

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



IL DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE:

Ing. Paolo Cucino

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. DI TRENTO  
Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche  
Dot. Paolo Cucino  
ISCRIZIONE ALBO N° 2216

### PROGETTO ESECUTIVO

### PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"

RELAZIONE

00 - ELABORATI GENERALI

-  
-

Analisi delle sollecitazioni termiche sulla pensilina del PES per treno incendiato

APPALTATORE		SCALA:
IL DIRETTORE TECNICO 		-

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

I B O U    1 B    E    Z Z    R G    M D 0 0 0 0    0 2 7    A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	L. Fratello	13/03/2023	S. Giua	14/03/2023	D. Buttafoco (Dolomiti)	15/03/2023	IL PROGETTISTA P. Cucino

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. DI TRENTO  
Dot. Paolo Cucino  
ISCRIZIONE ALBO N° 2216

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI          REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA          LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA          TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria													
<b>00 - ELABORATI GENERALI</b> Analisi delle sollecitazioni termiche sulla pensilina del PES per treno incendiato	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IBOU</td> <td>1BEZZ</td> <td>RH</td> <td>MD0000027</td> <td>A</td> <td>2 di 37</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IBOU	1BEZZ	RH	MD0000027	A	2 di 37
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.								
IBOU	1BEZZ	RH	MD0000027	A	2 di 37								

File: IBOU1BEZZRHMD0000027A.docx	n. Elab.: X
----------------------------------	-------------

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
<b>00 - ELABORATI GENERALI</b>		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Analisi delle sollecitazioni termiche sulla pensilina del PES per treno incendiato		IBOU	1BEZZ	RH	MD0000027	A	3 di 37

## SOMMARIO

<b>1.</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>INTRODUZIONE NORMATIVA</b> .....	<b>5</b>
<b>3.</b>	<b>LA MODELLAZIONE DELL'INCENDIO</b> .....	<b>9</b>
<b>4.</b>	<b>ANALISI FLUIDODINAMICA: IL CODICE FDS</b> .....	<b>11</b>
<b>5.</b>	<b>GEOMETRIA DELLA STAZIONE</b> .....	<b>13</b>
<b>6.</b>	<b>MODELLO FLUIDODINAMICO</b> .....	<b>14</b>
6.1	SVILUPPO DELL'INCENDIO.....	14
6.2	POSIZIONI D'INCENDIO .....	14
6.3	SCENARI D'INCENDIO .....	15
6.4	CURVA HRR.....	16
6.5	DIMENSIONE DELLA MESH.....	16
6.6	MODELLO FDS .....	17
6.7	OUTPUT DEL MODELLO.....	18
<b>7.</b>	<b>RISULTATI</b> .....	<b>19</b>
7.1	RISULTATI SCENARIO 1.....	19
7.2	RISULTATI SCENARIO 2.....	23
7.3	RISULTATI SCENARIO 3.....	28
7.4	RISULTATI SCENARIO 4.....	33
7.5	RISULTATI SCENARIO 5.....	35
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONI</b> .....	<b>37</b>

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI          REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA          LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA          TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">COMMESSA</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">FOGLIO.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IBOU</td> <td>1BEZZ</td> <td>RH</td> <td>MD0000027</td> <td>A</td> <td>4 di 37</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IBOU	1BEZZ	RH	MD0000027	A	4 di 37
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.													
IBOU	1BEZZ	RH	MD0000027	A	4 di 37													
<b>00 - ELABORATI GENERALI</b> Analisi delle sollecitazioni termiche sulla pensilina del PES per treno incendiato																		

## 1. PREMESSA

Il presente elaborato ha come oggetto l'analisi d'incendio nella stazione di Ponte Gardena, su cui si innestano le due interconnessioni BD e BP della tratta ferroviaria Fortezza – Ponte Gardena.

In particolare, risulta necessario effettuare un'analisi termica sulle varie componenti della pensilina di stazione a copertura dei PES (Binario 1 e 4).

I risultati del modello fluidodinamico verranno accoppiati con uno studio strutturale ed eventuali test di sistema.

I diversi elementi della pensilina devono sopportare le sollecitazioni termiche derivanti dall'incendio per un tempo di 120 minuti, per garantire che avvengano in condizioni di sicurezza sia l'esodo degli utenti, sia le operazioni di spegnimento da parte dei VVF.

La presente relazione riporta l'applicazione del metodo prestazionale per la determinazione della curva naturale di incendio derivante da un evento generato da un treno fermo al di sotto della pensilina.

La relazione riporta i risultati delle analisi mirate alla determinazione della curva tempo-temperatura da applicare come sollecitazione alla struttura.

Le verifiche strutturali sono contenute in un documento separato.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
Mandatario:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>00 - ELABORATI GENERALI</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Analisi delle sollecitazioni termiche sulla pensilina del PES per treno incendiato	IBOU	1BEZZ	RH	MD0000027	A	5 di 37

## 2. INTRODUZIONE NORMATIVA

La progettazione antincendio, nel rispetto della normativa vigente in materia, può essere effettuata elaborando soluzioni tecniche flessibili ed aderenti alle specifiche caratteristiche ed esigenze delle attività soggette al controllo di prevenzione incendi (metodo prestazionale). In questo contesto si inserisce il Codice di prevenzione incendi (DM 03/08/2015) il quale si propone come promotore del cambiamento, privilegiando l'approccio prestazionale, in grado di garantire standard di sicurezza antincendio elevati mediante un insieme di soluzioni progettuali, sia conformi che alternative.

In sostanza, il Codice rappresenta uno strumento finalizzato all'ottenimento degli obiettivi di sicurezza antincendio, caratterizzato da un linguaggio allineato con gli standard internazionali.

Il CPR, Regolamento Prodotti da Costruzione (UE) n. 305/2011, entrato in vigore il 1 luglio 2013, che ha sostituito la Direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione (CPD) recepita in Italia con il d.p.r. n. 246 del 21 aprile 1993, fissa le condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione, attraverso sette requisiti di base. Tali sette requisiti di base, necessari per una durata di servizio economicamente adeguata, sono relativi a:

- 1) resistenza meccanica e stabilità
- 2) sicurezza in caso di incendio
- 3) igiene, salute e ambiente
- 4) sicurezza e accessibilità nell'uso
- 5) protezione contro il rumore
- 6) risparmio energetico e ritenzione del calore
- 7) uso sostenibile delle risorse naturali.

Solo i materiali conformi ai requisiti del Regolamento CPR e delle corrispondenti Norme Armonizzate possono riportare la marcatura CE ed essere quindi immessi sul mercato nei Paesi dello Spazio Economico Europeo. All'allegato I del CPR, in riferimento alla "sicurezza in caso di incendio", è stabilito che: "le opere di costruzione devono essere concepite e realizzate in modo che, in caso di incendio:

- a) la capacità portante dell'edificio possa essere garantita per un periodo di tempo determinato;
- b) la generazione e la propagazione del fuoco e del fumo al loro interno siano limitate;
- c) la propagazione del fuoco a opere di costruzione vicine sia limitata;
- d) gli occupanti possano abbandonare le opere di costruzione o essere soccorsi in altro modo;
- e) si tenga conto della sicurezza delle squadre di soccorso."

