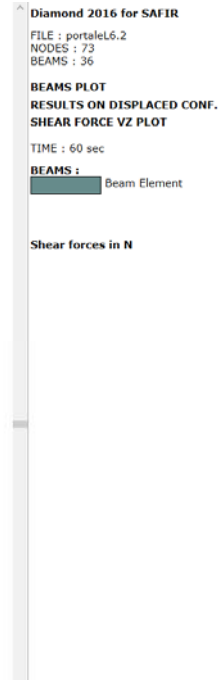
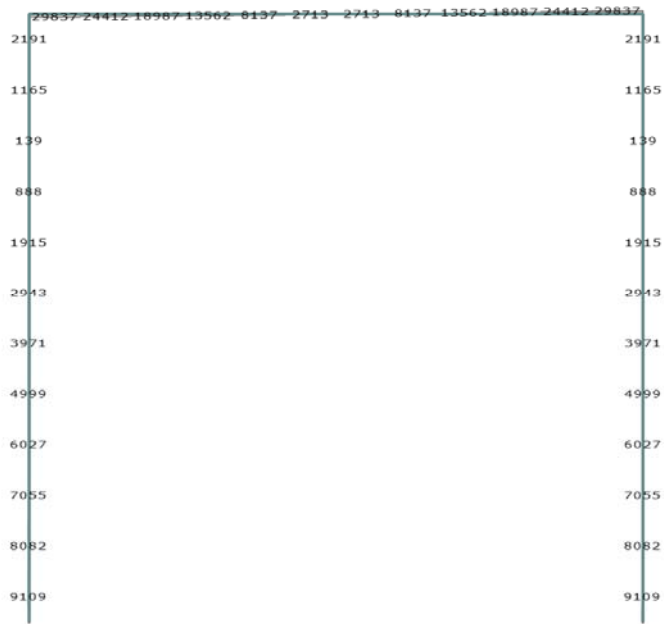


Figura 9-43. Sforzo di taglio

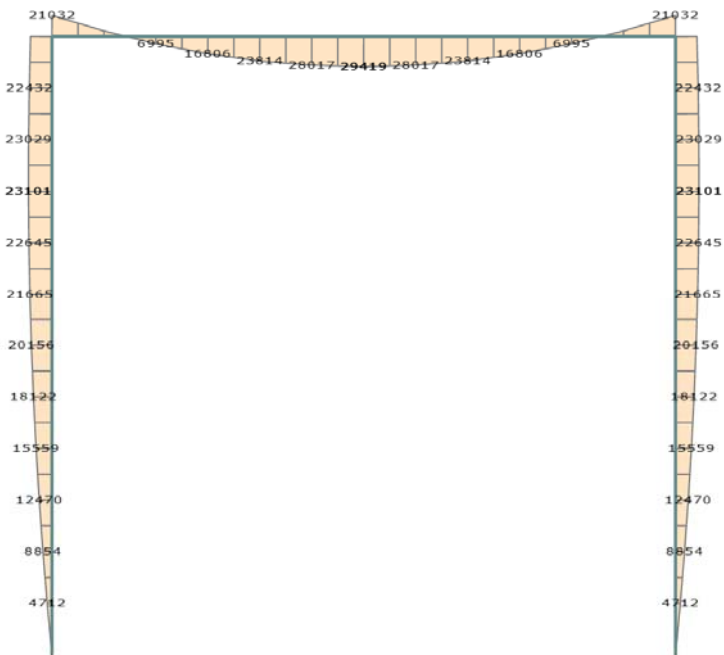


Figura 9-44. Momento flettente





<b>APPALTATORE:</b> Consorzio Soci <b>ORSARA - BOVINO AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>																	
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI</b> <b>GCF ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF3A</td> <td>02</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GN0100 011</td> <td>A</td> <td>65 di 109</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF3A	02	E ZZ RH	GN0100 011	A	65 di 109
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF3A	02	E ZZ RH	GN0100 011	A	65 di 109													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>																		

### 9.3.3 Risultati al tempo t = 60 min

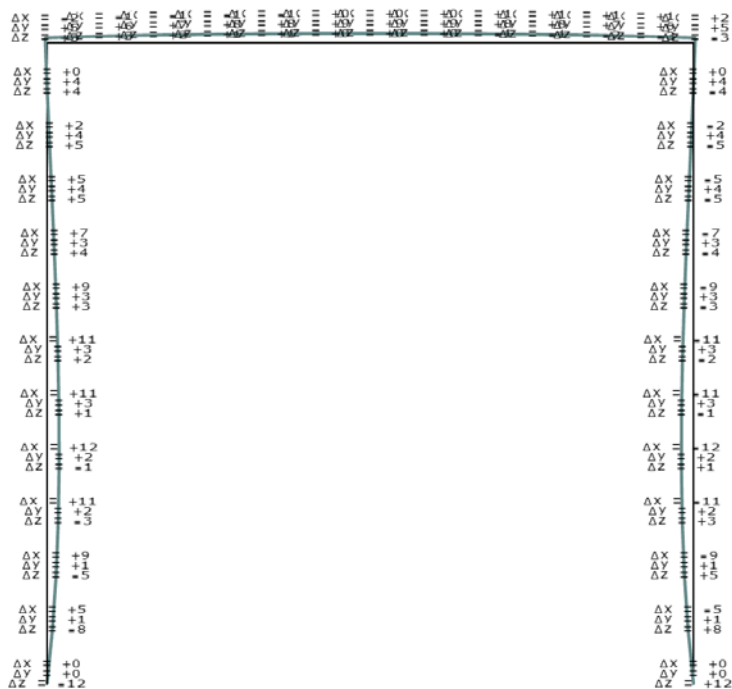


Figura 9-49. Configurazione deformata

Diamond 2016 for SAFIR  
 FILE : portale6.2  
 NODES : 73  
 BEAMS : 36  
**BEAMS PLOT**  
**DISPLACED CONFIGURATION (x10)**  
**DISPLACEMENT VALUES PLOT**  
 TIME : 3600 sec  
**BEAMS :**  
 Beam Element  
 Displacements labels in mm

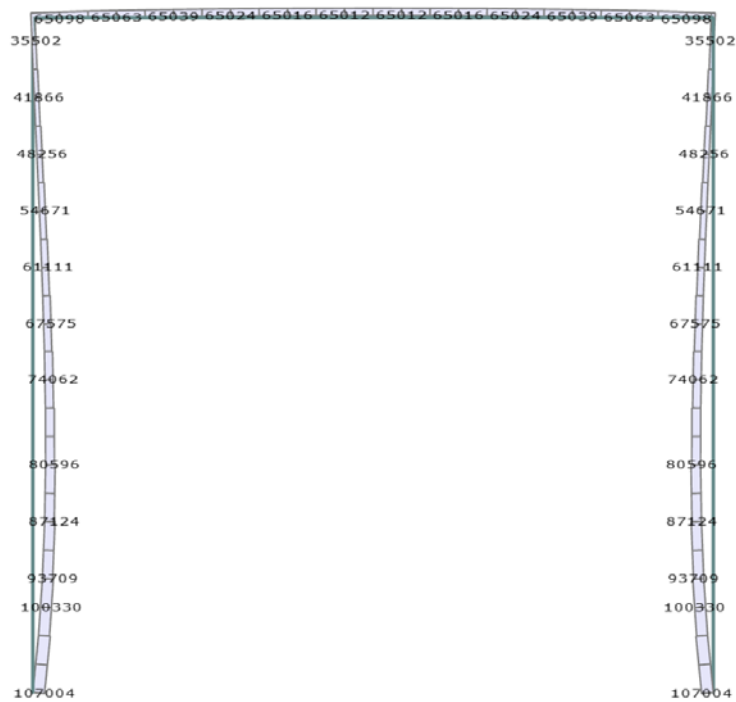
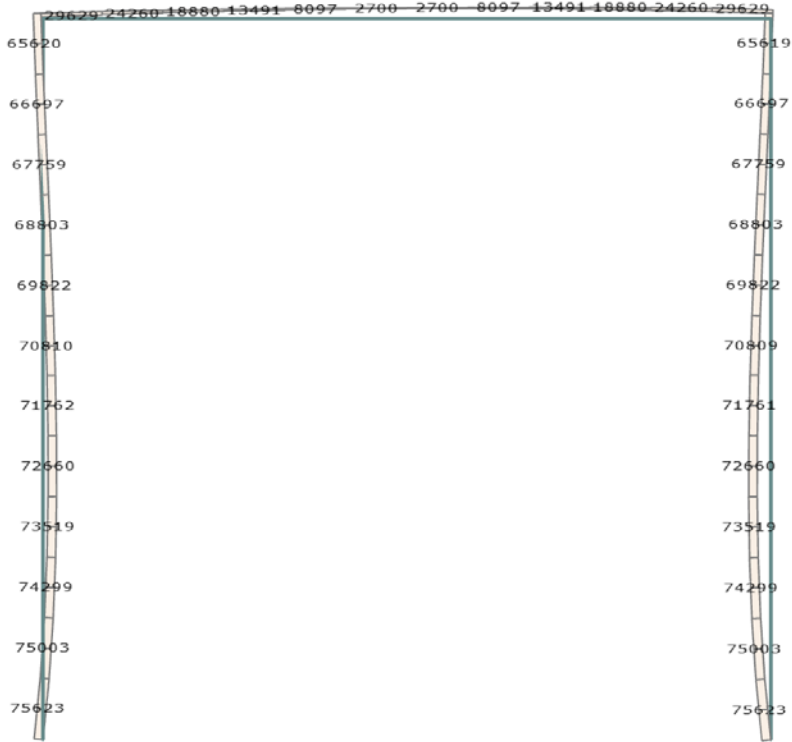


Figura 9-50. Sforzo normale agente

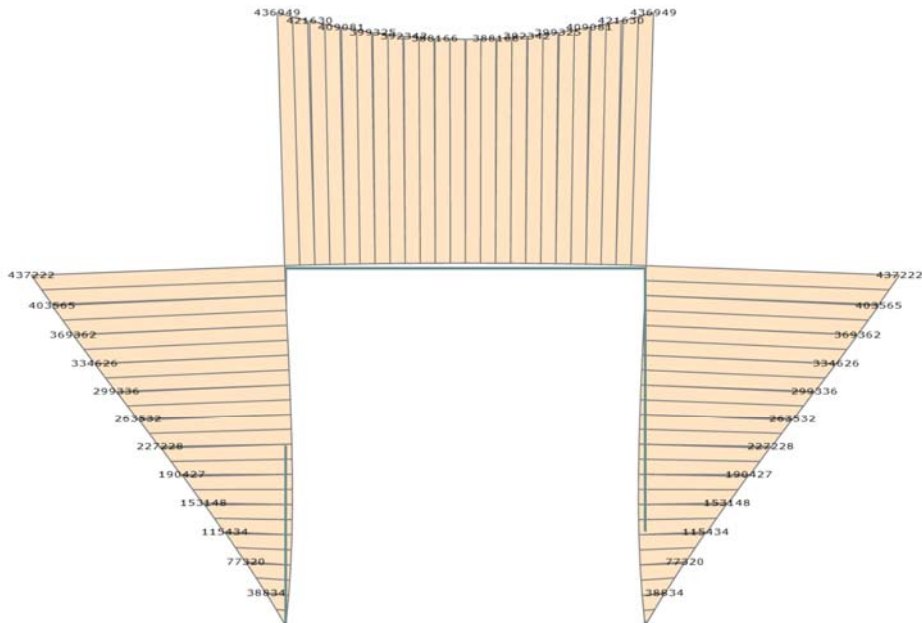
Diamond 2016 for SAFIR  
 FILE : portale6.2  
 NODES : 73  
 BEAMS : 36  
**BEAMS PLOT**  
**RESULTS ON DISPLACED CONF.**  
**BEAM AXIAL FORCE NX PLOT**  
 TIME : 3600 sec  
**BEAMS :**  
 Beam Element  
 Axial forces in N  
 N > 0 (Tension)  
 N < 0 (Compression)

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI</b> <b>GCF ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 011	REV. A	FOGLIO 66 di 109
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>						



Diamond 2016 for SAFIR  
 FILE : portaleL6.2  
 NODES : 73  
 BEAMS : 36  
**BEAMS PLOT**  
 RESULTS ON DISPLACED CONF.  
 SHEAR FORCE VZ PLOT  
 TIME : 3600 sec  
**BEAMS :** Beam Element  
 Shear forces in N

Figura 9-51. Sforzo di taglio



Diamond 2016 for SAFIR  
 FILE : portaleL6.2  
 NODES : 73  
 BEAMS : 36  
**BEAMS PLOT**  
 RESULTS ON DISPLACED CONF.  
 BENDING MOMENT MZ PLOT  
 TIME : 3600 sec  
**BEAMS :** Beam Element  
 Bending moments in N.m

Figura 9-52. Momento flettente

APPALTATORE: Consorzio Soci ORSARA - BOVINO AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER TUNNELCONSULT							
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
		IF3A	02	E ZZ RH	GN0100 011	A	67 di 109

### 9.3.4 Risultati al tempo t = 90 min

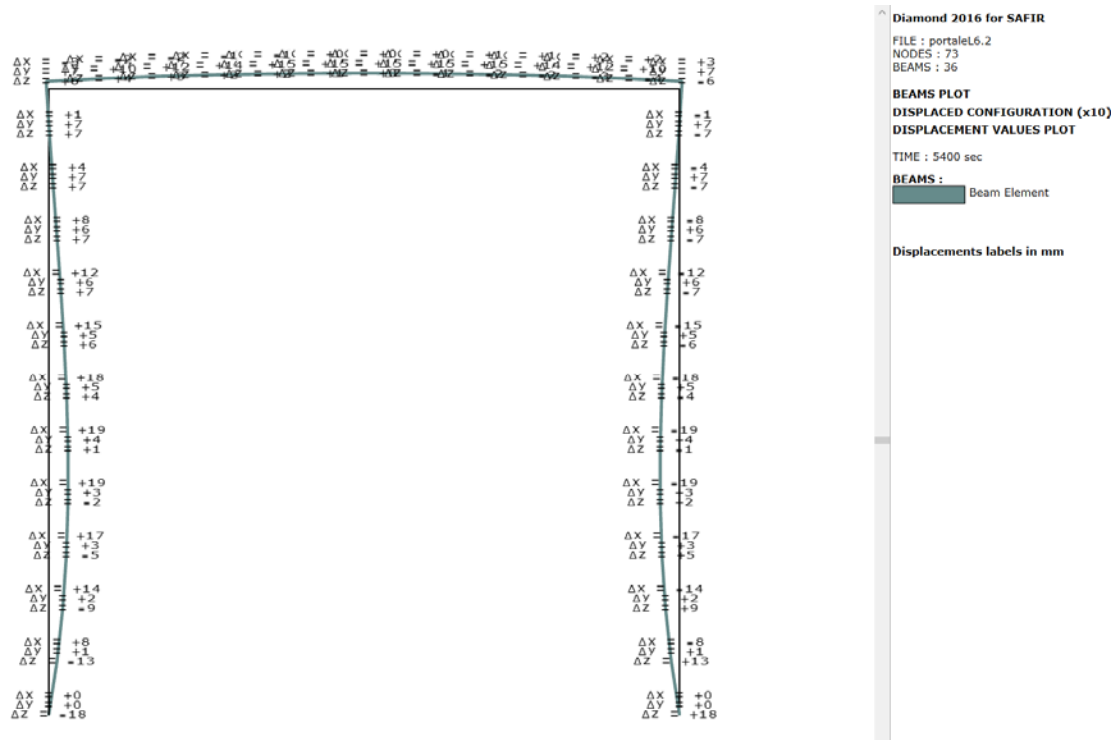


Figura 9-53. Configurazione deformata

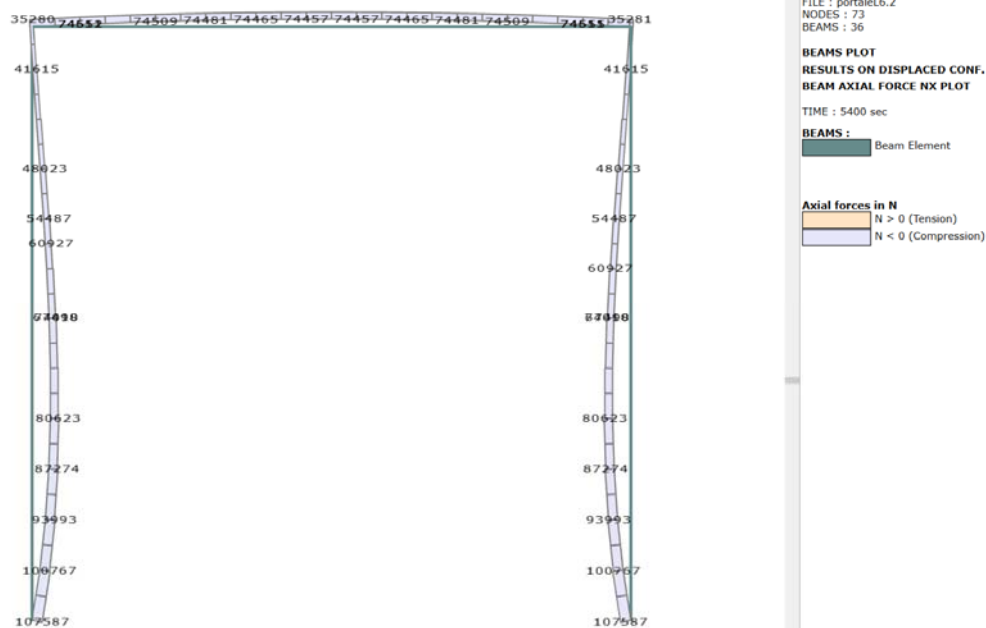


Figura 9-54. Sforzo normale agente





APPALTATORE: Consorzio Soci ORSARA - BOVINO AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER TUNNELCONSULT						
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO						
COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 011	REV. A	FOGLIO 69 di 109	