Al perseguimento del requisito in esame contribuiscono tutte le misure attive, passive e gestionali di prevenzione incendi. Nella presente pubblicazione ci si occuperà della misura antincendio di protezione passiva denominata "Resistenza al fuoco". La resistenza al fuoco delle strutture rappresenta una fondamentale misura di protezione per garantire, in condizioni di incendio, un opportuno livello di sicurezza della costruzione; essa concerne la capacità portante e il concetto di compartimentazione che consente di

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>00 - ELABORATI GENERALI</b> Analisi delle sollecitazioni termiche sulla pensilina del PES per treno incendiato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO MD0000027	REV. A	FOGLIO. 6 di 37

frazionare una costruzione in volumi protetti dagli effetti dell'evento incendio, riducendo il rischio di propagazione dello stesso alle aree limitrofe. Il progetto di una struttura con requisiti di resistenza al fuoco o capacità portante in condizioni di incendio, sottoposta ad uno specifico incendio, esprime la garanzia che la stessa sia in grado di sopportare i carichi agenti, prima dell'incendio e quelli eventualmente introdotti a seguito dello stesso, per un tempo prefissato. Dal punto di vista strutturale, il requisito in questione, se riferito al modello di incendio nominale standard, è generalmente indicato con la lettera R seguita dal tempo minimo, espresso in minuti, nel quale la struttura in esame svolge la funzione sopra indicata. Ad esempio, una struttura R90, ove sottoposta all'incendio standard, garantisce la propria capacità portante per un tempo minimo pari a 90 minuti.

In Italia, il panorama normativo relativo al calcolo e alla verifica di resistenza al fuoco rimanda all'applicazione degli Eurocodici (EC) e alle relative appendici contenenti i parametri definiti a livello nazionale (NDP); si segnala che il d.m. 31 luglio 2012 (Approvazione delle Appendici nazionali recanti i parametri tecnici per l'applicazione degli Eurocodici) è attualmente in via di revisione.

Numero norma	Titolo	Recepimento	Errata corrige
UNI EN 1991-1-2:2004	Eurocodice 1 Azioni sulle strutture - Parte 1-2: Azioni in generale - Azioni sulle strutture esposte al fuoco	EN 1991-1-2:2002	EC 1-2010 EC 2-2013
UNI EN 1992-1-2:2005	Eurocodice 2 Progettazione delle strutture di calcestruzzo Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio	EN 1992-1-2:2004	
UNI EN 1993-1-2:2005	Eurocodice 3 Progettazione delle strutture di acciaio Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio	EN 1993-1-2:2005	EC 1-2007 EC 2-2011
UNI EN 1994-1-2:2014	Eurocodice 4 Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio	EN 1994-1- 2:2005/A1:2014 EN 1994-1-2:2005	
UNI EN 1995-1-2:2005	Eurocodice 5 Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio	EN 1995-1-2:2004	EC 1-2008 EC 2-2010
UNI EN 1996-1-2:2005	Eurocodice 6 Progettazione delle strutture di muratura - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio	EN 1996-1-2:2005	EC 1-2011
UNI EN 1999-1-2:2007	Eurocodice 9 Progettazione delle strutture di alluminio - Parte 1-2: Progettazione strutturale contro l'incendio	EN 1999-1-2:2007	EC 1-2010

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
Mandatario:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>00 - ELABORATI GENERALI</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Analisi delle sollecitazioni termiche sulla pensilina del PES per treno incendiato	IBOU	1BEZZ	RH	MD0000027	A	7 di 37

Le parti degli EC strutturali relative al fuoco (generalmente le parti 1-2) affrontano aspetti di verifica della capacità portante in condizioni di incendio e aspetti inerenti la compartimentazione. Esse prendono in esame aspetti specifici della protezione passiva in termini sia di progettazione di elementi strutturali, o strutture complete, in presenza di carichi concomitanti con l'incendio, sia di limitazione della diffusione dell'incendio stesso, ove rilevante.

I livelli di prestazione (vedi punto 3 del d.m. 9 marzo 2007 e par. S.2.2 del Codice) possono essere precisati in relazione a classi di resistenza al fuoco nominali (incendio normalizzato), in generale fornite nei regolamenti antincendio nazionali, oppure, qualora consentito da quest'ultimi, ricorrendo all'ingegneria della sicurezza contro l'incendio per valutare le misure di protezione attive e passive.

In caso di modellazione dell'incendio con curve naturali, le analisi di singole membrature o di parti della struttura non sono in generale consentite dalla normativa italiana (a meno che non si dimostri che i sottosistemi siano più cautelativi). I valori dei coefficienti parziali di sicurezza (per le azioni e per i materiali) sono forniti dal CEN sotto forma di valori raccomandati (NPD) e sono successivamente fissati dagli Stati Membri; l'Italia ha operato tali scelte attraverso il d.m. 31 luglio 2012.

Un procedimento analitico completo di progettazione di strutture resistenti al fuoco considera il comportamento del sistema strutturale a temperature elevate, il potenziale flusso di calore a cui la struttura è esposta e il benefico effetto dei sistemi di protezione attiva e passiva.

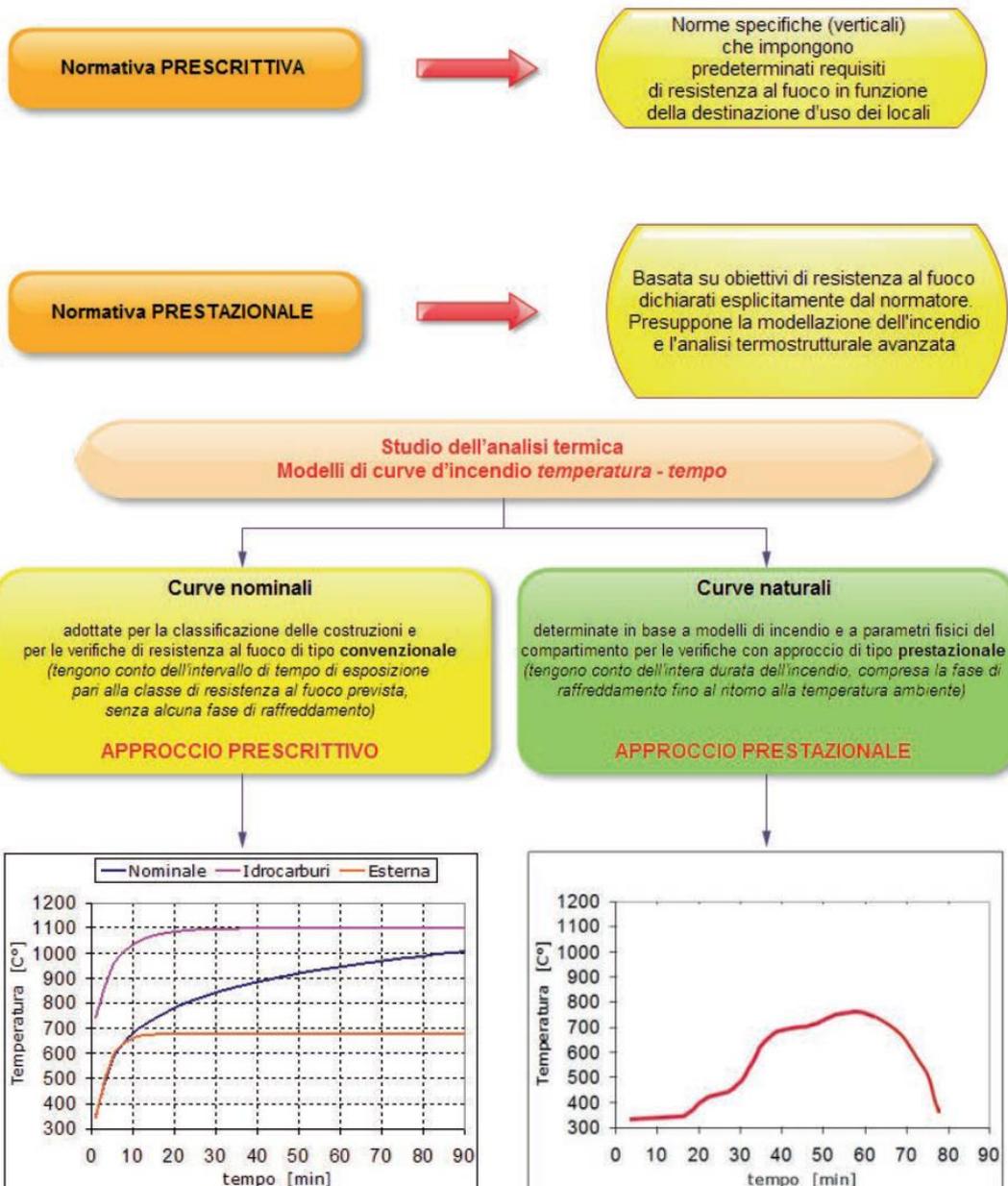
Si segnala, peraltro, che i protettivi, ad oggi, non possono essere certificati in presenza di incendi naturali. Attualmente è possibile eseguire un procedimento di calcolo per determinare una prestazione adeguata, che comprende alcuni, se non tutti, i parametri previsti, e per dimostrare che la struttura o i suoi componenti forniscono una prestazione soddisfacente in un incendio reale.