### 9.3.5 Risultati al tempo t = 120 min

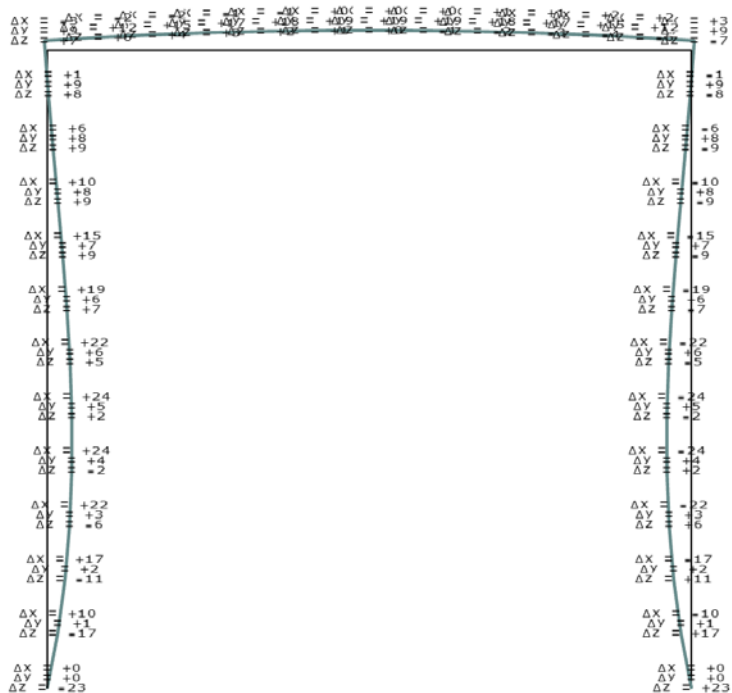


Figura 9-57. Configurazione deformata

**Diamond 2016 for SAFIR**  
FILE : portaleL6.2  
NODES : 73  
BEAMS : 36

**BEAMS PLOT**  
**DISPLACED CONFIGURATION (x10)**  
**DISPLACEMENT VALUES PLOT**

TIME : 7200 sec

**BEAMS :**  
Beam Element

Displacements labels in mm

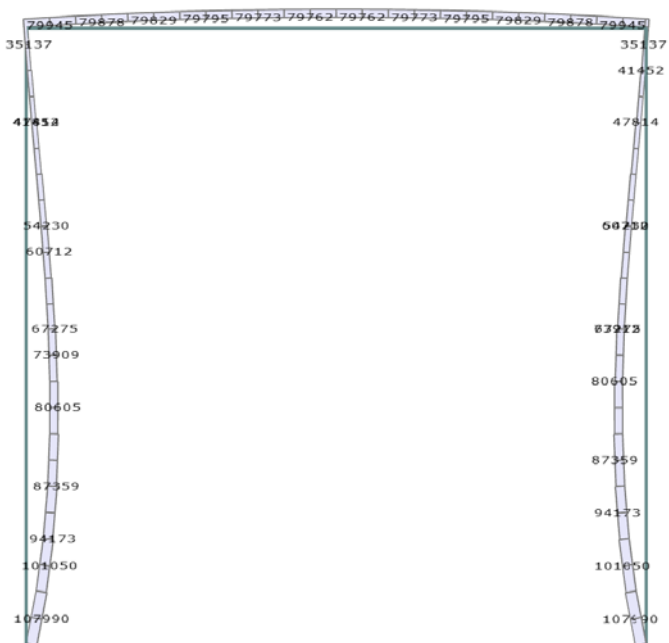


Figura 9-58. Sforzo normale agente

**Diamond 2016 for SAFIR**  
FILE : portaleL6.2  
NODES : 73  
BEAMS : 36

**BEAMS PLOT**  
**RESULTS ON DISPLACED CONF.**  
**BEAM AXIAL FORCE NX PLOT**

TIME : 7200 sec

**BEAMS :**  
Beam Element

**Axial forces in N**  
N > 0 (Tension)  
N < 0 (Compression)

<b>APPALTATORE:</b>		
<u>Consorzio</u>	<u>Soci</u>	
<b>ORSARA - BOVINO AV</b>	<b>WEBUILD ITALIA</b>	<b>PIZZAROTTI</b>

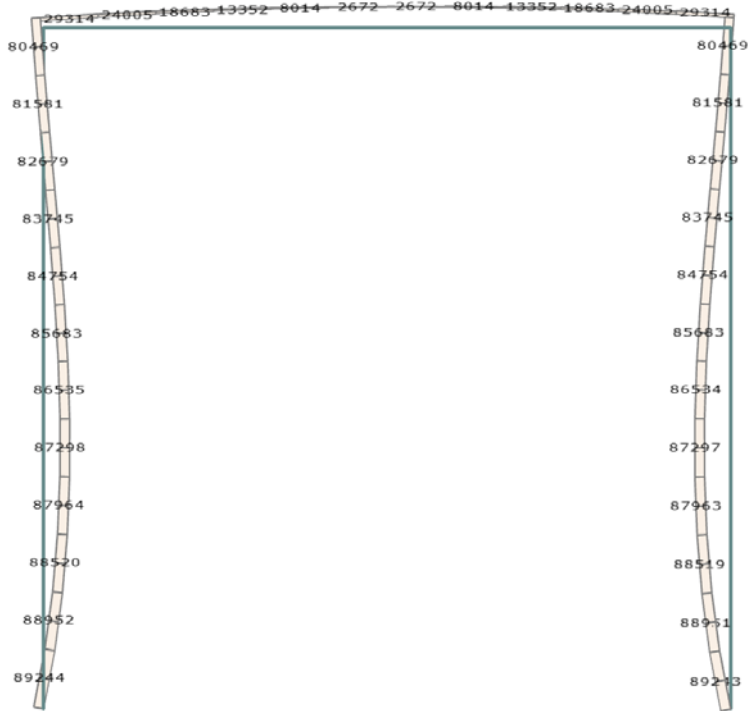
# ITINERARIO NAPOLI – BARI

## RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO

<b>PROGETTAZIONE:</b>		
<u>Mandatario</u>	<u>Mandanti</u>	
<b>ROCKSOIL S.P.A</b>	<b>NET ENGINEERING</b>	<b>PINI</b>
	<b>GCF</b>	<b>ELETTRI-FER</b>
	<b>TUNNELCONSULT</b>	

**PROGETTO ESECUTIVO**  
**RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE**  
**GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF3A	02	E ZZ RH	GN0100 011	A	70 di 109



Diamond 2016 for SAFIR

FILE : portaleL6.2  
 NODES : 73  
 BEAMS : 36

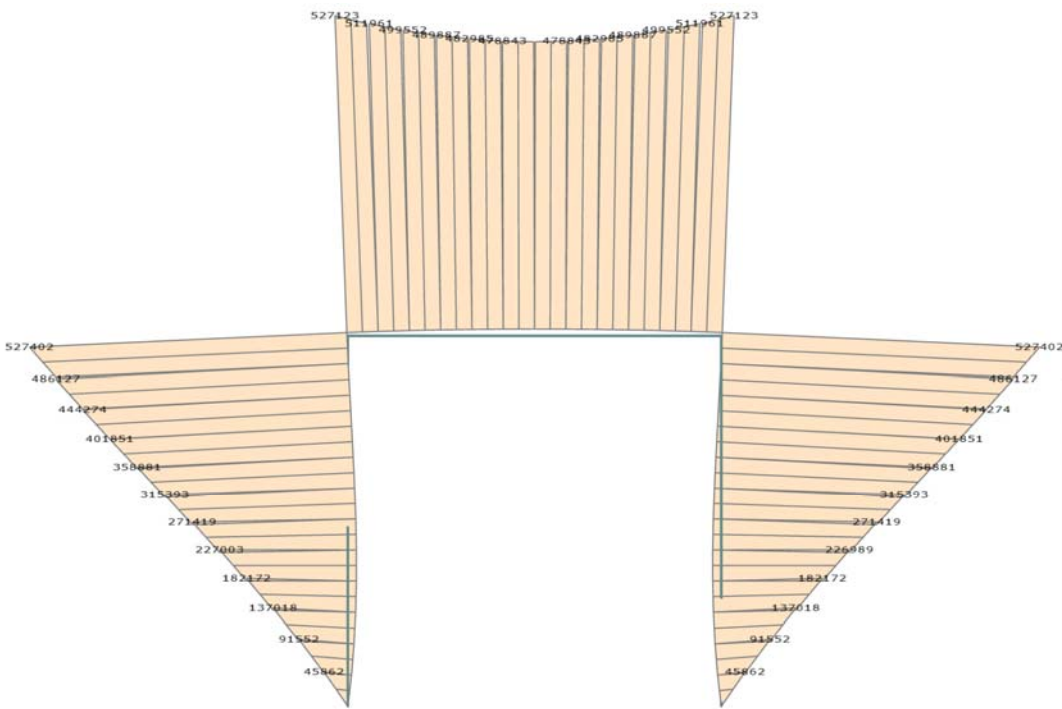
**BEAMS PLOT**  
**RESULTS ON DISPLACED CONF.**  
**SHEAR FORCE VZ PLOT**

TIME : 7200 sec

**BEAMS :**  
 Beam Element

Shear forces in N

Figura 9-59. Sforzo di taglio



Diamond 2016 for SAFIR

FILE : portaleL6.2  
 NODES : 73  
 BEAMS : 36

**BEAMS PLOT**  
**RESULTS ON DISPLACED CONF.**  
**INITIAL CONFIGURATION**  
**BENDING MOMENT MZ PLOT**

TIME : 7200 sec

**BEAMS :**  
 Beam Element

Bending moments in N.m

Figura 9-60. Momento flettente

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>			<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>								
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>			<b>COMMESSA</b> IF3A	<b>LOTTO</b> 02	<b>CODIFICA</b> E ZZ RH	<b>DOCUMENTO</b> GN0100 011	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 71 di 109

## 10 VERIFICA IN PRESENZA DI SPALLING

### 10.1 SEZIONI SOGGETTE A SPALLING

Vengono di seguito riportate le sezioni associate agli elementi beam componenti il modello della sezione tipologica della galleria e dei tunnel Tipo 1 e Tipo 2 soggette a Spalling del cis

#### 10.1.1 Sezione galleria

- Calotta: sez. 1m esposta fuoco

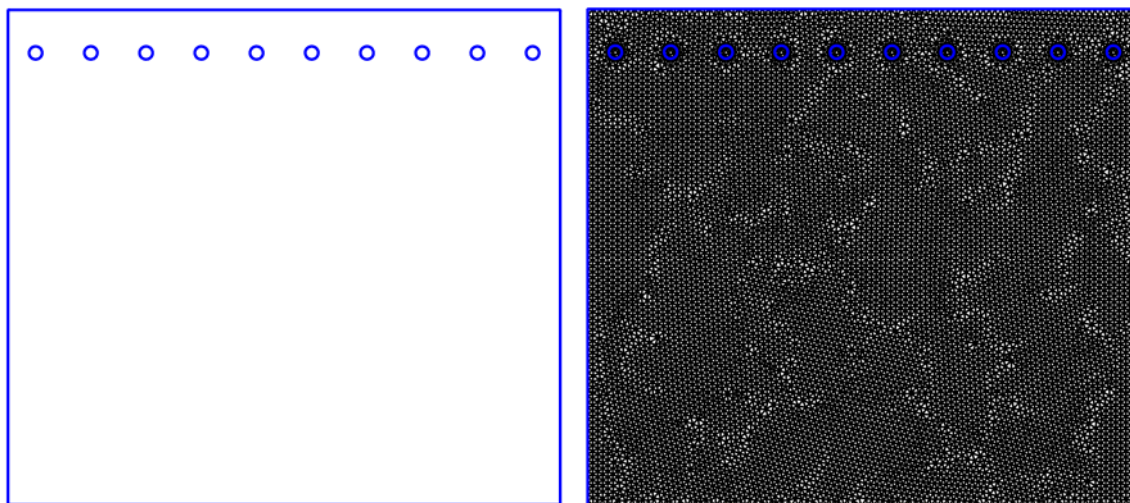


Figura 10-1. Modello geometrico (sx) – Mesh di calcolo (dx)

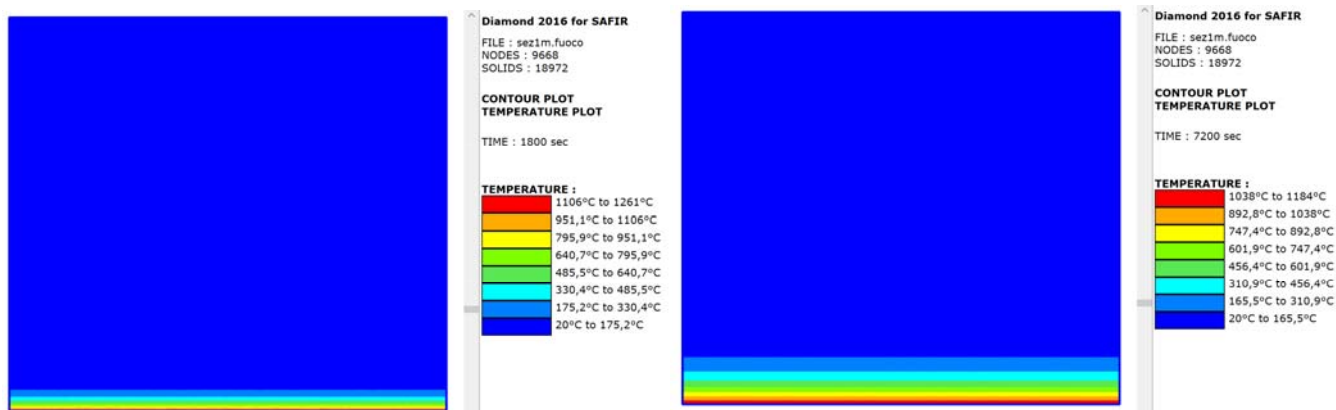


Figura 10-2. Contour temperature 1800 s (sx) - Contour temperature 7200 s (dx)

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>																	
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A.</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">COMMESSA</td> <td style="width: 16.6%;">LOTTO</td> <td style="width: 16.6%;">CODIFICA</td> <td style="width: 16.6%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 16.6%;">REV.</td> <td style="width: 16.6%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF3A</td> <td>02</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GN0100 011</td> <td>A</td> <td>72 di 109</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF3A	02	E ZZ RH	GN0100 011	A	72 di 109
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF3A	02	E ZZ RH	GN0100 011	A	72 di 109													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>																		

- Calotta: sez. 1.14m esposta fuoco

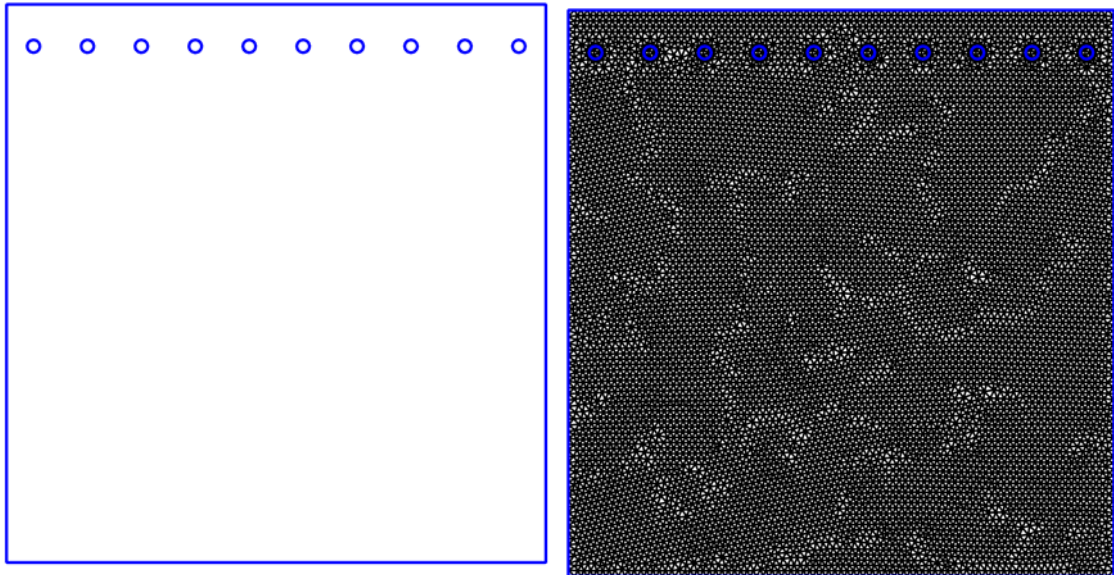


Figura 10-3. Modello geometrico (sx) – Mesh di calcolo (dx)

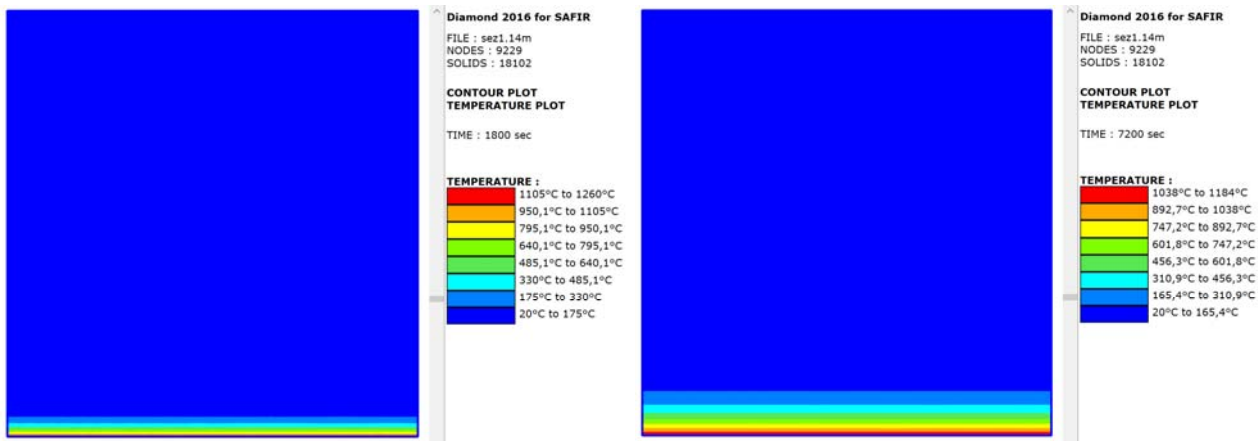


Figura 10-4. Contour temperature 1800 s (sx) - Contour temperature 7200 s (dx)

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>			<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>								
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>							<b>COMMESSA</b> IF3A	<b>LOTTO</b> 02