L'applicazione della parte 1-2 dell'EC1 prevede due procedimenti alternativi di progettazione che vengono illustrati nella figura, dove vengono identificati l'approccio prescrittivo e quello su base prestazionale, utilizzando l'ingegneria di sicurezza antincendio. Nel primo si utilizza l'incendio nominale per generare le azioni termiche, mentre nel secondo ci si riferisce ad azioni termiche basate su parametri fisici e chimici.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>												
PROGETTAZIONE:														
Mandatario:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria													
<b>00 - ELABORATI GENERALI</b>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IBOU</td> <td>1BEZZ</td> <td>RH</td> <td>MD0000027</td> <td>A</td> <td>8 di 37</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IBOU	1BEZZ	RH	MD0000027	A	8 di 37
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.									
IBOU	1BEZZ	RH	MD0000027	A	8 di 37									
Analisi delle sollecitazioni termiche sulla pensina del PES per treno incendiato														

### L'EVOLUZIONE DELLA NORMATIVA SULLA RESISTENZA AL FUOCO

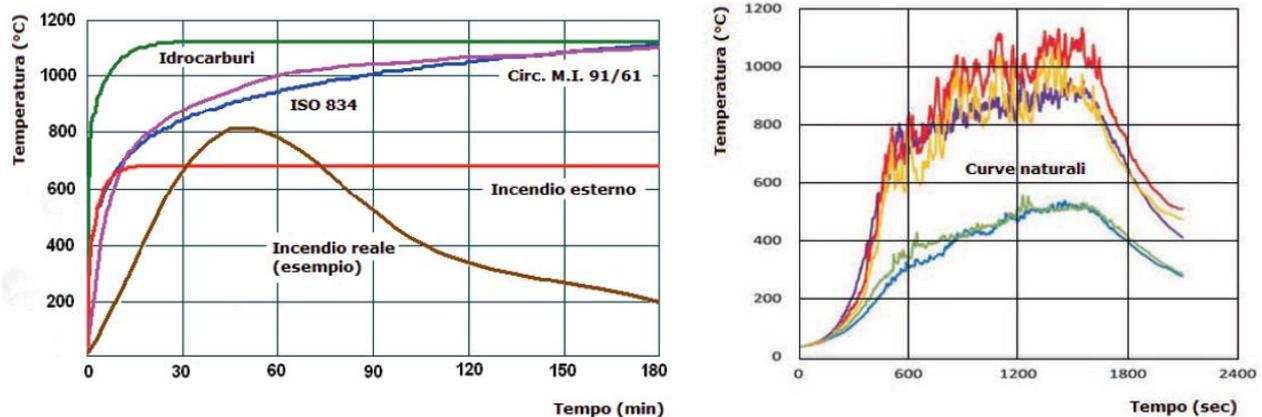
Segna il passaggio da un sistema deterministico e prescrittivo ad un sistema probabilistico (o semi probabilistico) e prestazionale



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>00 - ELABORATI GENERALI</b> Analisi delle sollecitazioni termiche sulla pensina del PES per treno incendiato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO MD0000027	REV. A	FOGLIO. 9 di 37

### 3. LA MODELLAZIONE DELL'INCENDIO

In riferimento alla determinazione dell'andamento della temperatura ambiente durante le fasi dell'incendio, la normativa europea consente, in pratica, due approcci per la risoluzione dell'analisi termica. Sono ammesse curve di incendio, tempo-temperatura, nominali (approccio prescrittivo) e naturali (approccio prestazionale): la curva nominale è adottata per la classificazione delle costruzioni e per le verifiche di resistenza al fuoco di tipo convenzionale; essa rappresenta essenzialmente la fase post flashover (incendio pienamente sviluppato), senza considerare le fasi di innesco, propagazione e raffreddamento; la curva naturale viene determinata in base a modelli d'incendio, e a parametri fisici, che definiscono le variabili di stato all'interno del compartimento; essa agisce sugli elementi costruttivi per l'intera durata dell'incendio, compresa la fase di raffreddamento, fino al ritorno alla temperatura ambiente.



CURVE NOMINALI E NATURALI

Le curve nominali, esprimendo una semplificazione dell'evento incendio, risultano comode per le sperimentazioni dei materiali, consentendo una standardizzazione delle prove nei paesi europei e, nel contempo, si prestano ad una facile implementazione nei laboratori di prova (vedi punto 3.2 della norma UNI EN 1991-1-2). Di contro, le curve nominali sono in generale poco aderenti all'andamento reale dell'incendio in quanto strettamente crescenti e non influenzate dalla reale distribuzione dei materiali nel compartimento antincendio.

Una curva nominale tipicamente utilizzata è la curva standard ISO 834:

$T_g = 20 + 345 \times \log_{10}(8t + 1)$  dove: •  $t$  è il tempo, espresso in minuti; •  $T_g$  è la temperatura in °C.

I modelli di incendi naturali sono di tre tipologie:

- modelli di incendio sperimentali (es.: prove di incendio su scala reale);
- modelli di incendio numerici semplificati (es.: curve parametriche);
- modelli di incendio numerici avanzati (modelli a zone e di campo).