- Calotta: sez. 1.46m esposta fuoco

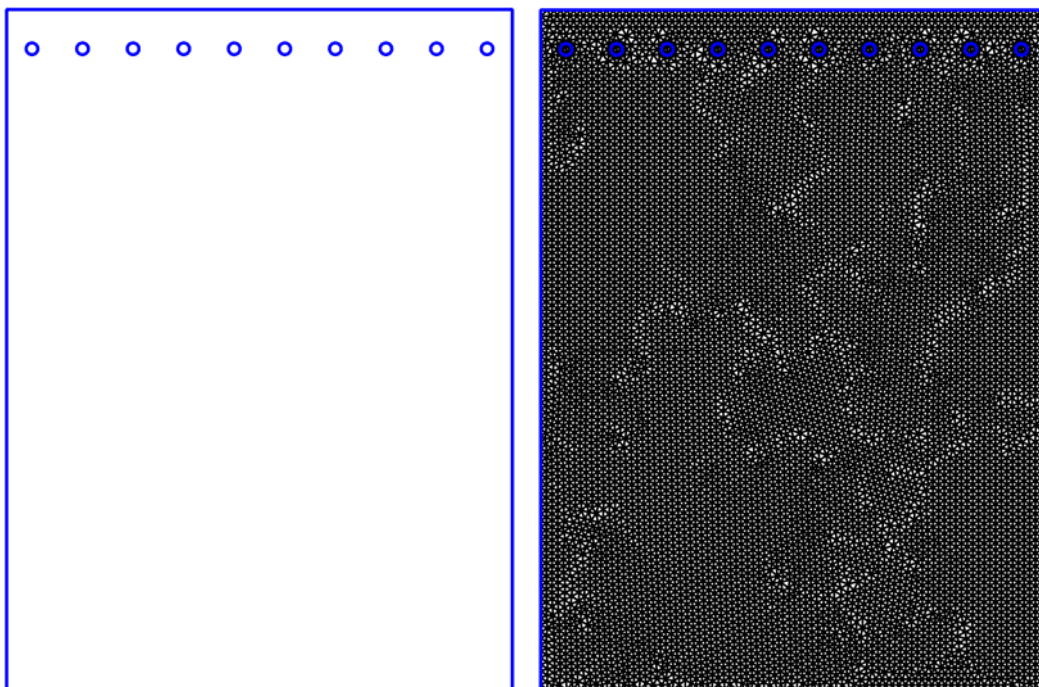


Figura 10-5. Modello geometrico (sx) – Mesh di calcolo (dx)

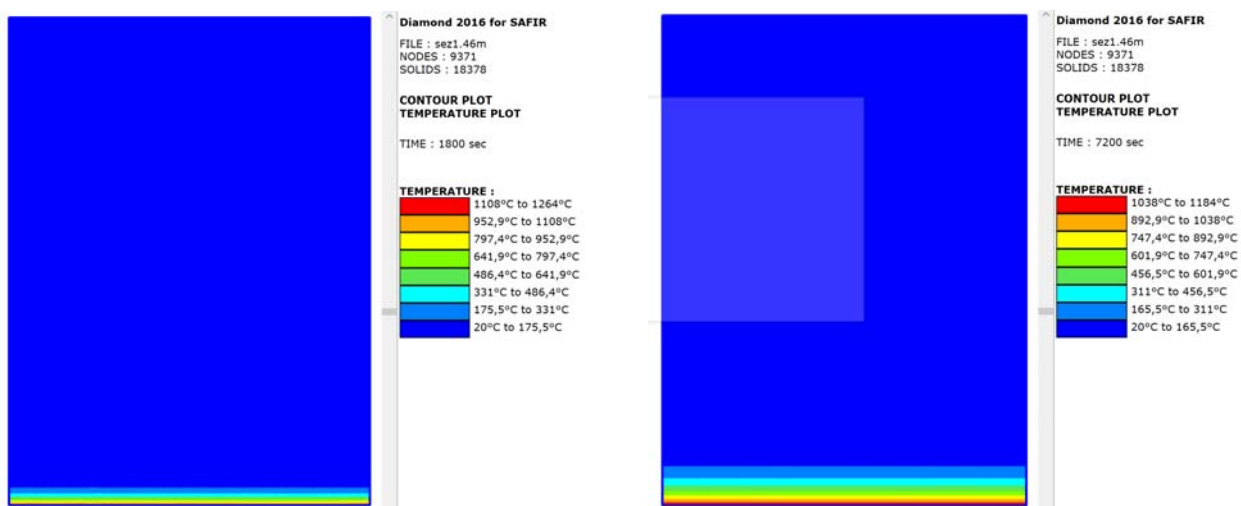


Figura 10-6. Contour temperature 1800 s (sx) - Contour temperature 7200 s (dx)





<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>	<b>COMMESSA</b> IF3A	<b>LOTTO</b> 02	<b>CODIFICA</b> E ZZ RH	<b>DOCUMENTO</b> GN0100 011	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 75 di 109

- Piedritto: sez. 1.70m esposta fuoco

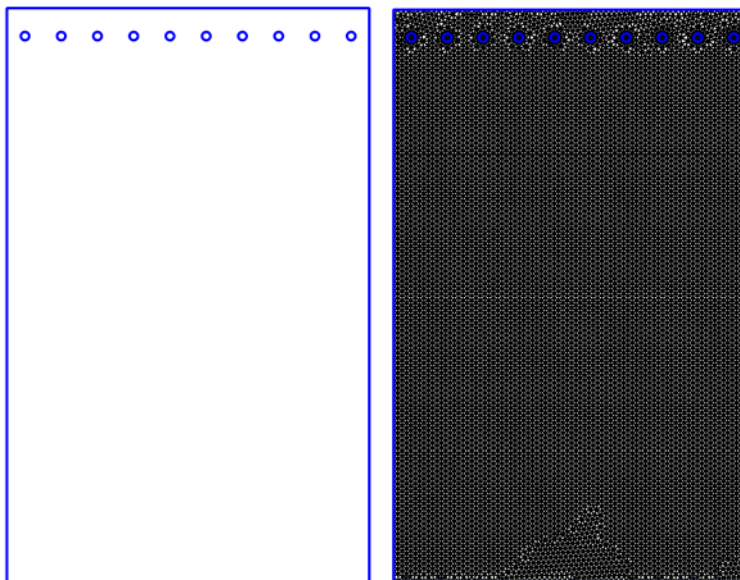


Figura 10-9. Modello geometrico (sx) – Mesh di calcolo (dx)

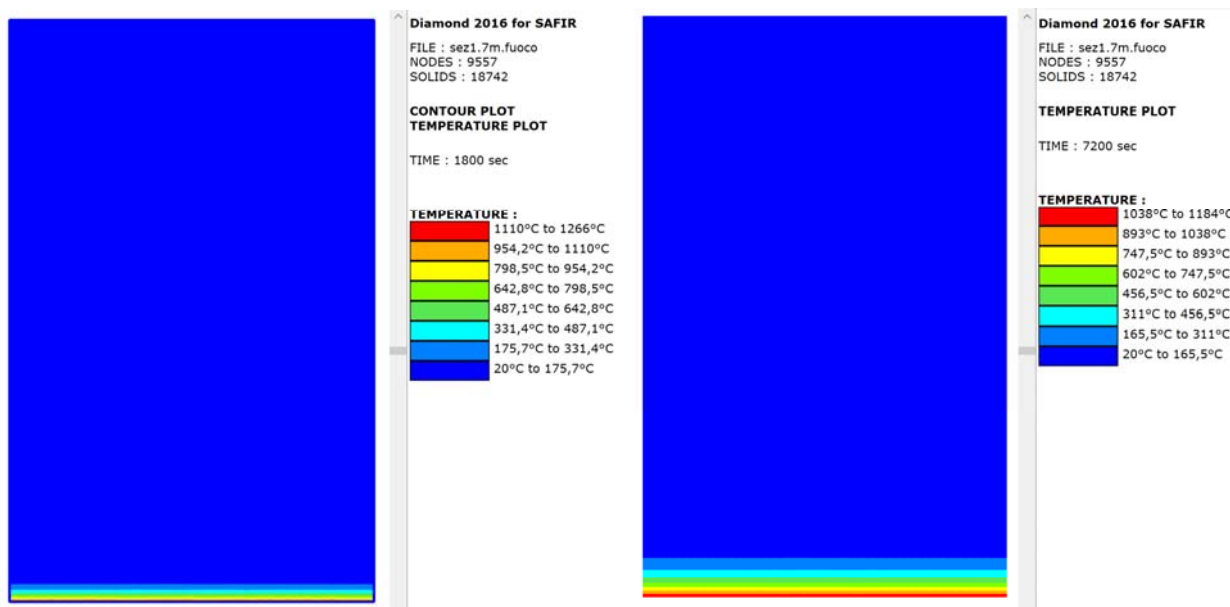


Figura 10-10. Contour temperature 1800 s (sx) - Contour temperature 7200 s (dx)



<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>																	
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">COMMESSA</td> <td style="width: 15%;">LOTTO</td> <td style="width: 15%;">CODIFICA</td> <td style="width: 15%;">DOCUMENTO</td> <td style="width: 15%;">REV.</td> <td style="width: 15%;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF3A</td> <td>02</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GN0100 011</td> <td>A</td> <td>76 di 109</td> </tr> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF3A	02	E ZZ RH	GN0100 011	A	76 di 109
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF3A	02	E ZZ RH	GN0100 011	A	76 di 109													
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>																		

- Piedritto: sez. 1.35m esposta fuoco

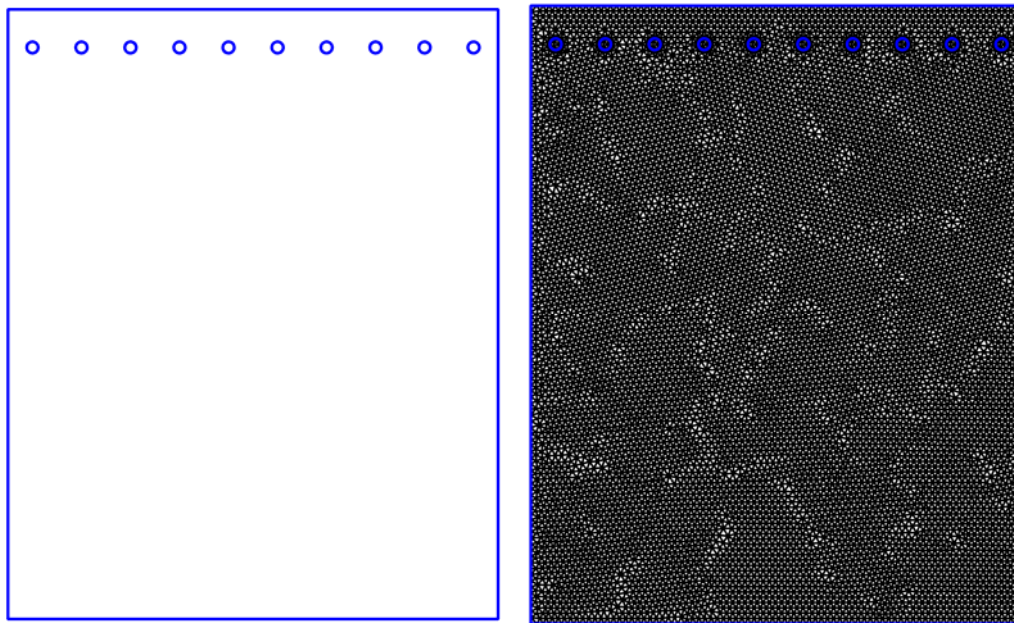


Figura 10-11. Modello geometrico (sx) – Mesh di calcolo (dx)

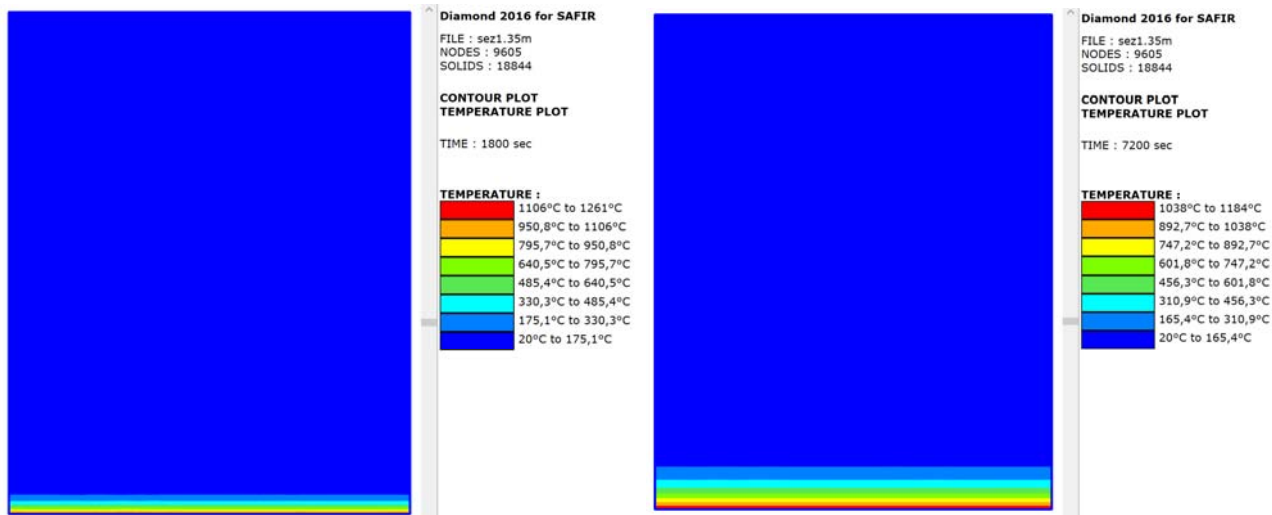


Figura 10-12. Contour temperature 1800 s (sx) - Contour temperature 7200 s (dx)

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>											
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td data-bbox="735 331 863 376">COMMESSA IF3A</td> <td data-bbox="863 331 970 376">LOTTO 02</td> <td data-bbox="970 331 1114 376">CODIFICA E ZZ RH</td> <td data-bbox="1114 331 1305 376">DOCUMENTO GN0100 011</td> <td data-bbox="1305 331 1385 376">REV. A</td> <td data-bbox="1385 331 1469 376">FOGLIO 77 di 109</td> </tr> </table>						COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 011	REV. A	FOGLIO 77 di 109
COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 011	REV. A	FOGLIO 77 di 109							
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>												

- Piedritto: sez. 1.22m esposta fuoco

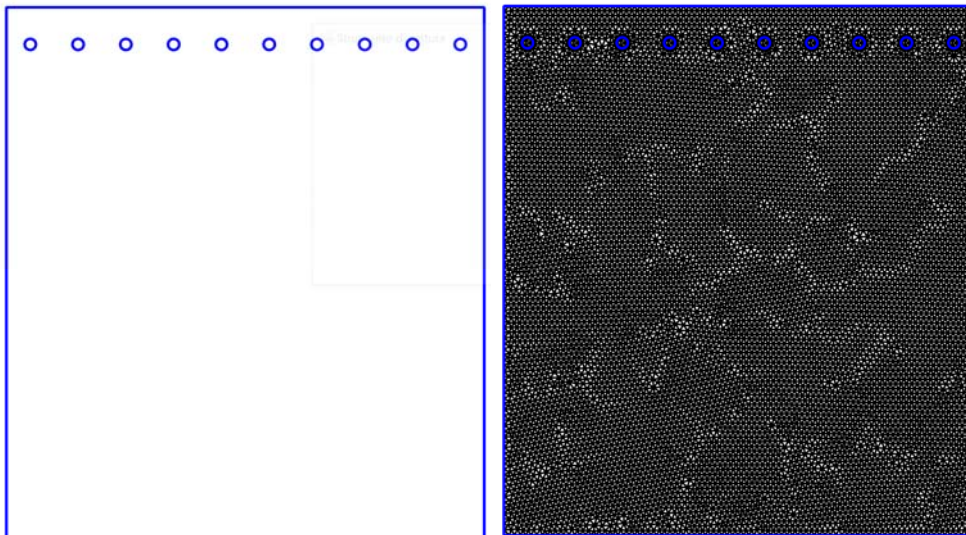


Figura 10-13. Modello geometrico (sx) – Mesh di calcolo (dx)

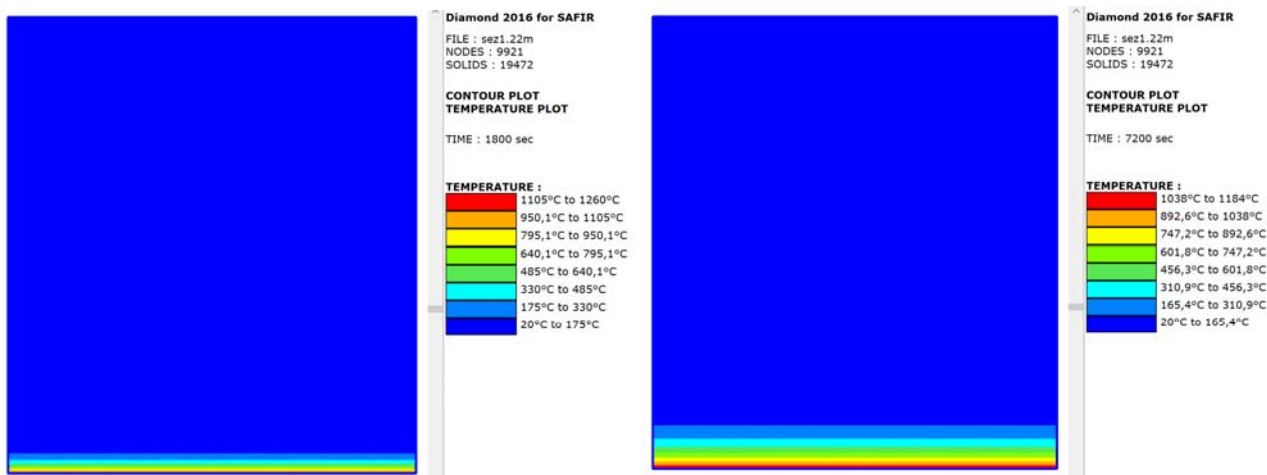


Figura 10-14. Contour temperature 1800 s (sx) - Contour temperature 7200 s (dx)

<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>	<b>COMMESSA</b> IF3A	<b>LOTTO</b> 02	<b>CODIFICA</b> E ZZ RH	<b>DOCUMENTO</b> GN0100 011	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>FOGLIO</b> <b>78 di 109</b>

Vengono di seguito riportate le sezioni non esposte all'azione del fuoco e quindi dove non si verifica lo Spalling del cls.