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI          REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA          LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA          TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">COMMESSA</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">FOGLIO.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IBOU</td> <td>1BEZZ</td> <td>RH</td> <td>MD0000027</td> <td>A</td> <td>10 di 37</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IBOU	1BEZZ	RH	MD0000027	A	10 di 37
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.													
IBOU	1BEZZ	RH	MD0000027	A	10 di 37													
<b>00 - ELABORATI GENERALI</b> Analisi delle sollecitazioni termiche sulla pensilina del PES per treno incendiato																		

Le curve d'incendio parametriche si basano sull'ipotesi che la temperatura rimanga uniforme all'interno del compartimento interessato dall'incendio, fornendo un modello semplificato del comportamento dell'incendio. Una curva parametrica tiene conto della dimensione del compartimento, del carico d'incendio, delle condizioni di ventilazione e delle proprietà termiche dei muri e del soffitto presenti nel compartimento. In confronto alla curva d'incendio standard, la curva parametrica fornisce una stima più aderente e significativa rispetto al reale andamento dell'incendio nel compartimento considerato. Le curve parametriche, come detto, tengono conto, in maniera approssimata, dell'andamento della temperatura nel tempo: sono evidenziate, infatti, una fase crescente (riscaldamento e propagazione) ed una fase decrescente (raffreddamento ed estinzione), con il raggiungimento di una temperatura di picco, più o meno elevata a seconda del quantitativo di combustibile presente e della probabilità di apporto di ossigeno fresco proveniente dall'esterno.

I modelli di incendi naturali permettono la descrizione del reale andamento della temperatura nei locali interessati dall'incendio, considerando anche l'estensione del focolaio e dello strato dei fumi caldi nelle fasi iniziali dell'incendio (ad esempio con i modelli a due zone) che sono quelle più delicate dal punto di vista dell'evacuazione degli occupanti e dello svolgimento delle operazioni di soccorso. Rinviando alla specifica letteratura si accenna solamente all'esistenza di modelli di incendio numerici avanzati (modelli a zone e di campo). I modelli a zone derivano da modelli di fluidodinamica computazionale sviluppati per lo studio dell'incendio, focalizzando il comportamento dei flussi termici a bassa velocità dei gas di combustione. Tali modelli suddividono l'ambiente da esaminare in zone macroscopiche; il numero di tali zone è funzione del livello di dettaglio richiesto, all'interno delle quale saranno valutate le grandezze rappresentative. All'interno di tali zone, i parametri temperatura ( $Q_g$  è la temperatura del gas nel compartimento antincendio), densità e pressione si assumono uniformi ma variabili nel tempo. Il modello a due zone si utilizza nello studio di incendi localizzati (fase pre flashover), mentre quello ad una zona viene applicato nello studio di incendi pienamente sviluppati (fase post flashover). La casistica degli incendi di tipo localizzato, dove si assiste ad un'accumulazione di prodotti di combustione in corrispondenza dello strato superiore adiacente il soffitto e soprastante lo strato inferiore, dove le temperature dei gas si mantengono più fredde, risulta efficacemente riprodotta da un modello a due zone. Il modello a due zone può lavorare in sinergia con quello ad una zona, al fine di ottenere una descrizione completa della genesi dell'incendio, dalla fase di innesco a quella di estinzione.

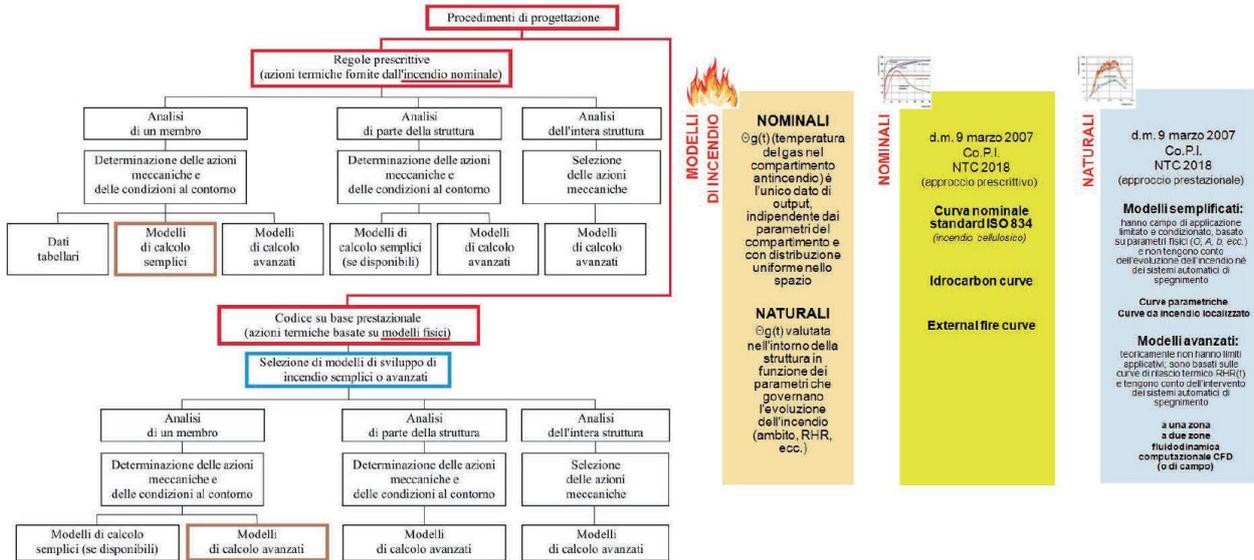
Infine è possibile utilizzare i modelli di campo (modelli numerici euleriani); essi sono implementati nei software specialistici di fluidodinamica computazionale (CFD) ed offrono la più avanzata opportunità di simulazione dell'incendio ad oggi disponibile, ed oggi stanno sempre più prendendo piede come pratica progettuale anche grazie all'incremento della potenza di calcolo dei server, al miglioramento delle interfacce utente, ma principalmente alla formazione dei giovani ingegneri che sono abituati all'utilizzo di tali strumenti.

Il compartimento o l'ambiente da simulare viene suddiviso in una griglia/mesh tridimensionale costituita da elementi cubici per i quali si risolvono le equazioni differenziali di conservazione dell'energia, della massa e della quantità di moto abbinate ad idonei modelli di turbolenza e di scambio termico con le pareti.

L'approccio è sviluppato utilizzando i metodi delle differenze finite, degli elementi finiti o degli elementi di confine; gli output sono di tipo tridimensionale e, raffrontati ai modelli a zone, risultano ovviamente assai

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>00 - ELABORATI GENERALI</b> Analisi delle sollecitazioni termiche sulla pensina del PES per treno incendiato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO MD0000027	REV. A	FOGLIO. 11 di 37

piu dettagliati. La successiva figura riporta i quadro sinottico dei metodi da adottare per la scelta deio modelli.



QUADRO SINOTTICO DEI CRITERI PER LA SCELTA DEI MODELLI DI INCENDIO

#### 4. ANALISI FLUIDODINAMICA: IL CODICE FDS

L'analisi fluidodinamica è stata condotta utilizzando un software di fluidodinamica computazionale (CFD – Computational Fluid Dynamics) che offre una accurata possibilità di simulare lo sviluppo di un incendio nel tempo e nello spazio. Attraverso la fluidodinamica computazionale è possibile, infatti, pervenire al calcolo dei campi vettoriali di velocità e scalari di temperatura e concentrazione tramite l'integrazione numerica delle equazioni differenziali rappresentative dei bilanci accoppiati di quantità di moto, energia e materia.