- Piedritto-arco rovescio: sez. 1.7m non esposta fuoco

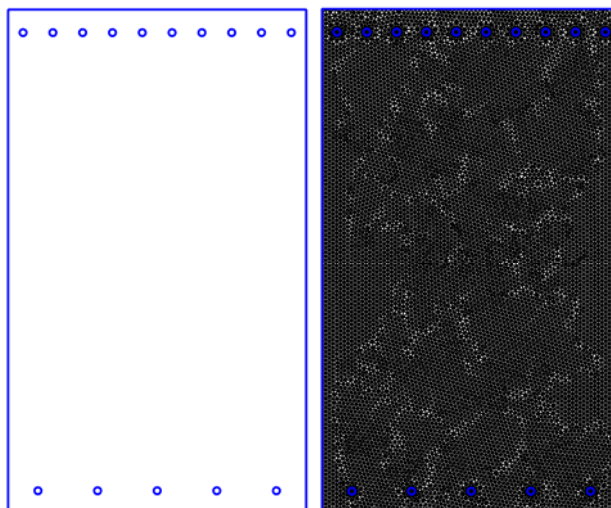


Figura 10-15. Modello geometrico (sx) – Mesh di calcolo (dx)

- Arco rovescio: sez. 1m non esposta fuoco

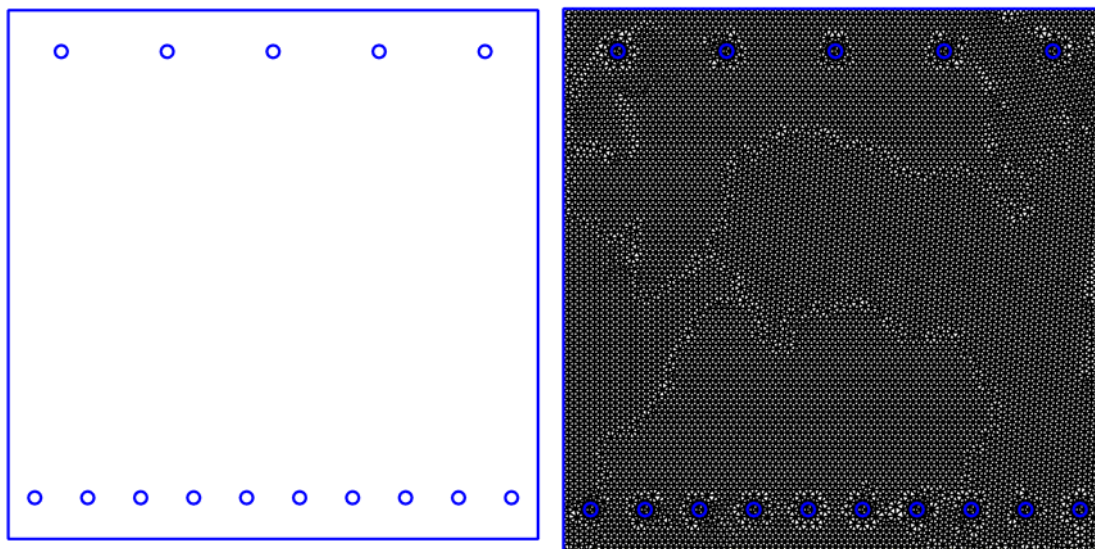


Figura 10-16. Modello geometrico (sx) – Mesh di calcolo (dx)









<b>APPALTATORE:</b> Consorzio Soci <b>ORSARA - BOVINO AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI</b> <b>GCF ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 011	REV. A	FOGLIO 82 di 109

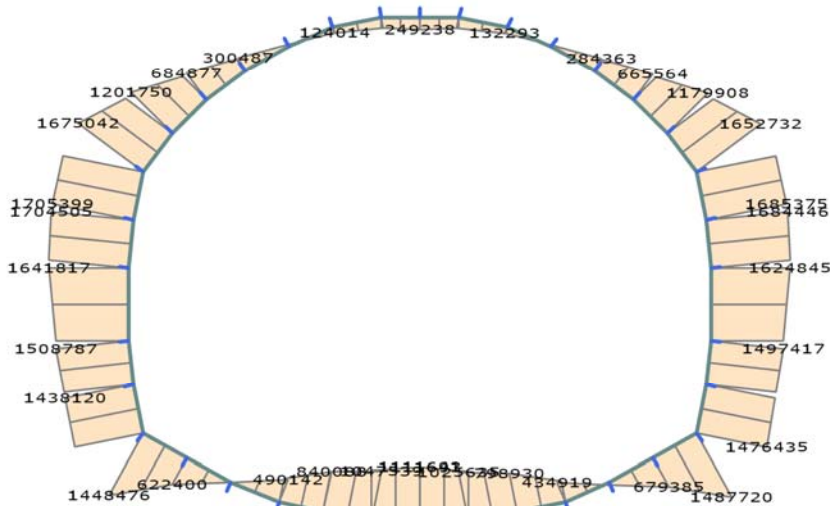


Figura 11-3. Momento flettente

**Diamond 2016 for SAFIR**  
 FILE : ga02-struttura  
 NODES : 72  
 BEAMS : 36  
 SPRINGS : 36

**BEAMS PLOT**  
**SPRINGS PLOT**  
**RESULTS ON INITIAL CONF.**  
**BENDING MOMENT MZ PLOT**

TIME : 1800 sec

**BEAMS :**  Beam Element  
**SPRINGS :**  Spring Element

**Bending moments in N.m**

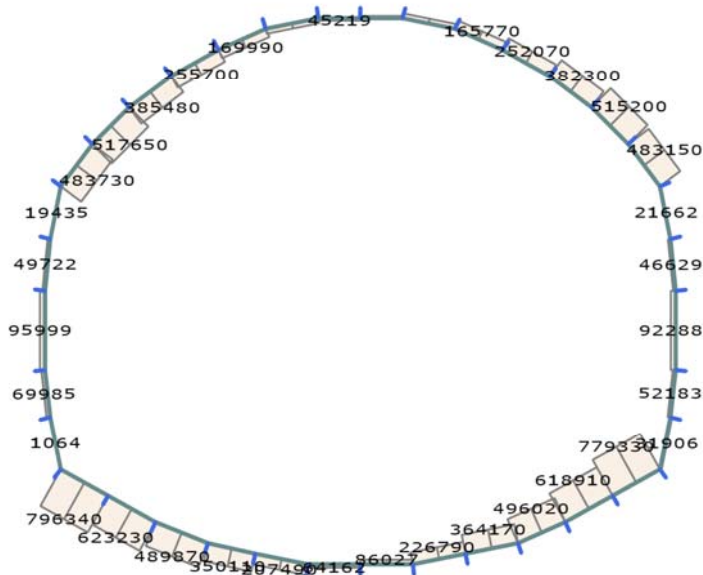


Figura 11-4. Sforzo di taglio

**Diamond 2016 for SAFIR**  
 FILE : ga02-struttura  
 NODES : 72  
 BEAMS : 36  
 SPRINGS : 36

**BEAMS PLOT**  
**SPRINGS PLOT**  
**RESULTS ON INITIAL CONF.**  
**SHEAR FORCE VZ PLOT**

TIME : 1800 sec

**BEAMS :**  Beam Element  
**SPRINGS :**  Spring Element

**Shear forces in N**







APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>	<b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 011	REV. A	FOGLIO 85 di 109

### 11.1.3 Risultati al tempo t = 90 min

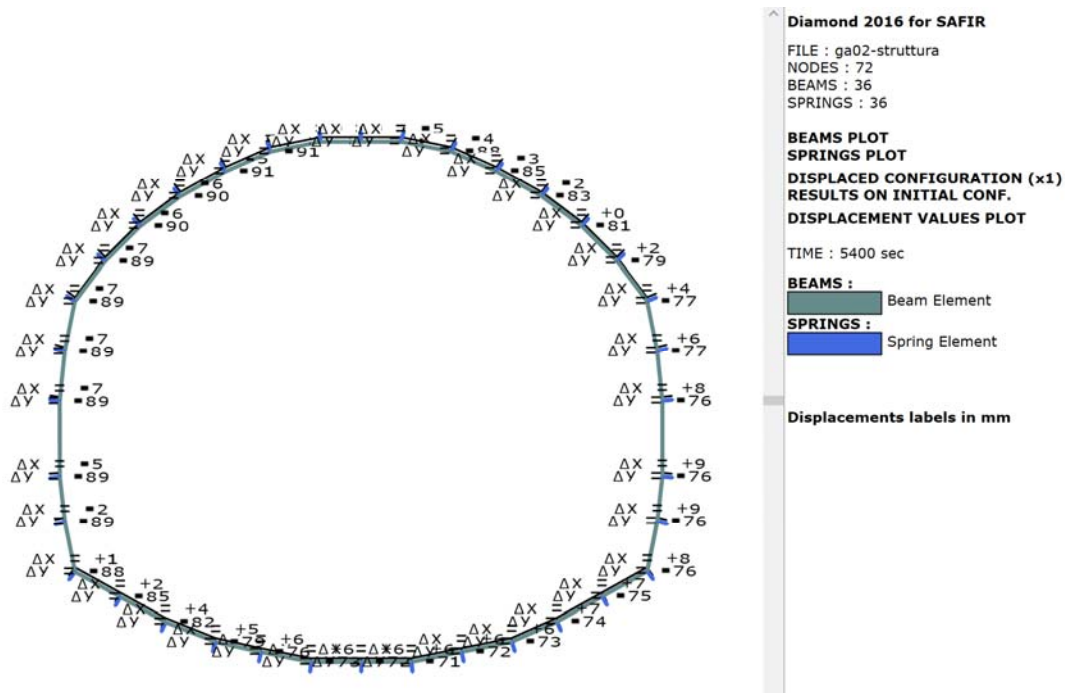


Figura 11-9. Configurazione deformata

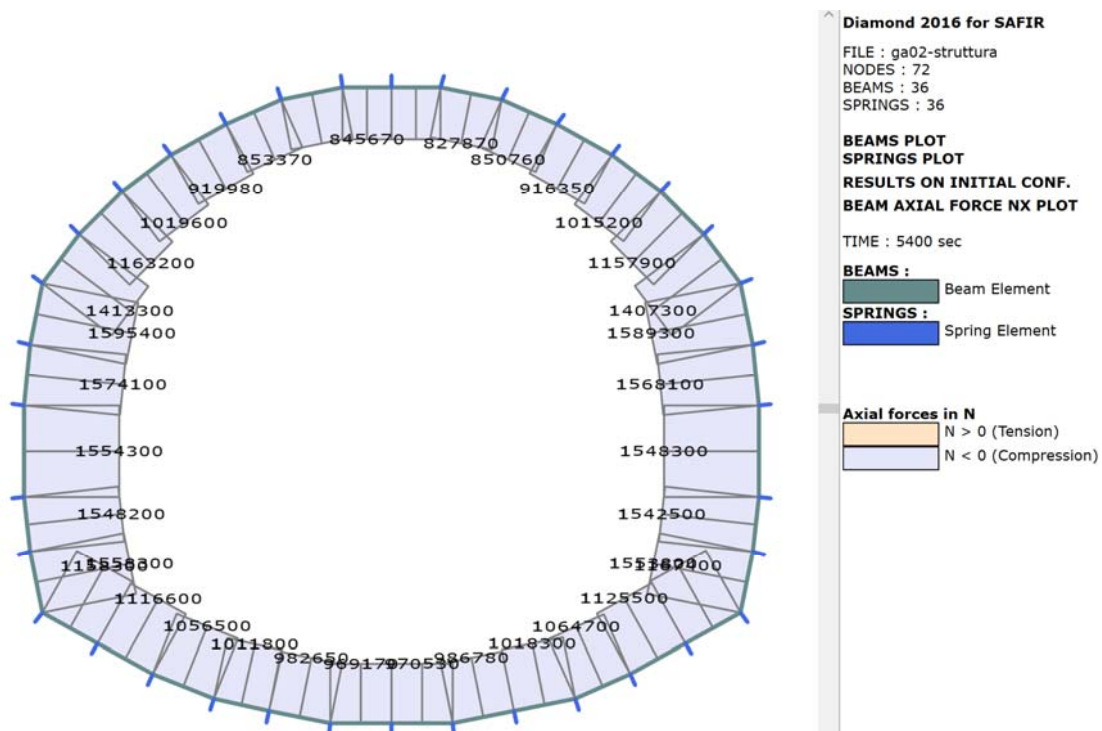


Figura 11-10. Sforzo normale agente

APPALTATORE: Consorzio                      Soci <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>			<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>								
PROGETTO ESECUTIVO <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>			COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 011	REV. A	FOGLIO 86 di 109

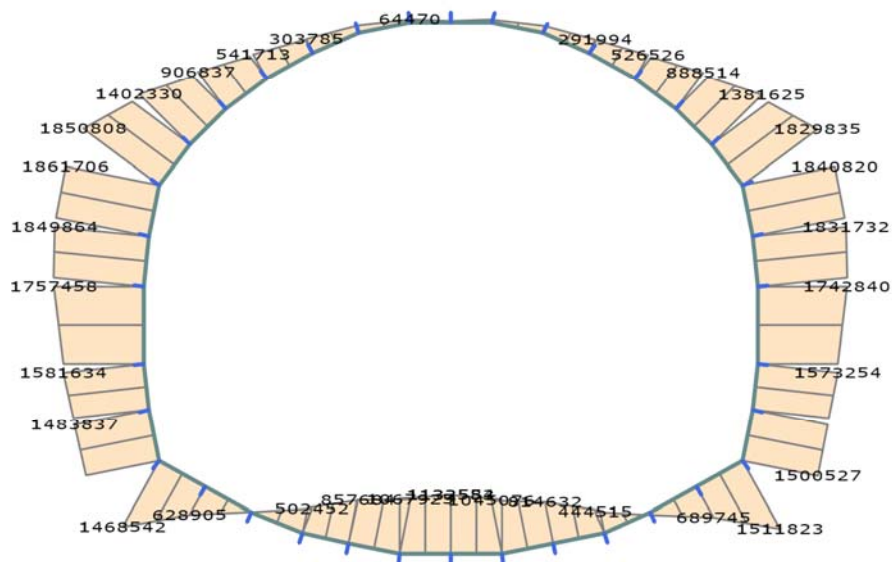


Figura 11-11. Momento flettente

**Diamond 2016 for SAFIR**  
 FILE : ga02-struttura  
 NODES : 72  
 BEAMS : 36  
 SPRINGS : 36

**BEAMS PLOT  
 SPRINGS PLOT  
 RESULTS ON INITIAL CONF.  
 BENDING MOMENT MZ PLOT**

TIME : 5400 sec

**BEAMS :**  
 Beam Element

**SPRINGS :**  
 Spring Element

Bending moments in N.m

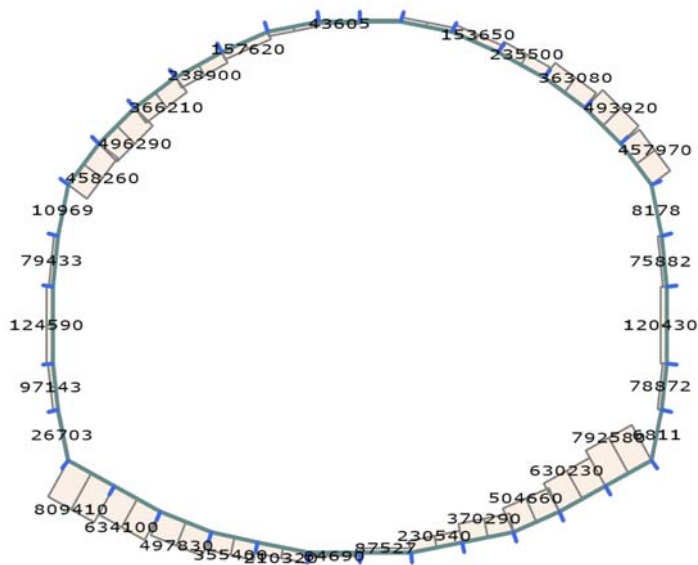


Figura 11-12. Sforzo di taglio

**Diamond 2016 for SAFIR**  
 FILE : ga02-struttura  
 NODES : 72  
 BEAMS : 36  
 SPRINGS : 36

**BEAMS PLOT  
 SPRINGS PLOT  
 RESULTS ON INITIAL CONF.  
 SHEAR FORCE VZ PLOT**

TIME : 5400 sec

**BEAMS :**  
 Beam Element

**SPRINGS :**  
 Spring Element

Shear forces in N

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>ORSARA - BOVINO AV    WEBUILD ITALIA                      PIZZAROTTI</b>		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING                      PINI</b> <b>GCF                      ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>							
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>		<b>COMMESSA</b> IF3A	<b>LOTTO</b> 02	<b>CODIFICA</b> E ZZ RH	<b>DOCUMENTO</b> GN0100 011	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 87 di 109