Tramite un codice CFD si può modellare uno scenario fluidodinamico attraverso le seguenti fasi:

- Definizione del dominio di calcolo nel quale si sviluppa il fenomeno oggetto di studio e la sua discretizzazione.
- Definizione del modello fisico e di quello numerico.
- Definizione delle condizioni al contorno, specificando le proprietà termo – chimiche ai confini del dominio di calcolo.
- Risoluzione delle equazioni in maniera iterativa, fino al raggiungimento di un predefinito grado di accuratezza controllato con verifiche continue sui resti risultanti dalla soluzione approssimata delle equazioni esatte.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST	M Ingegneria		
<b>00 - ELABORATI GENERALI</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Analisi delle sollecitazioni termiche sulla pensilina del PES per treno incendiato	IBOU	1BEZZ	RH	MD0000027	A	12 di 37

- Resa grafica dei risultati ottenuti, con rappresentazione di campi e variabili nel tempo.
- Analisi dei risultati ottenuti.

Lo strumento utilizzato è il software Fire Dynamics Simulator (FDS), basato su CFD sviluppato da Building and Fire Research Laboratory, affiliato al NIST (National Institute of Standards and Technology).

Il software è scritto in linguaggio Fortran ed è finalizzato a risolvere problemi applicativi di incendio a supporto dell'ingegneria prestazionale antincendio e fornire uno strumento per studiare le dinamiche fondamentali del fuoco e la combustione. Il visualizzatore grafico dei risultati è Smokeview che consente di interpretare gli output di FDS costruiti.

Le equazioni di conservazione di massa, quantità di moto ed energia vengono risolte utilizzando volumi finiti e la soluzione viene aggiornata nel tempo su una griglia rettilinea 3D. La radiazione termica è modellata con il metodo dei volumi finiti utilizzando la stessa griglia. Il movimento del fumo e l'effetto sprinkler sono modellati utilizzando particelle lagrangiane.

Fire Dynamics Simulator è costituito dai seguenti componenti:

- **Geometria:** FDS risolve le equazioni su griglie rettilinee. L'utente definisce la geometria utilizzando blocchi rettangolari.
- **Condizioni al contorno:** a tutte le superfici vengono assegnate condizioni al contorno termiche e/o informazioni sulla caratteristica di combustione del materiale. Il trasferimento di calore e massa da superfici solide è calcolato da correlazioni empiriche.
- **Modello idrodinamico:** FDS risolve una forma di equazioni di Navier-Stokes per flussi a bassa velocità, guidati termicamente, con un'enfasi sul trasporto di fumo e calore dagli incendi. La turbolenza è modellata con il metodo LES. L'idea di base di LES è di risolvere i più grandi moti turbolenti e di filtrare i moti su piccola scala.
- **Modello di combustione:** FDS utilizza un modello di combustione basato sulla miscelazione e sulla reazione infinitamente veloce di specie concentrate. Le specie raggruppate stanno reagendo a quantità scalari che rappresentano una miscela di specie.
- **Trasporto di radiazione:** la radiazione è considerata nelle simulazioni dalla soluzione dell'equazione di trasporto di radiazione per un gas grigio. L'equazione della radiazione viene risolta utilizzando il metodo dei volumi finiti. I coefficienti di assorbimento e scattering si basano sulla teoria di Mie. La dispersione delle specie gassose e della fuliggine non è inclusa nel modello.

FDS rappresenta lo strumento all'avanguardia per la modellazione CFD dei flussi indotti dal fuoco, è stato ampiamente convalidato dalla comunità internazionale in un ampio numero di scenari di incendio, inclusi tunnel, atri grandi e piccoli. Un'ampia serie di esperimenti di convalida può essere trovata anche in Fire Dynamics Simulator – Technical Reference Guide – Validation.

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>00 - ELABORATI GENERALI</b> Analisi delle sollecitazioni termiche sulla pensilina del PES per treno incendiato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO MD0000027	REV. A	FOGLIO. 13 di 37

## 5. GEOMETRIA DELLA STAZIONE

La stazione presenta una zona coperta con un'estensione longitudinale di circa 220 metri.

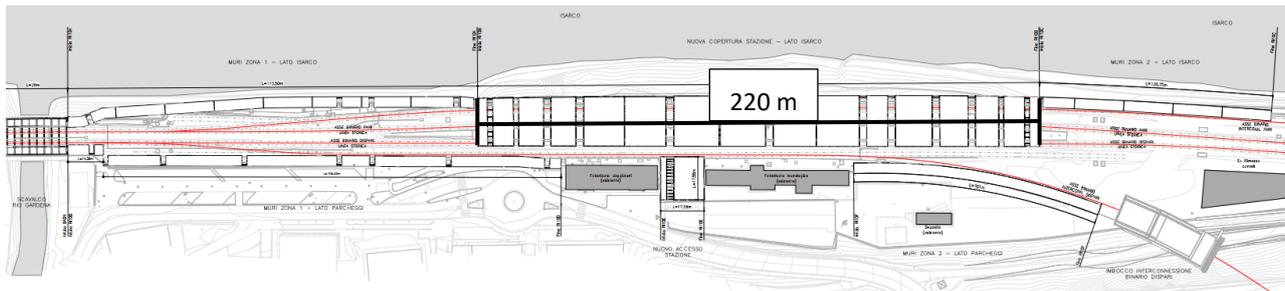


Figura 1: vista in pianta della stazione

La pensilina a copertura della stazione è composta da una parte in acciaio alternata ad una parte vetrata.

I vetri sono disposti in modo da coprire le banchine lasciando un'apertura per l'evacuazione naturale di fumi e calore.

La pensilina è dotata di pendenza; il punto di minima altezza si trova in corrispondenza del PES 4.

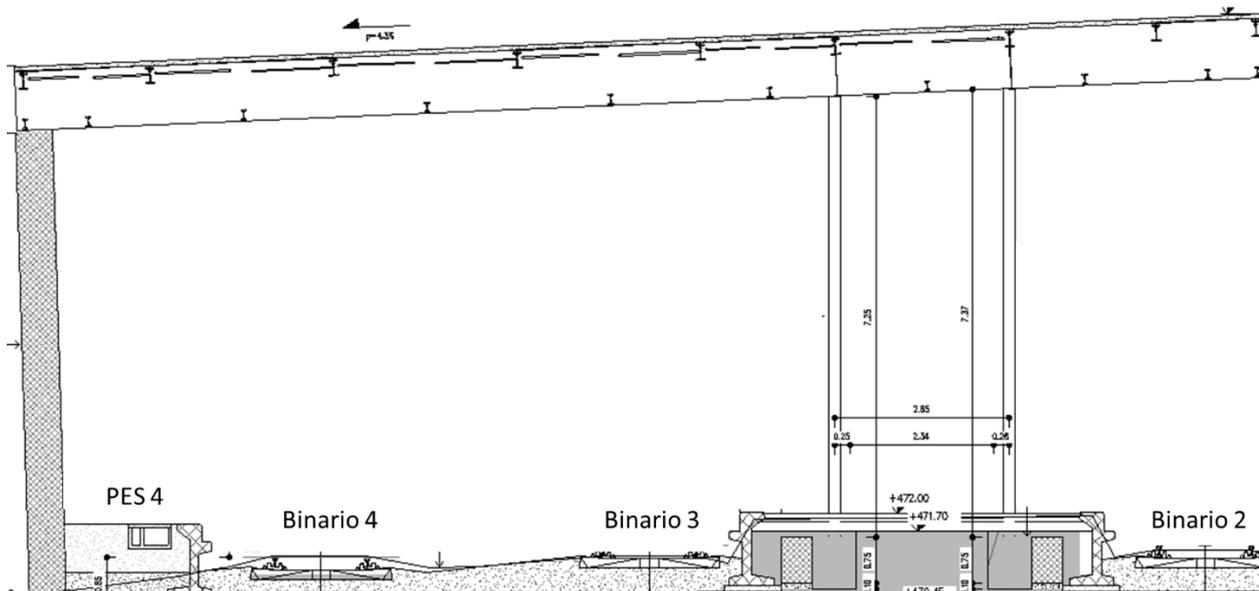


Figura 2: sezione della pensilina

Il PES4 è chiuso sul lato Isarco da una parete: in calcestruzzo in corrispondenza delle pensiline in acciaio; da vetri laddove l'acciaio in copertura lascia spazio al vetro.

Al di sotto della pensilina in acciaio è presente una pannellatura fonoassorbente. In caso d'incendio la pannellatura è direttamente esposta alle fiamme ed oltre allo stress termico dev'essere in grado di sostenere il peso proprio.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>00 - ELABORATI GENERALI</b> Analisi delle sollecitazioni termiche sulla pensilina del PES per treno incendiato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO MD0000027	REV. A	FOGLIO. 14 di 37

## 6. MODELLO FLUIDODINAMICO

Il modello CFD viene concentrato sulla parte di stazione coperta, in modo da analizzare i carichi termici sulle strutture.

Data la geometria della stazione quali inclinazione della pensilina e muro perimetrale, il PES4 risulta il più sfavorito in caso d'incendio di un treno.

### 6.1 SVILUPPO DELL'INCENDIO

L'incendio di un treno può scaturire per diverse cause. Di conseguenza, nel modello fluidodinamico verranno analizzate diverse situazioni in cui viene variata la posizione della superficie d'incendio rispetto alla cassa del treno:

- 1) La superficie è sul tetto del treno;
- 2) L'incendio scaturisce all'interno del vagone. Due superfici vengono poste ai lati del treno per simulare i fumi che fuoriescono dai finestrini;
- 3) L'incendio ha inizio dagli elementi combustibili posti sottocassa.

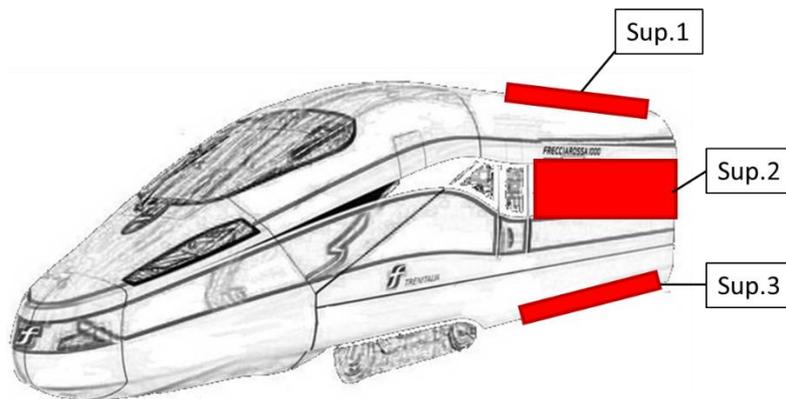


Figura 3: superfici d'incendio

Ci si aspetta che la posizione d'incendio peggiore per la resistenza delle varie componenti delle pensiline sia quella al di sopra del treno per via della minima distanza e dell'irraggiamento diretto dell'incendio.

Visto il basso carico d'incendio del sopracassa, la superficie 1 sarà modellata con dimensioni doppie rispetto alle altre superfici.

### 6.2 POSIZIONI D'INCENDIO

Per valutare il carico termico sui pannelli fonoassorbenti e sulle strutture la posizione che rende l'analisi più conservativa è quella in cui l'incendio si trova al centro della stazione, laddove il rapporto tra aperture di scarico fumi e pensiline in acciaio è inferiore e quindi i fumi hanno maggiore possibilità di accumularsi (posizione 1).

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>00 - ELABORATI GENERALI</b> Analisi delle sollecitazioni termiche sulla pensilina del PES per treno incendiato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO MD0000027	REV. A	FOGLIO. 15 di 37

Per la valutazione sull'altro materiale delle pensiline, cioè il vetro, la posizione che rende l'analisi più conservativa è quella in cui l'incendio si trova leggermente spostato rispetto al centro della stazione, al disotto della vetrata (posizione 2).

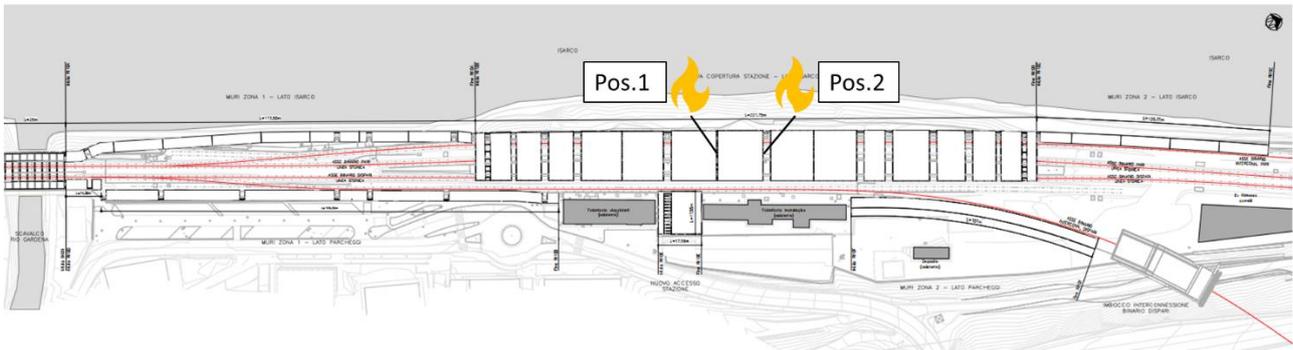


Figura 4: posizioni d'incendio

### 6.3 SCENARI D'INCENDIO

Variando la superficie d'incendio e la posizione dell'incendio vengono considerati 5 diversi scenari. In Tabella 1 sono sintetizzati gli scenari d'incendio che verranno simulati.

Tabella 1: scenari d'incendio

Scenario	Posizione d'incendio	Superficie d'incendio	Dimensioni superficie d'incendio (m <sup>2</sup> )	Potenza per unità di superficie (kW/m <sup>2</sup> )
1	1	Sup.1	40	250
2		Sup.2	20	500
3		Sup.3	20	500
4	2	Sup.1	40	250
5		Sup.2	20	500

Per quanto attiene la superficie di incendio 1 è stata considerata una minore potenza per unità di superficie a fronte di una maggiore superficie coinvolta per tenere conto della distribuzione meno concentrata dei combustibili presenti sul tetto del treno.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
<b>00 - ELABORATI GENERALI</b>		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Analisi delle sollecitazioni termiche sulla pensilina del PES per treno incendiato		IBOU	1BEZZ	RH	MD0000027	A	16 di 37

## 6.4 CURVA HRR

La curva di rilascio termico ipotizzata per l'incendio di un treno ha un picco di 10 MW che viene raggiunto con crescita lineare in 10 minuti (v. Figura 5). La curva è derivata dalle indicazioni del DM 28/10/2005 *Sicurezza nelle gallerie ferroviarie* (annesso D2).