### 11.1.4 Risultati al tempo t = 120 min

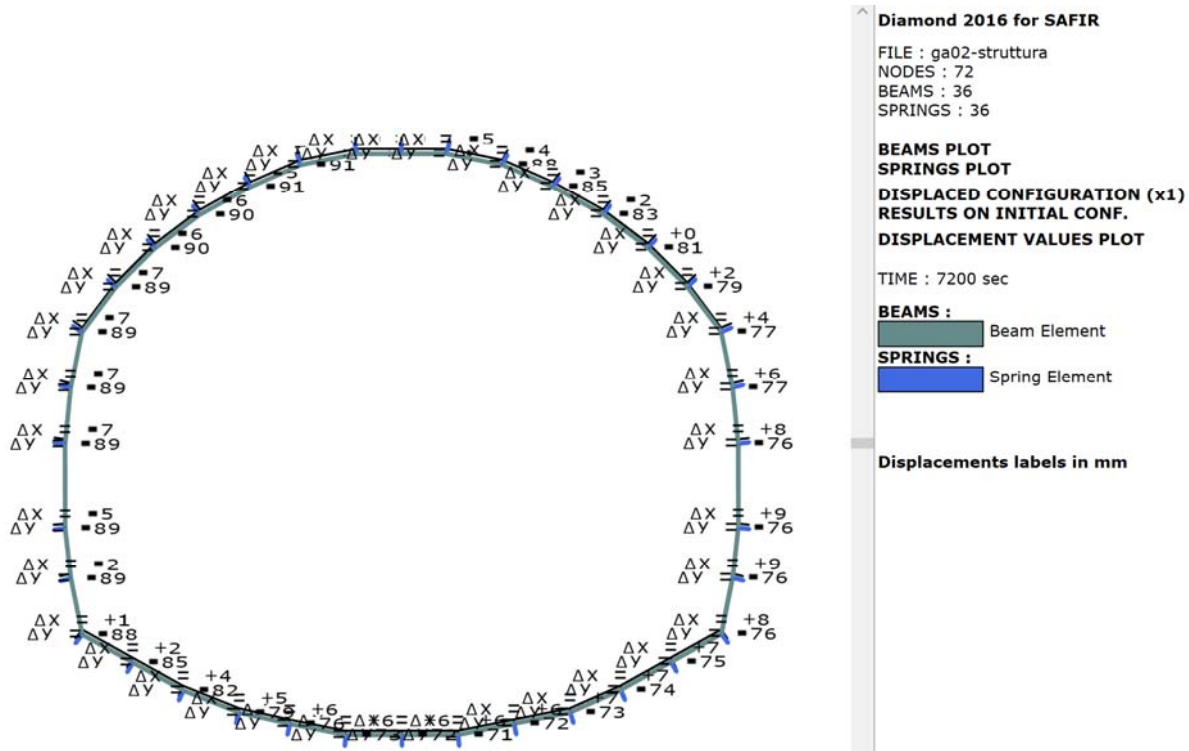


Figura 11-13. Configurazione deformata

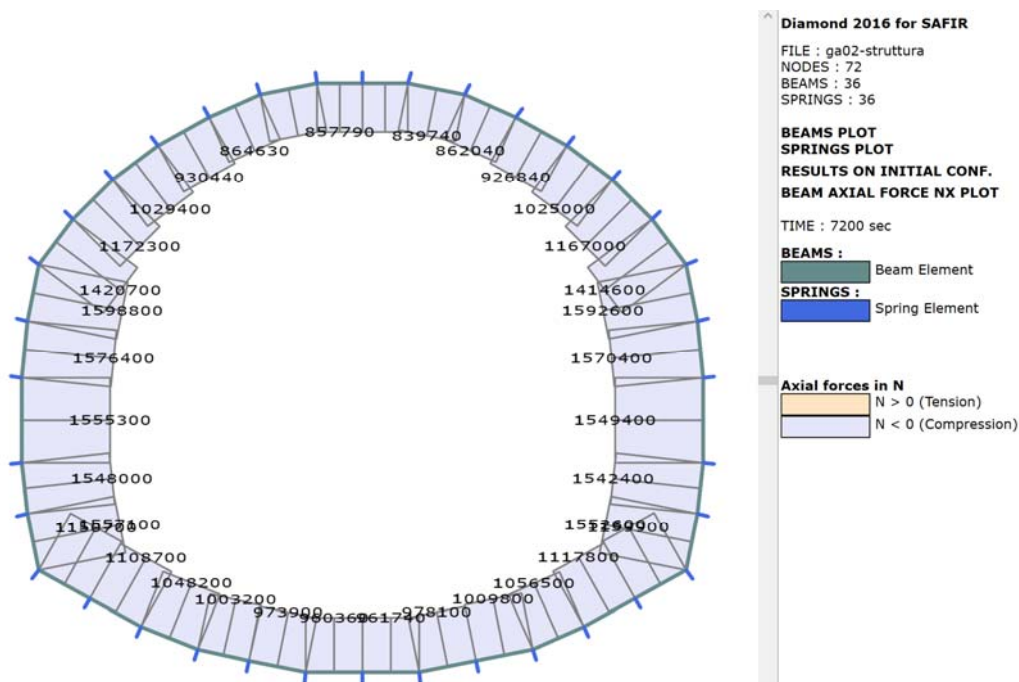


Figura 11-14. Sforzo normale agente

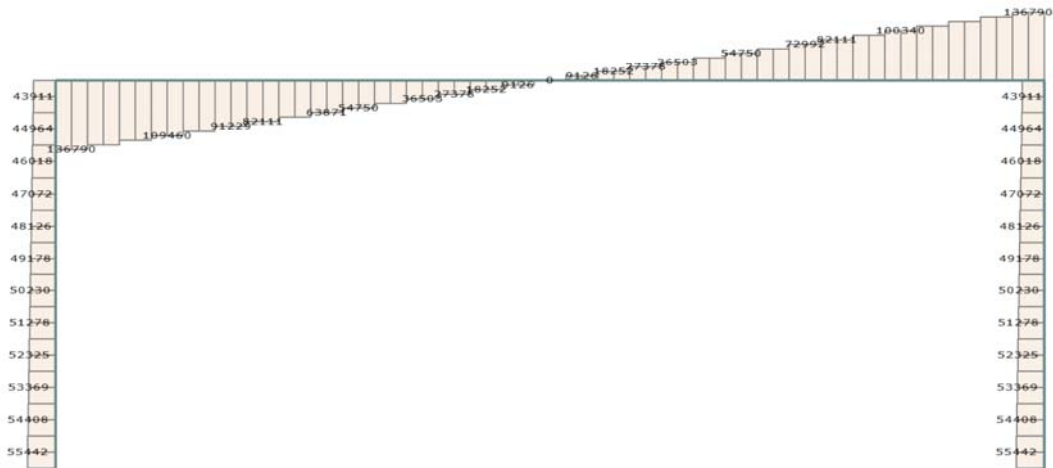






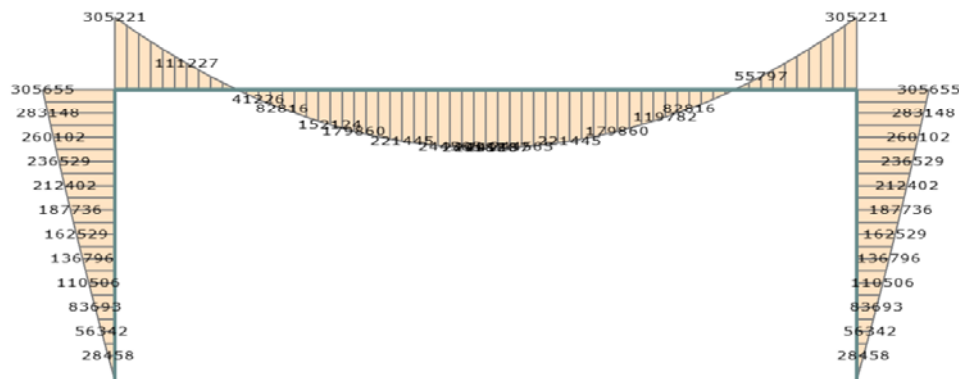


<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER TUNNELCONSULT						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 011	REV. A	FOGLIO 90 di 109



Diamond 2016 for SAFIR  
 FILE : struttura2  
 NODES : 111  
 BEAMS : 55  
**BEAMS PLOT**  
 SHEAR FORCE VZ PLOT  
 BEAMS :  
 Beam Element  
 Shear forces in N

Figura 11-19. Sforzo di taglio



Diamond 2016 for SAFIR  
 FILE : struttura2  
 NODES : 111  
 BEAMS : 55  
**BEAMS PLOT**  
 BENDING MOMENT MZ PLOT  
 TIME : 60 sec  
 BEAMS :  
 Beam Element  
 Bending moments in N.m

Figura 11-20. Momento flettente

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>		<b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
PROGETTO ESECUTIVO <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
		IF3A	02	E ZZ RH	GN0100 011	A	91 di 109

### 11.2.2 Risultati al tempo t = 30 min

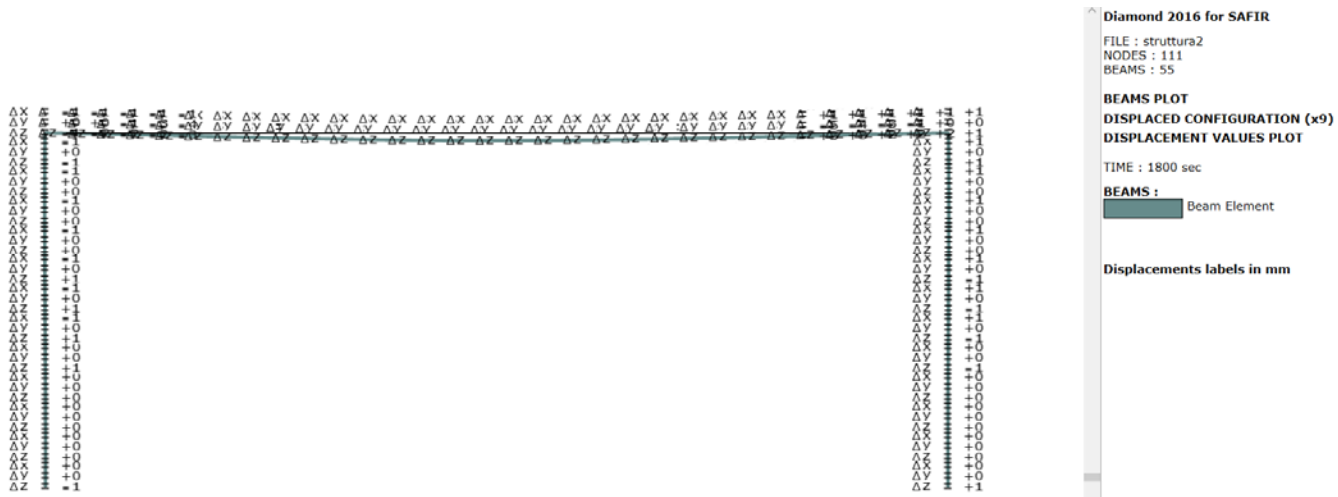


Figura 11-21. Configurazione deformata



Figura 11-22. Sforzo normale agente



<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>ORSARA - BOVINO AV    WEBUILD ITALIA                      PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING                      PINI</b> GCF                                      ELETTRI-FER TUNNELCONSULT						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 011	REV. A	FOGLIO 93 di 109

### 11.2.3 Risultati al tempo t = 60 min

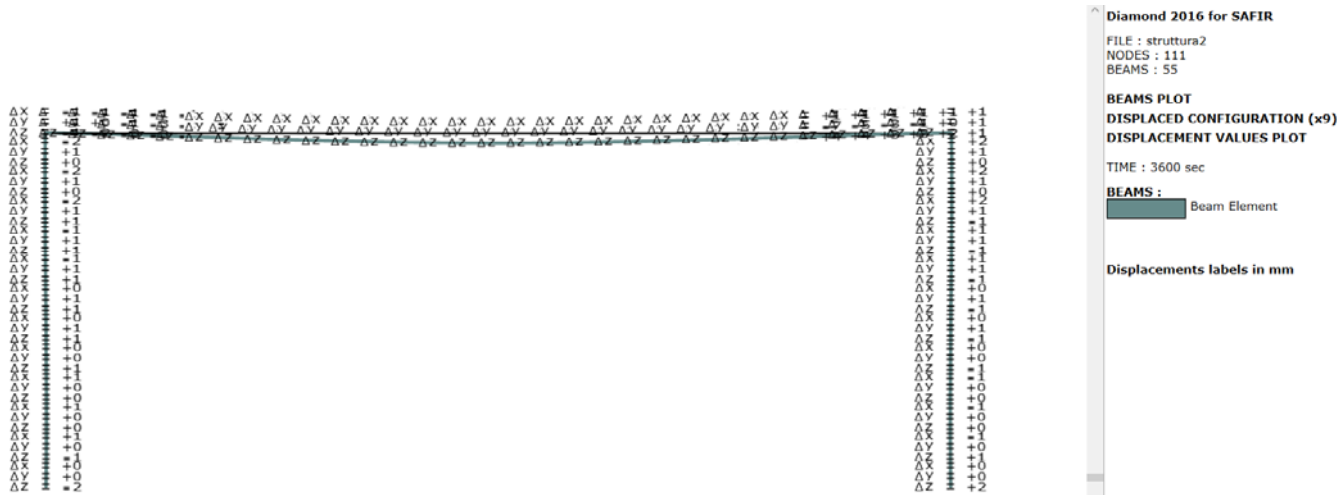


Figura 11-25. Configurazione deformata



Figura 11-26. Sforzo normale agente

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>							
PROGETTO ESECUTIVO <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 011	REV. A	FOGLIO 94 di 109

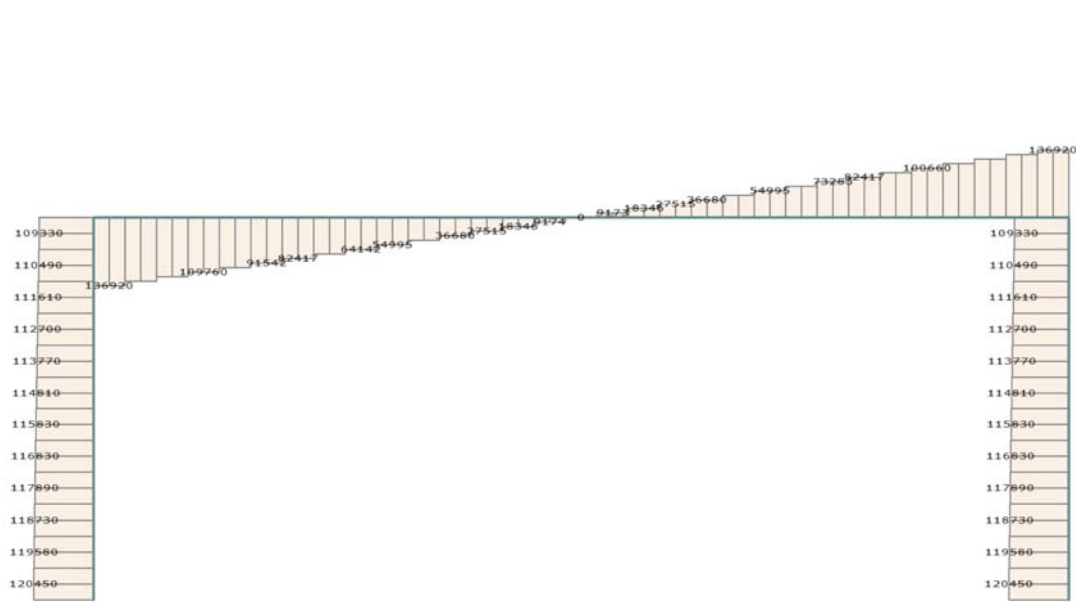


Figura 11-27. Sforzo di taglio

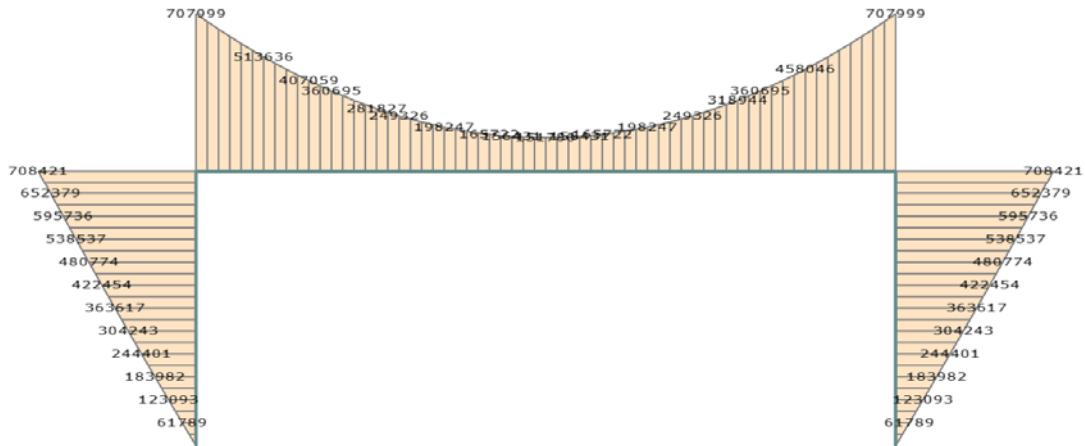


Figura 11-28. Momento flettente

APPALTATORE: Conorzio Soci ORSARA - BOVINO AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>				
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER TUNNELCONSULT						
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 011	REV. A FOGLIO 95 di 109

### 11.2.4 Risultati al tempo t = 90 min

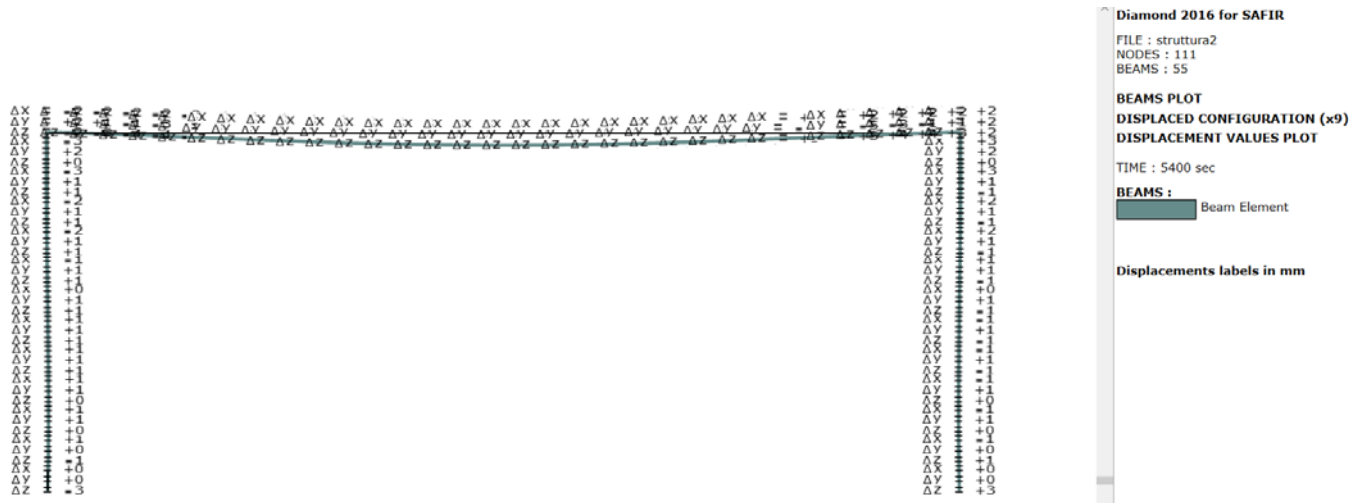


Figura 11-29. Configurazione deformata

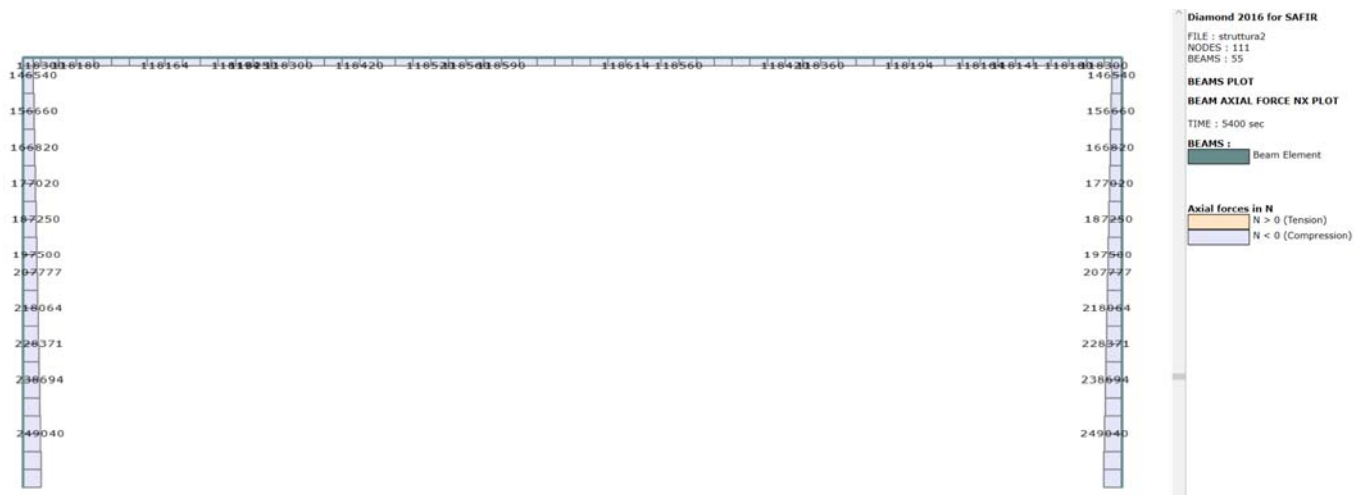


Figura 11-30. Sforzo normale agente





<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                      Soci <b>ORSARA - BOVINO AV      WEBUILD ITALIA                      PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>											
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                      Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING                      PINI</b> <b>GCF                                              ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td data-bbox="738 333 852 376">COMMESSA IF3A</td> <td data-bbox="874 333 948 376">LOTTO 02</td> <td data-bbox="975 333 1054 376">CODIFICA E ZZ RH</td> <td data-bbox="1123 333 1230 376">DOCUMENTO GN0100 011</td> <td data-bbox="1307 333 1347 376">REV. A</td> <td data-bbox="1398 333 1469 376">FOGLIO 97 di 109</td> </tr> </table>						COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 011	REV. A	FOGLIO 97 di 109
COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 011	REV. A	FOGLIO 97 di 109							
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>												

**11.2.5 Risultati al tempo t = 120 min**

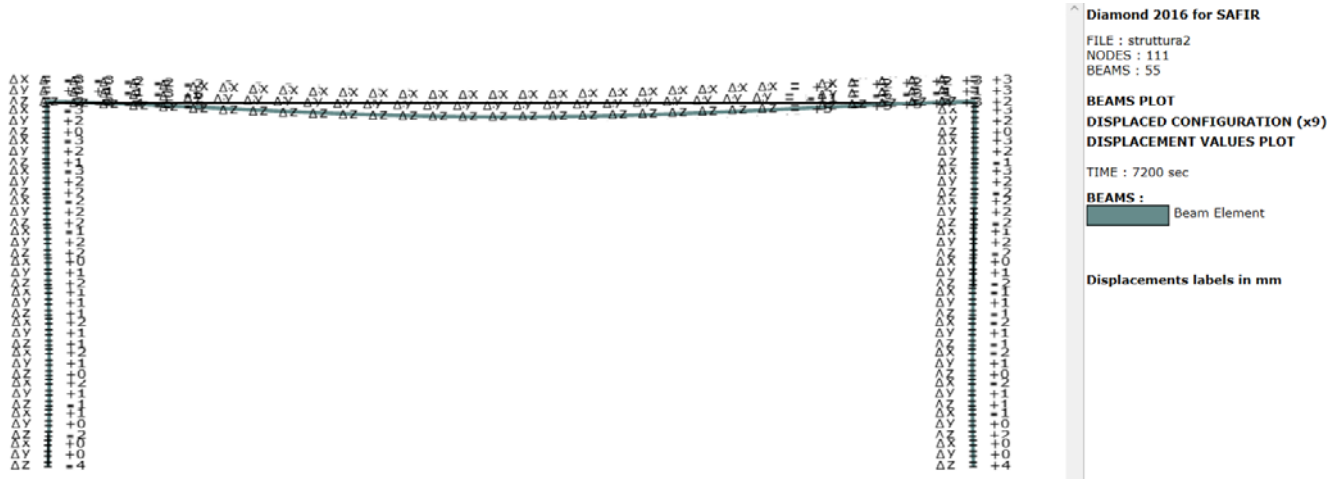


Figura 11-33. Configurazione deformata



Figura 11-34. Sforzo normale agente

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER TUNNELCONSULT							
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>						COMMESSA IF3A	LOTTO 02

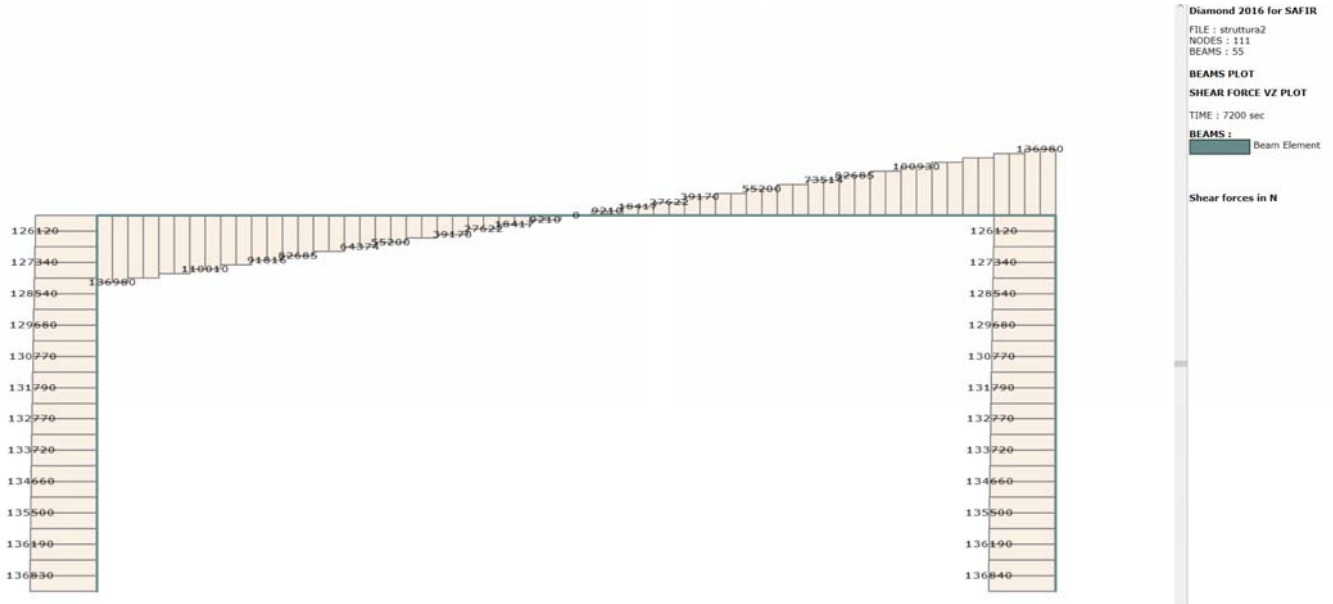


Figura 11-35. Sforzo di taglio

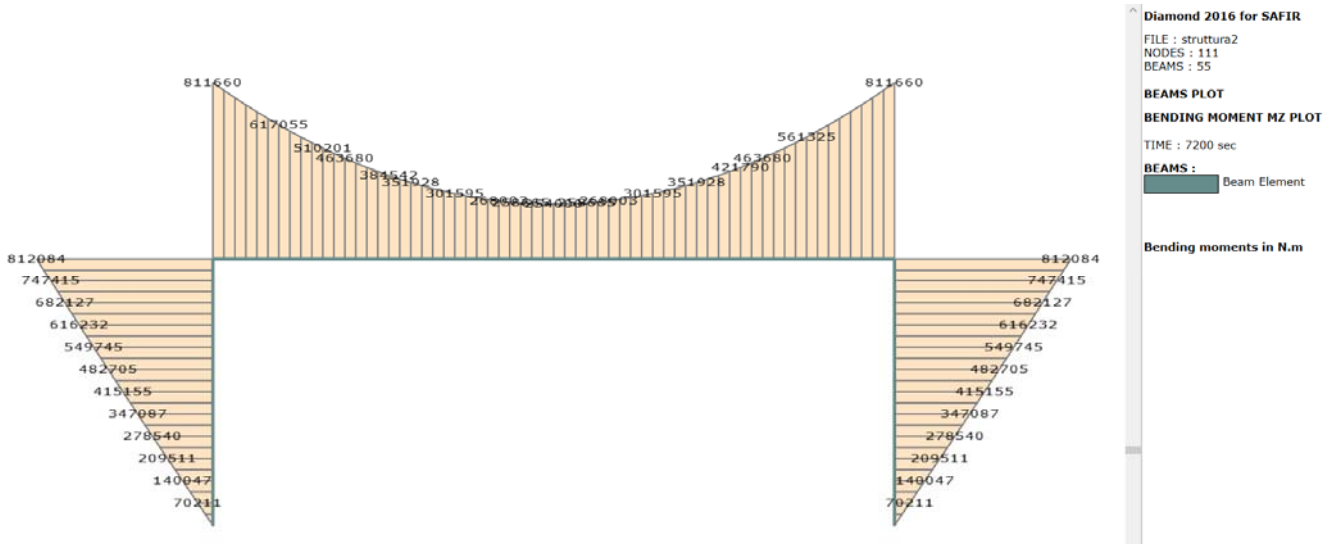


Figura 11-36. Momento flettente

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER TUNNELCONSULT							
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO							COMMESSA IF3A

## 11.3 TUNNEL TIPO 2

### 11.3.1 Risultati al tempo t = 0-60sec

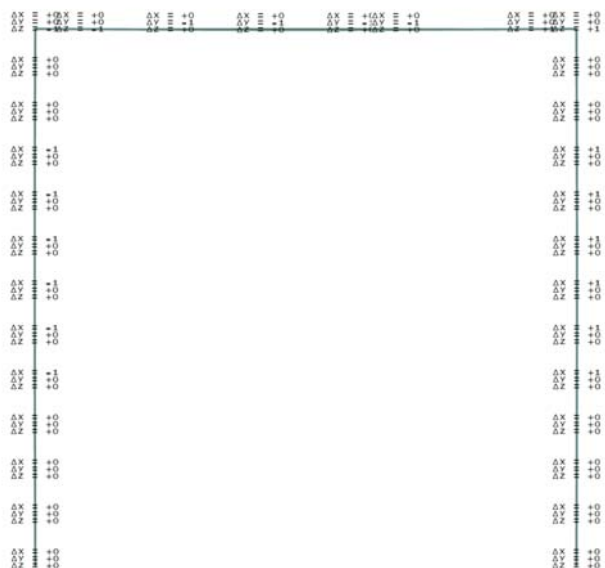


Figura 11-37. Configurazione deformata

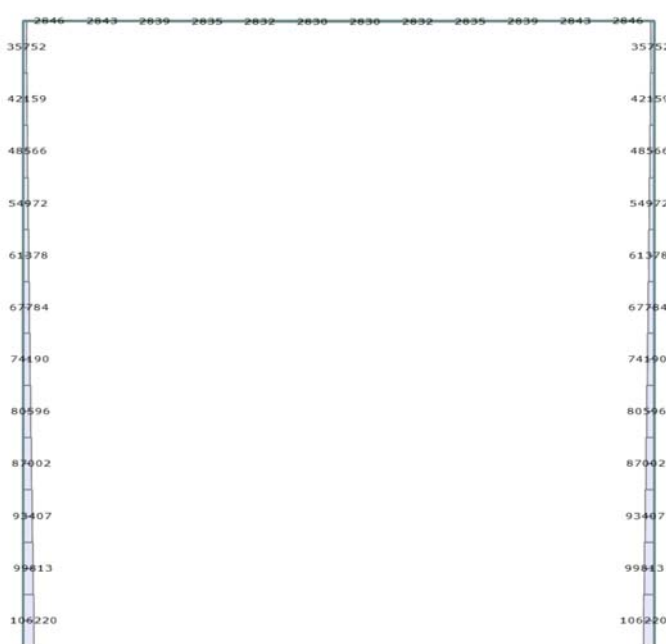
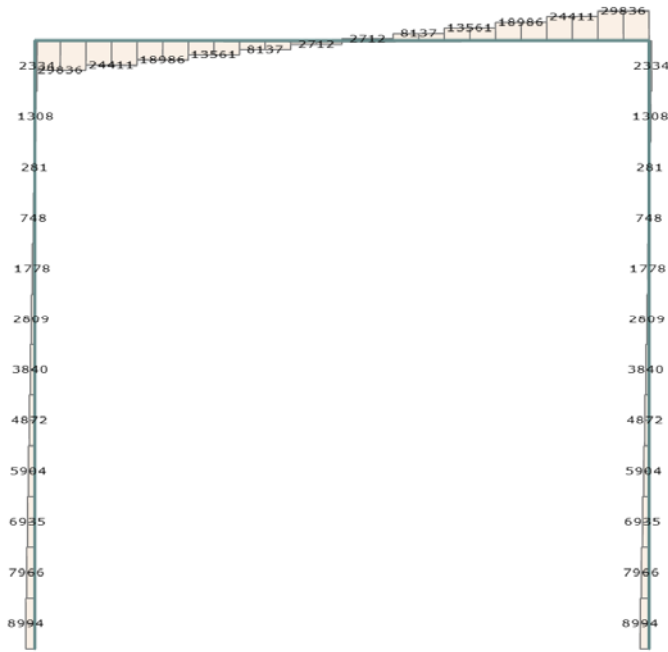


Figura 11-38. Sforzo normale agente

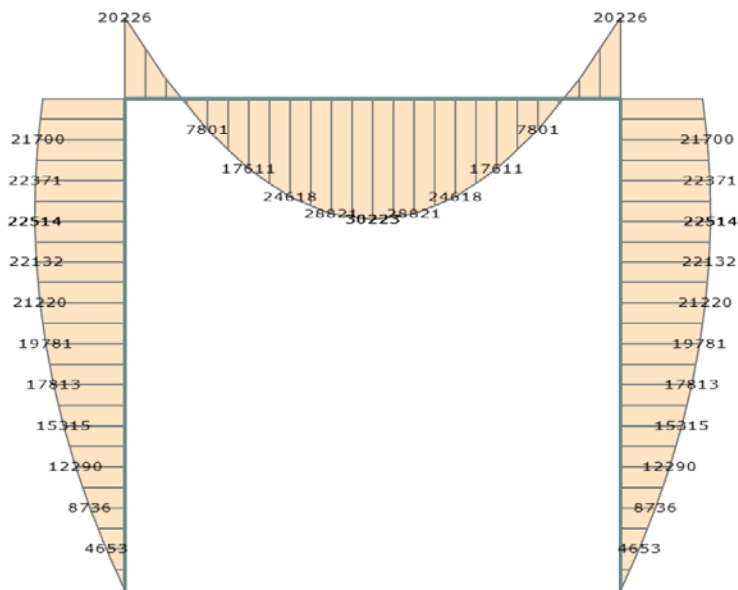


APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>		<h2 style="margin: 0;">ITINERARIO NAPOLI – BARI</h2> <h3 style="margin: 0;">RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</h3>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>							
PROGETTO ESECUTIVO <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 011	REV. A	FOGLIO 100 di 109



Diamond 2016 for SAFIR  
FILE : portaleL6.2  
NODES : 73  
BEAMS : 36  
**BEAMS PLOT**  
INITIAL CONFIGURATION  
RESULTS ON DISPLACED CONF.  
SHEAR FORCE VZ PLOT  
TIME : 60 sec  
**BEAMS :**  
 Beam Element  
**Shear forces in N**

Figura 11-39. Sforzo di taglio



Diamond 2016 for SAFIR  
FILE : portaleL6.2  
NODES : 73  
BEAMS : 36  
**BEAMS PLOT**  
BENDING MOMENT MZ PLOT  
TIME : 60 sec  
**BEAMS :**  
 Beam Element  
**Bending moments in N.m**

Figura 11-40. Momento flettente

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio                  Soci <b>ORSARA - BOVINO AV    WEBUILD ITALIA                  PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria                  Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A                  NET ENGINEERING                  PINI</b> <b>                                                 GCF                  ELETTRI-FER</b> <b>                                                 TUNNELCONSULT</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 011	REV. A	FOGLIO 101 di 109