### Ipotesi adottate per la definizione dello scenario - Incendio di riferimento.

Lo scenario incidentale di riferimento si caratterizza per essere rappresentativo di una vasta classe di scenari incidentali e per lo stesso sono stati individuati i rispettivi parametri conservativi: - la curva del rilascio prescelta prevede uno sviluppo graduale della potenza del focolaio (tempo complessivo di sviluppo non inferiore ai 10 min.) sino al valore di 10 MW e si assume che essa rimanga costante per tutta la durata della simulazione [...]

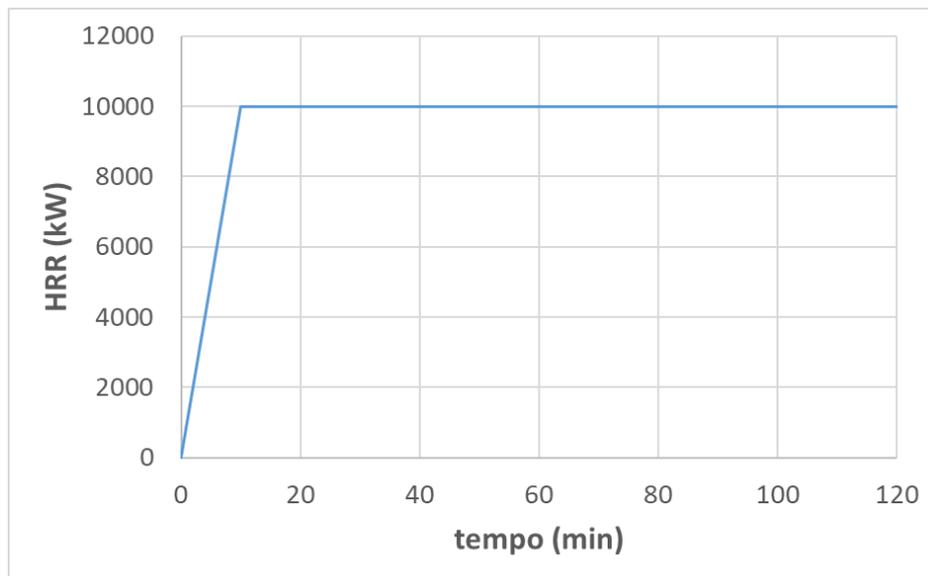


Figura 5: curva HRR

## 6.5 DIMENSIONE DELLA MESH

La dimensione della mesh viene determinata sulla base del diametro caratteristico dell'incendio<sup>1</sup>, calcolato secondo la relazione:

$$D^* = \left( \frac{\dot{Q}}{\rho_{\infty} c_p T_{\infty} \sqrt{g}} \right)^{\frac{2}{5}}$$

Dove:

$\dot{Q}$  è la potenza dell'incendio in kW ed è pari a 10000 kW;

<sup>1</sup> FDS User's Guide, par. 6.3.6

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>00 - ELABORATI GENERALI</b> Analisi delle sollecitazioni termiche sulla pensilina del PES per treno incendiato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO MD0000027	REV. A	FOGLIO. 17 di 37

$\rho_{\infty}$  è la densità dell'aria non influenzata dall'incendio (1,2 kg/m<sup>3</sup>);

$c_p$  è il calore specifico dell'aria, pari a 1,05 kJ/kg/K;

$T_{\infty}$  è la temperatura dell'aria non influenzata dall'incendio, pari a 20 °C;

$g$  è l'accelerazione di gravità (9,81 m/s<sup>2</sup>).

Il diametro caratteristico dell'incendio risulta essere 2,4 m.

Il lato delle celle cubiche è scelto in modo da avere: in prossimità dell'incendio, dove si verificano i gradienti maggiori, una dimensione pari a 1/10 della dimensione caratteristica dell'incendio; pari a 1/5 lontano dall'incendio.

	Dimensione della mesh
Prossimità dell'incendio	0,25m x 0,25m x 0,25m
Resto del dominio	0,50m x 0,50m x 0,50m

## 6.6 MODELLO FDS

Di seguito viene riportata una rappresentazione del modello FDS discretizzato e costruito secondo le considerazioni dei capitoli precedenti.

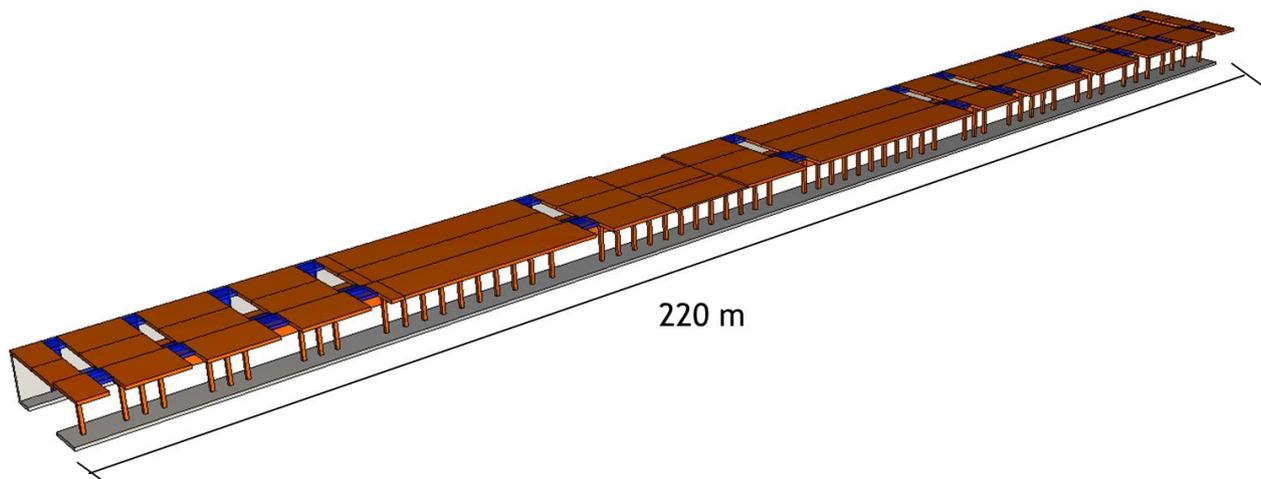


Figura 6: vista 3D del modello

Il modello completo ha una lunghezza di 230 metri.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
<b>00 - ELABORATI GENERALI</b>		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Analisi delle sollecitazioni termiche sulla pensilina del PES per treno incendiato		IBOU	1BEZZ	RH	MD0000027	A	18 di 37

In Figura 7 viene riportata una vista trasversale del modello 3D, in cui il treno è fermo al PES4, considerata la posizione peggiore come carico termico sulla pensilina.