### 11.3.2 Risultati al tempo t = 30 min

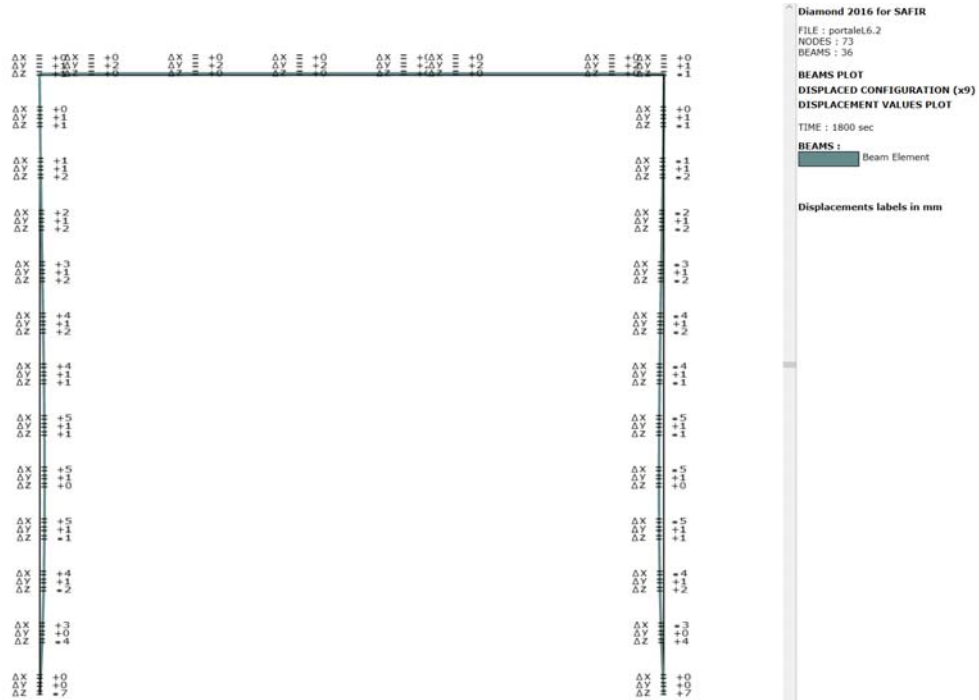


Figura 11-41. Configurazione deformata

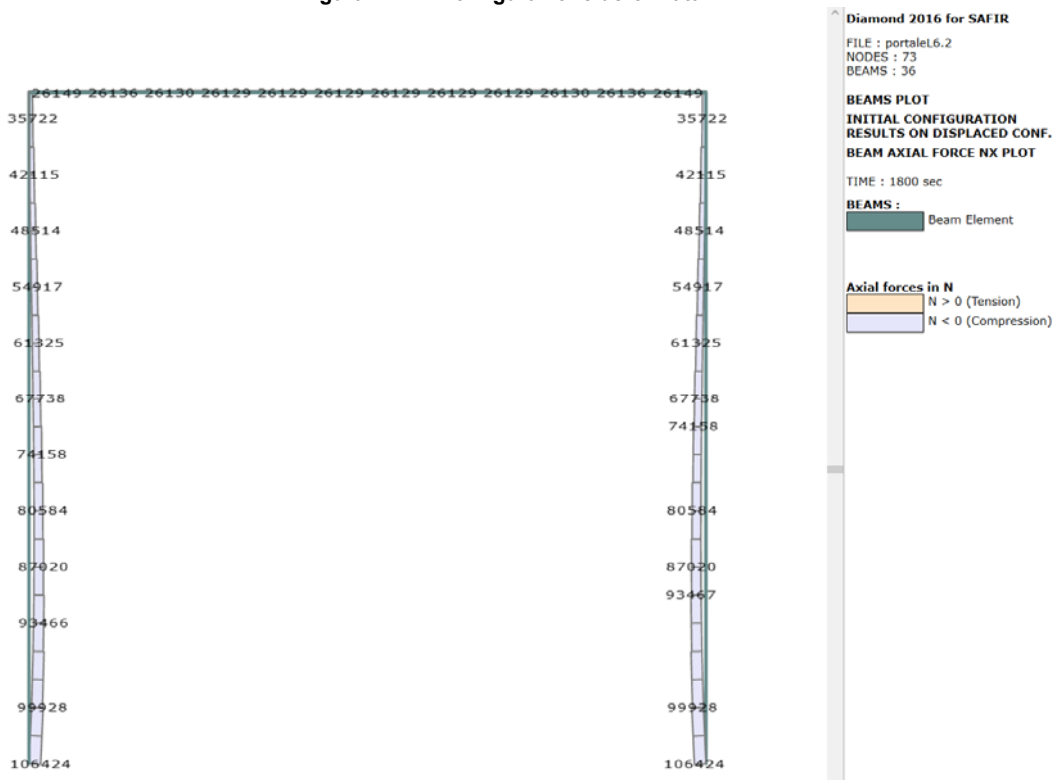


Figura 11-42. Sforzo normale agente

APPALTATORE: Consorzio Soci <b>ORSARA - BOVINO AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI</b>		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandataria Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI</b> <b>GCF ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>							
PROGETTO ESECUTIVO <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 011	REV. A	FOGLIO <b>102 di 109</b>

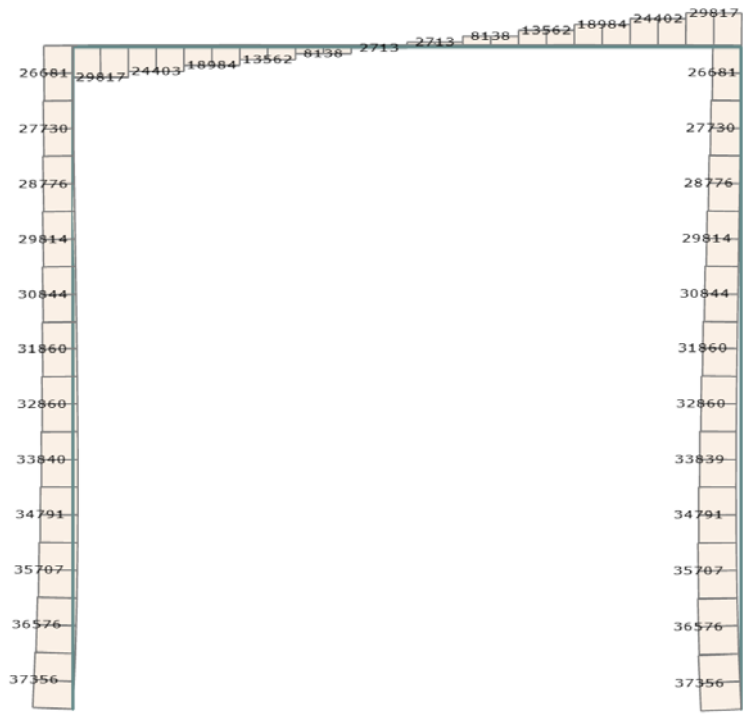


Figura 11-43. Sforzo di taglio

Diamond 2016 for SAFIR  
 FILE : portaleL6.2  
 NODES : 73  
 BEAMS : 36

BEAMS PLOT  
 INITIAL CONFIGURATION  
 RESULTS ON DISPLACED CONF.  
 SHEAR FORCE VZ PLOT

TIME : 1800 sec

BEAMS :  
 Beam Element

Shear forces in N

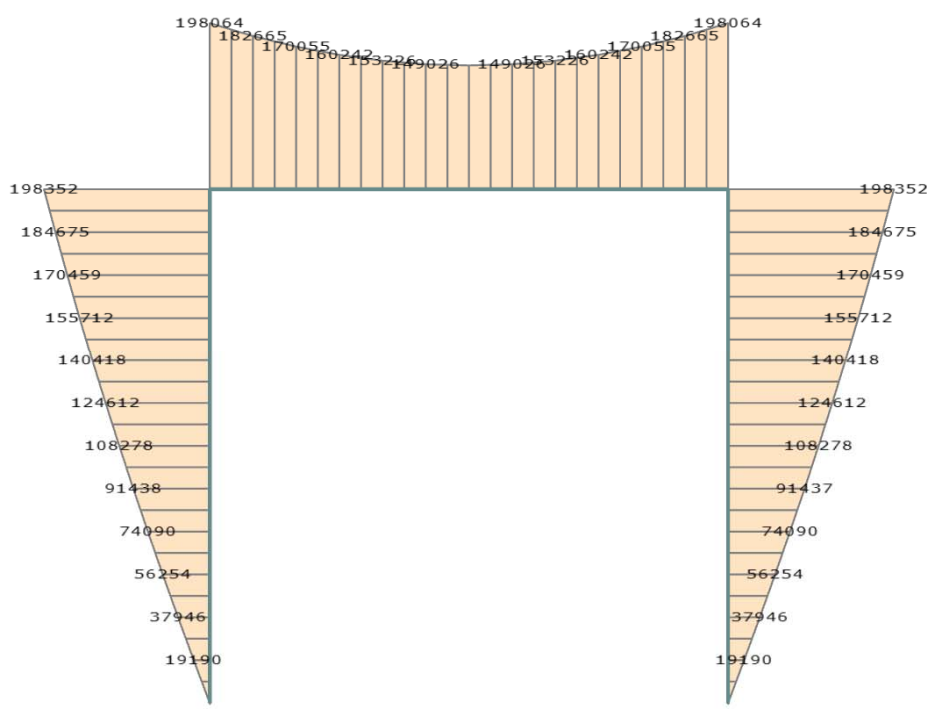


Figura 11-44. Momento flettente

Diamond 2016 for SAFIR  
 FILE : portaleL6.2  
 NODES : 73  
 BEAMS : 36

BEAMS PLOT  
 BENDING MOMENT MZ PLOT

TIME : 1800 sec

BEAMS :  
 Beam Element

Bending moments in N.m



<b>APPALTATORE:</b> Consorzio Soci <b>ORSARA - BOVINO AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria Mandanti <b>ROCKSOIL S.P.A NET ENGINEERING PINI</b> <b>GCF ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 011	REV. A	FOGLIO 103 di 109

### 11.3.3 Risultati al tempo $t = 60$ min

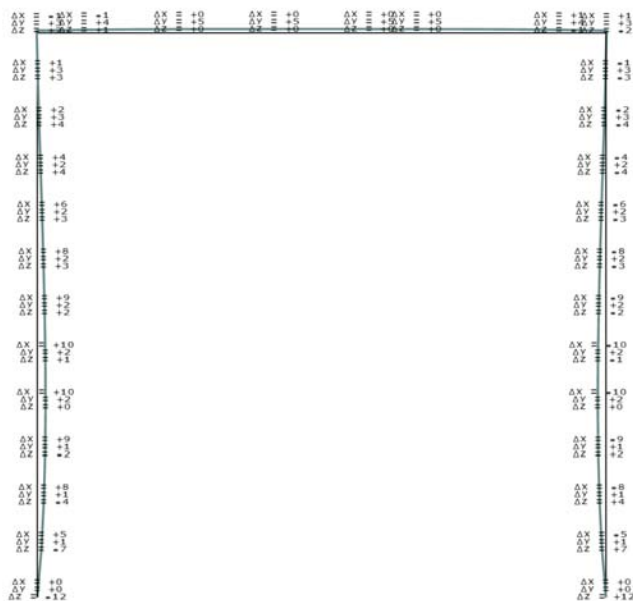


Figura 11-45. Configurazione deformata

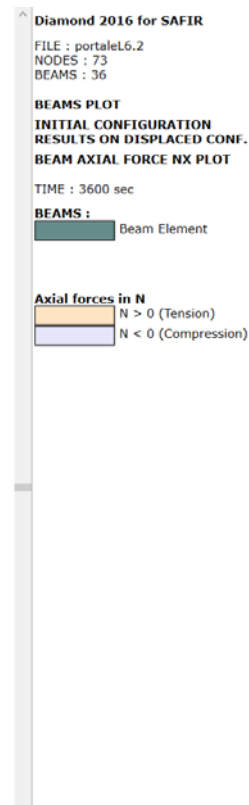
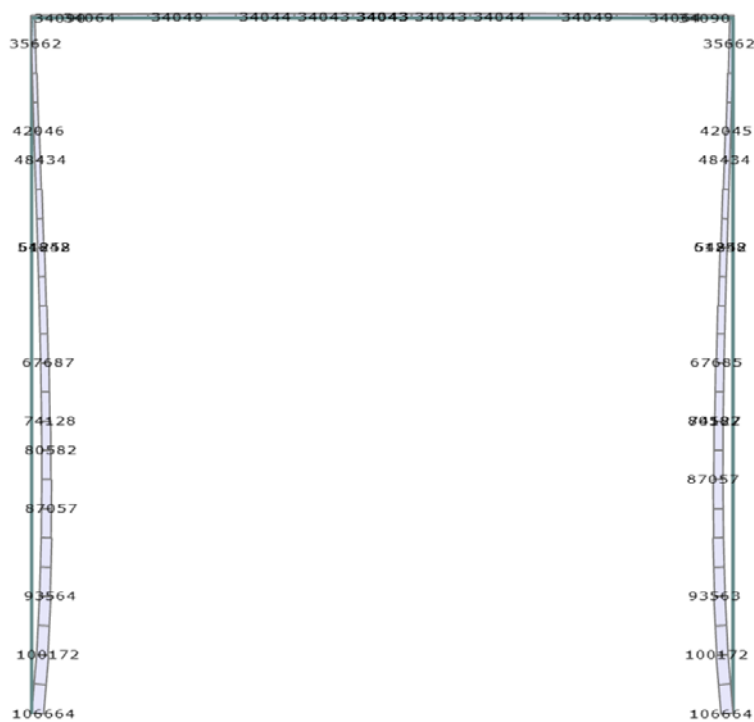


Figura 11-46. Sforzo normale agente

APPALTATORE: <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> ORSARA - BOVINO AV    WEBUILD ITALIA                      PIZZAROTTI		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>			
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> ROCKSOIL S.P.A                      NET ENGINEERING                      PINI GCF                                              ELETTRI-FER TUNNELCONSULT		<b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>			
PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 011	REV.                      FOGLIO A                              104 di 109

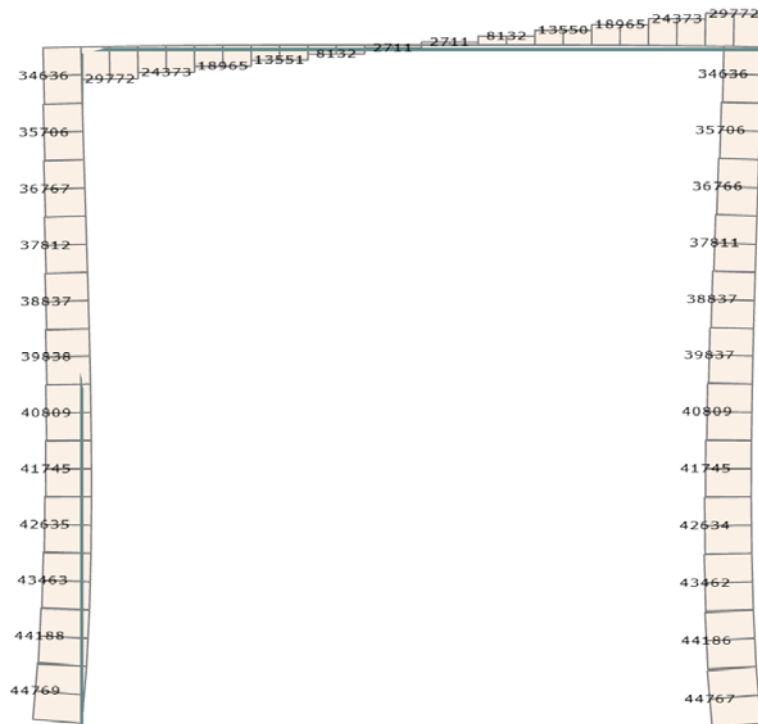


Figura 11-47. Sforzo di taglio

Diamond 2016 for SAFIR

FILE : portaleL6.2  
NODES : 73  
BEAMS : 36

BEAMS PLOT  
INITIAL CONFIGURATION  
RESULTS ON DISPLACED CONF.  
SHEAR FORCE VZ PLOT

TIME : 3600 sec

BEAMS :  
 Beam Element

Shear forces in N

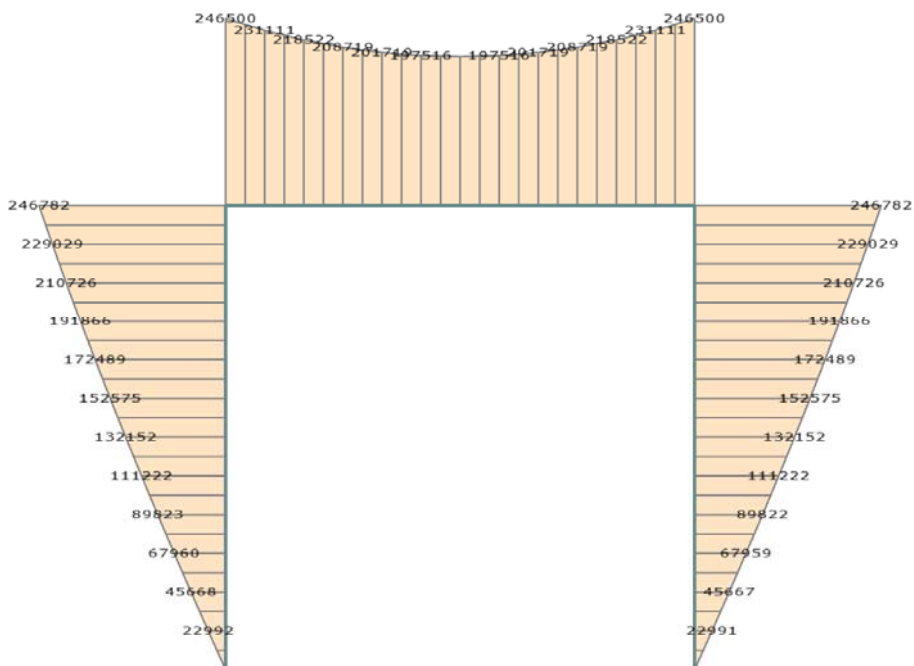


Figura 11-48. Momento flettente

Diamond 2016 for SAFIR

FILE : portaleL6.2  
NODES : 73  
BEAMS : 36

BEAMS PLOT  
BENDING MOMENT MZ PLOT

TIME : 3600 sec

BEAMS :  
 Beam Element

Bending moments in N.m

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER TUNNELCONSULT	COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 011	REV. A	FOGLIO 105 di 109
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>						

### 11.3.4 Risultati al tempo t = 90 min

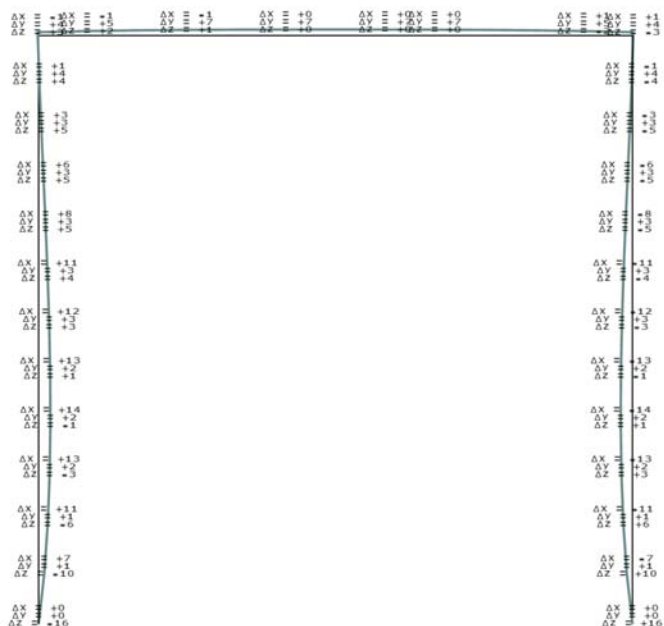


Figura 11-49. Configurazione deformata

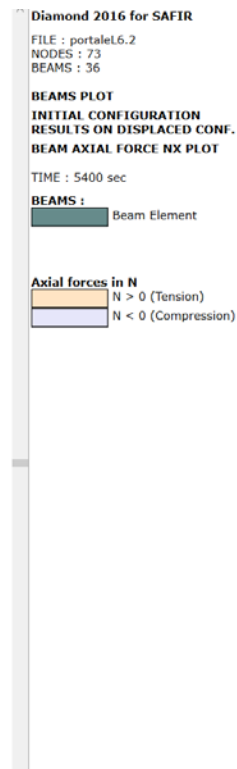
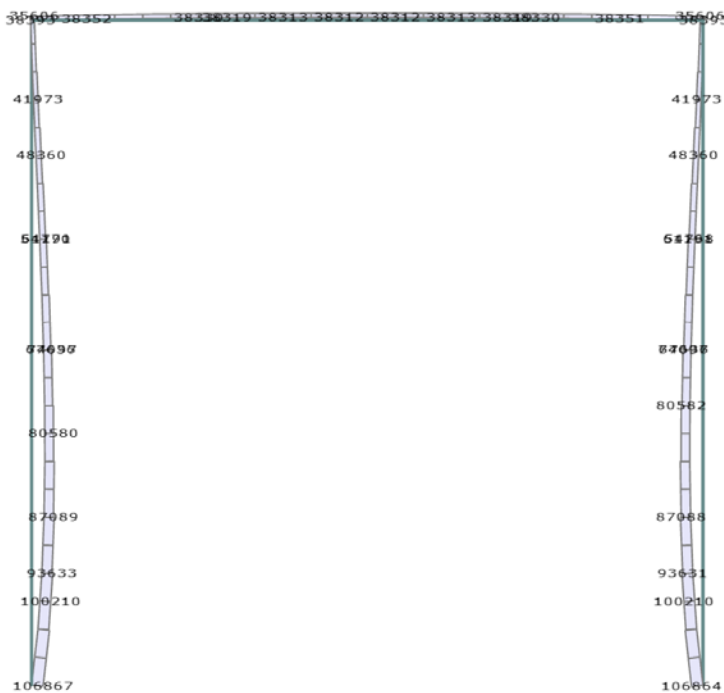
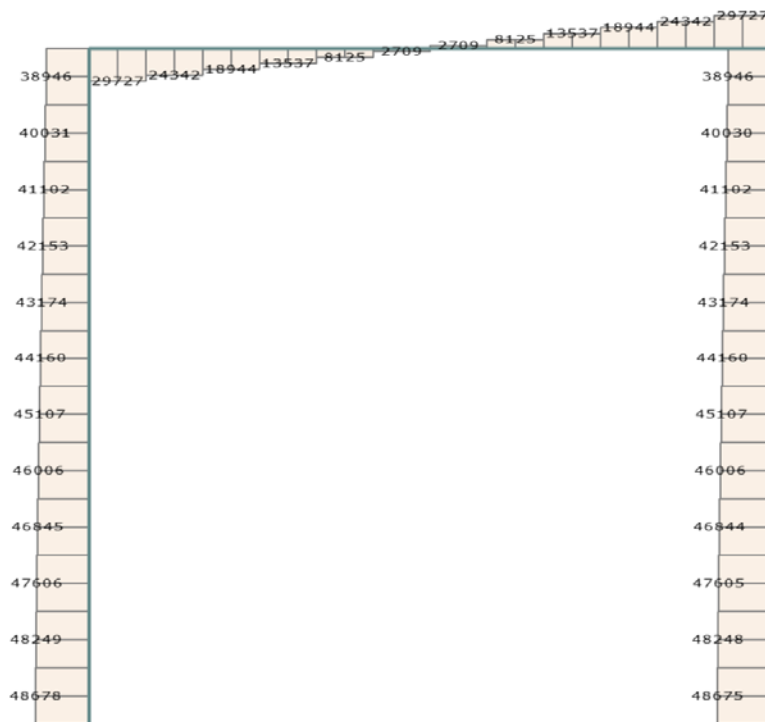


Figura 11-50. Sforzo normale agente

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI</b>		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI</b> <b>GCF ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>							
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE</b> <b>GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b>		<b>COMMESSA</b> IF3A	<b>LOTTO</b> 02	<b>CODIFICA</b> E ZZ RH	<b>DOCUMENTO</b> GN0100 011	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 106 di 109



Diamond 2016 for SAFIR

FILE : portaleL6.2  
 NODES : 73  
 BEAMS : 36

**BEAMS PLOT**

**SHEAR FORCE VZ PLOT**

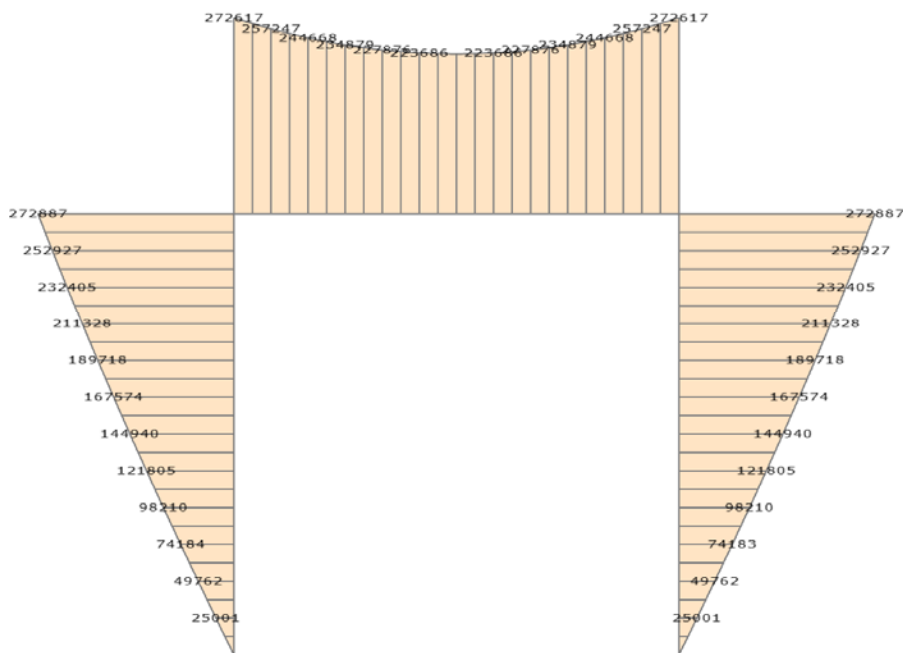
TIME : 5400 sec

**BEAMS :**

Beam Element

Shear forces in N

Figura 11-51. Sforzo di taglio



Diamond 2016 for SAFIR

FILE : portaleL6.2  
 NODES : 73  
 BEAMS : 36

**BENDING MOMENT MZ PLOT**

TIME : 5400 sec

Bending moments in N.m

Figura 11-52. Momento flettente

<b>APPALTATORE:</b> Consorzio <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>					
<b>PROGETTAZIONE:</b> Mandataria <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER TUNNELCONSULT							
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO		COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 011	REV. A	FOGLIO 107 di 109

### 11.3.5 Risultati al tempo t = 120 min

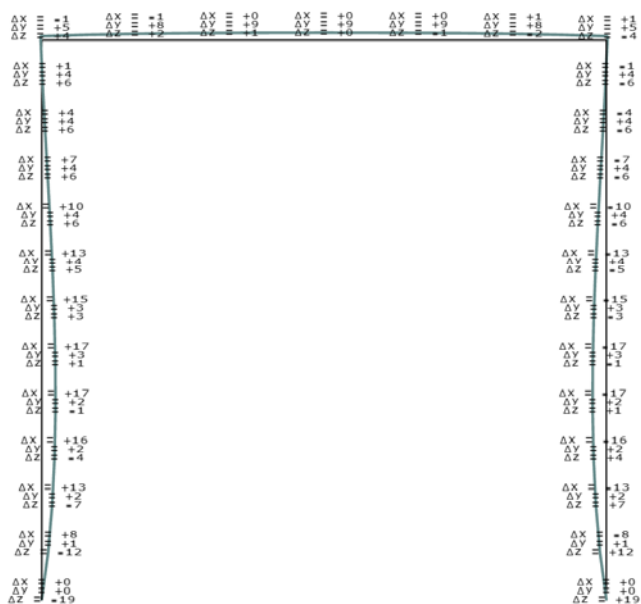


Figura 11-53. Configurazione deformata

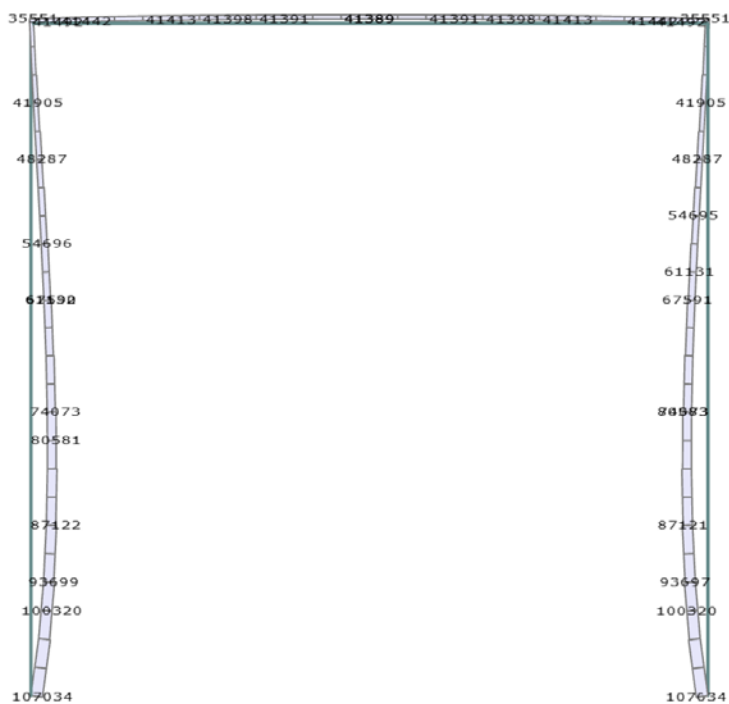
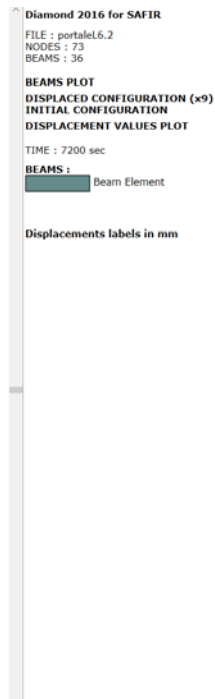
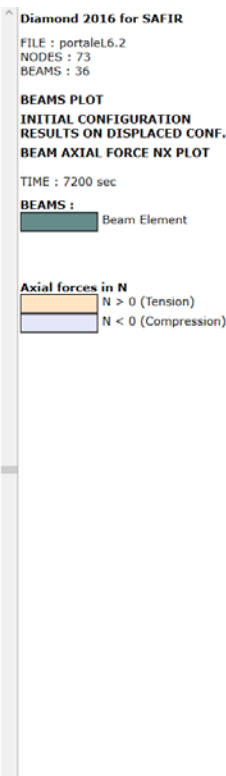


Figura 11-54. Sforzo normale agente



<p>APPALTATORE:</p> <p>Conorzio <u>Soci</u></p> <p>ORSARA - BOVINO AV WEBUILD ITALIA PIZZAROTTI</p>	<p style="text-align: center;"><b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b></p> <p style="text-align: center;"><b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b></p>												
<p>PROGETTAZIONE:</p> <p>Mandataria <u>Mandanti</u></p> <p>ROCKSOIL S.P.A. NET ENGINEERING PINI GCF ELETTRI-FER TUNNELCONSULT</p>													
<p>PROGETTO ESECUTIVO</p> <p><b>RELAZIONE DI CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO DELLE GALLERIE ARTIFICIALI E DEL POZZO</b></p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF3A</td> <td>02</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GN0100 011</td> <td>A</td> <td>108 di 109</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF3A	02	E ZZ RH	GN0100 011	A	108 di 109
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF3A	02	E ZZ RH	GN0100 011	A	108 di 109								

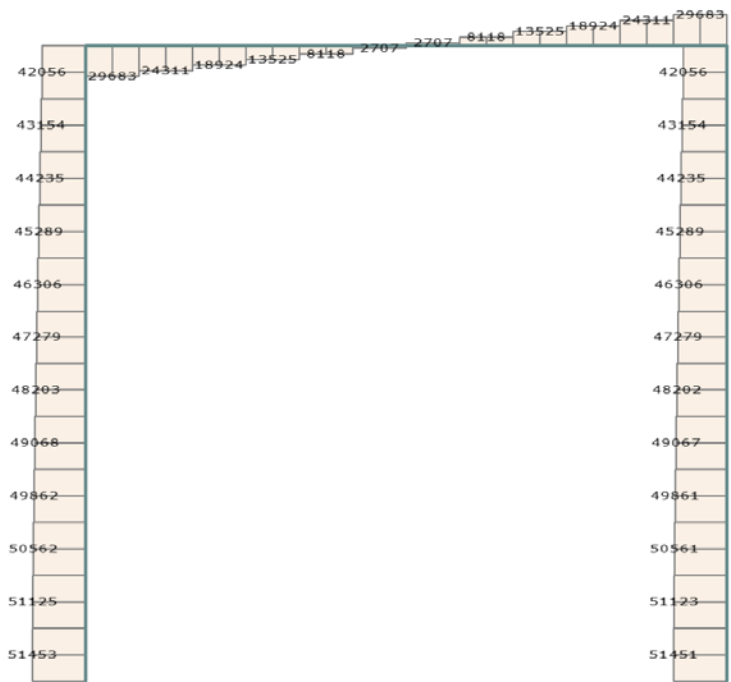


Figura 11-55. Sforzo di taglio

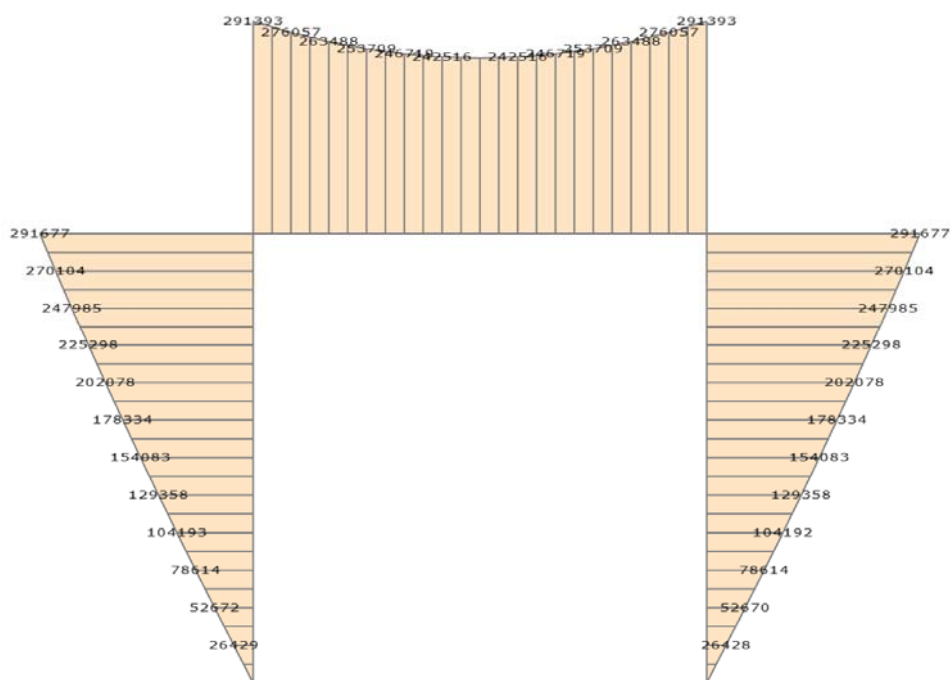
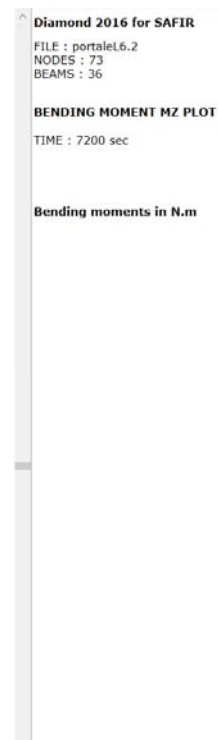


Figura 11-56. Momento flettente





<b>APPALTATORE:</b> <u>Consorzio</u> <u>Soci</u> <b>ORSARA - BOVINO AV</b> <b>WEBUILD ITALIA</b> <b>PIZZAROTTI</b>	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA ORSARA – BOVINO</b>										
<b>PROGETTAZIONE:</b> <u>Mandatario</u> <u>Mandanti</u> <b>ROCKSOIL S.P.A</b> <b>NET ENGINEERING</b> <b>PINI</b> <b>GCF</b> <b>ELETTRI-FER</b> <b>TUNNELCONSULT</b>						<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td data-bbox="738 331 858 383">COMMESSA IF3A</td> <td data-bbox="874 331 954 383">LOTTO 02</td> <td data-bbox="975 331 1082 383">CODIFICA E ZZ RH</td> <td data-bbox="1121 331 1241 383">DOCUMENTO GN0100 011</td> <td data-bbox="1305 331 1353 383">REV. A</td> <td data-bbox="1401 331 1479 383">FOGLIO 109 di 109</td> </tr> </table>					COMMESSA IF3A
COMMESSA IF3A	LOTTO 02	CODIFICA E ZZ RH	DOCUMENTO GN0100 011	REV. A	FOGLIO 109 di 109						

## 12 CONCLUSIONI

Dai risultati delle analisi è possibile constatare come la struttura sia sempre in grado di resistere alle sollecitazioni e al degrado delle caratteristiche meccaniche generate da una curva d'incendio di tipo RWS per un tempo superiore alle 2 ore. In questo lasso di tempo la struttura infatti è sempre in grado trovare nuove configurazioni equilibrate che garantiscono la sicurezza strutturale della galleria e del tunnel tipo 1 e 2.