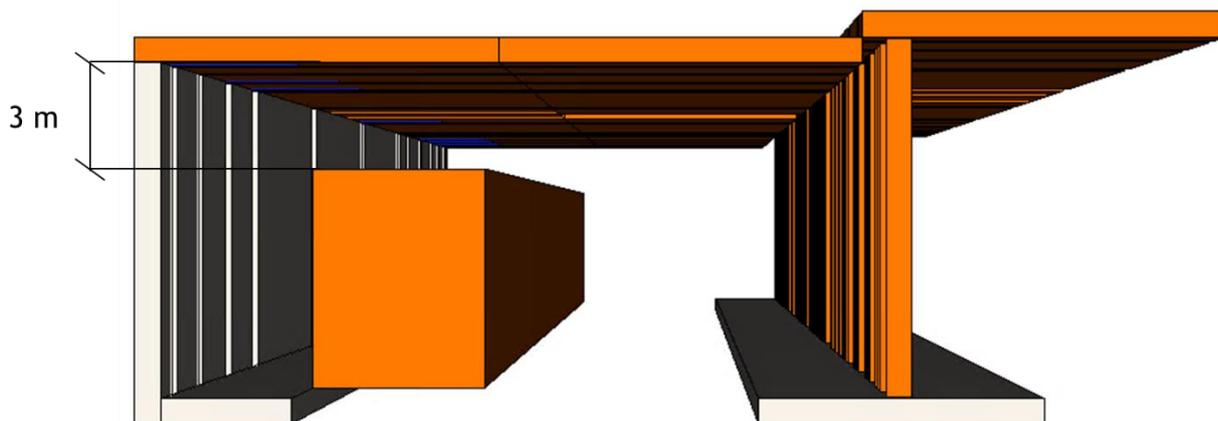


Figura 7: modello treno fermo al PES4

## 6.7 OUTPUT DEL MODELLO

Per effettuare l'analisi termica delle varie componenti verranno estrapolati dalle simulazioni i seguenti output:

- Piani verticali perpendicolari e longitudinali all'incendio di misura di temperatura dei gas;
- Misure puntuali di temperatura dei gas;
- Temperatura di parete della pannellatura;
- Misure puntuali di temperatura della pannellatura.

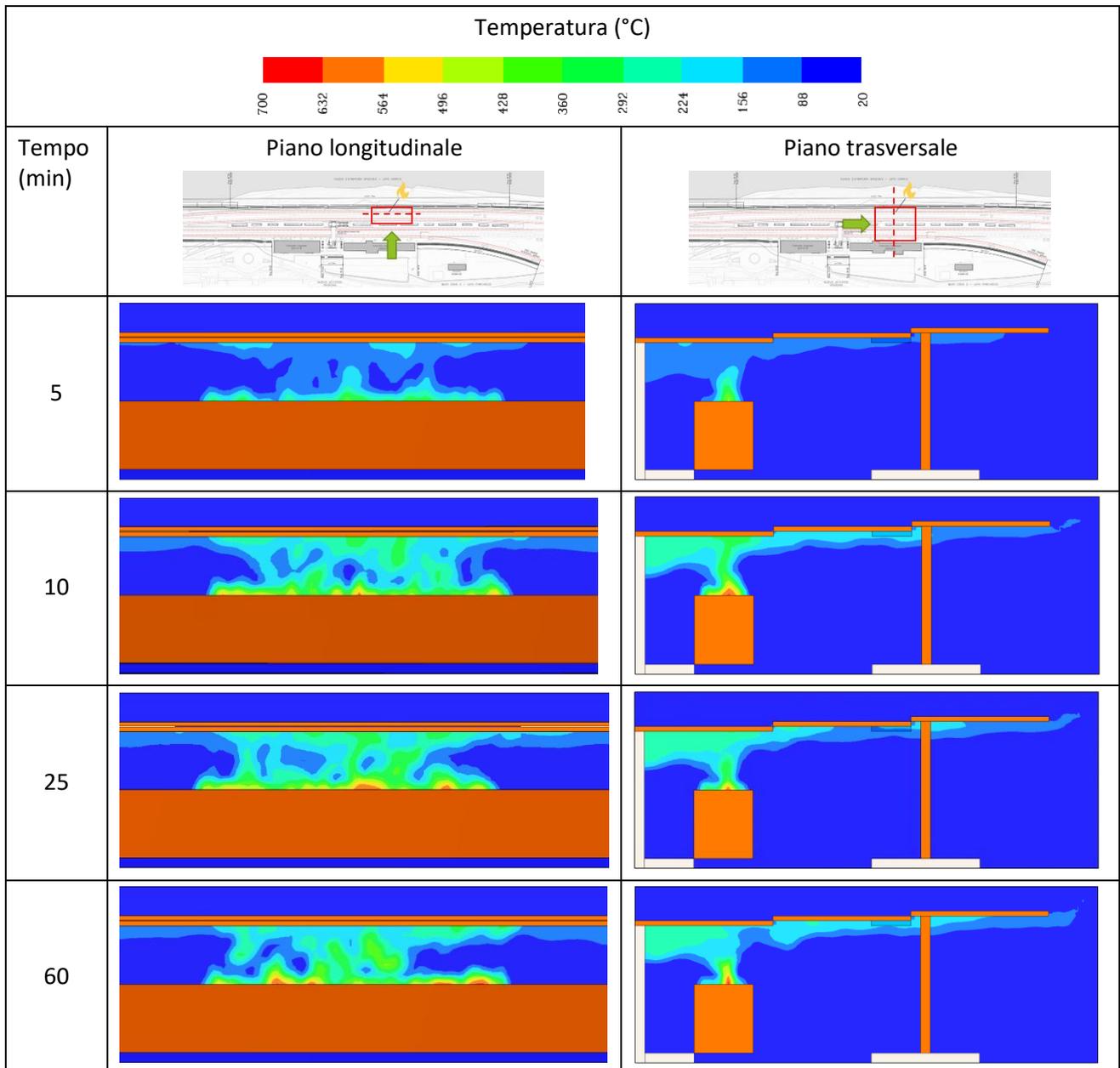
APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>00 - ELABORATI GENERALI</b> Analisi delle sollecitazioni termiche sulla pensilina del PES per treno incendiato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO MD0000027	REV. A	FOGLIO. 19 di 37

## 7. RISULTATI

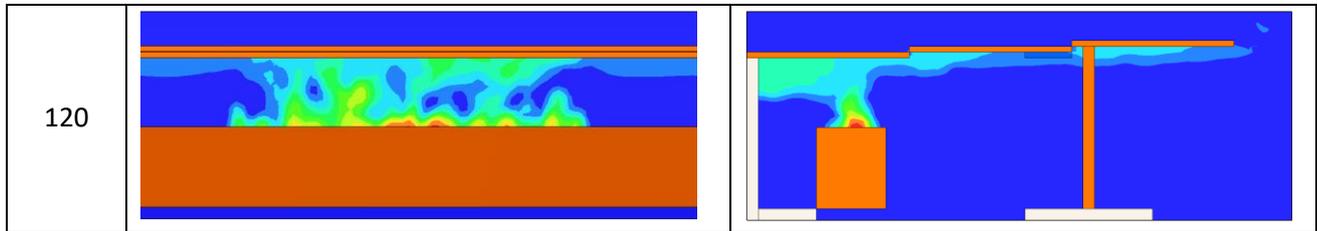
Nei paragrafi successivi vengono presentati i risultati dei diversi scenari d'incendio.

### 7.1 RISULTATI SCENARIO 1

Tabella 2: Risultati scenario 1 - slices di temperatura



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>00 - ELABORATI GENERALI</b> Analisi delle sollecitazioni termiche sulla pensilina del PES per treno incendiato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO MD0000027	REV. A	FOGLIO. 20 di 37



La temperatura dei gas che lambiscono i pannelli in copertura cresce seguendo la curva HRR fino ad un valore stazionario di circa 250 °C.

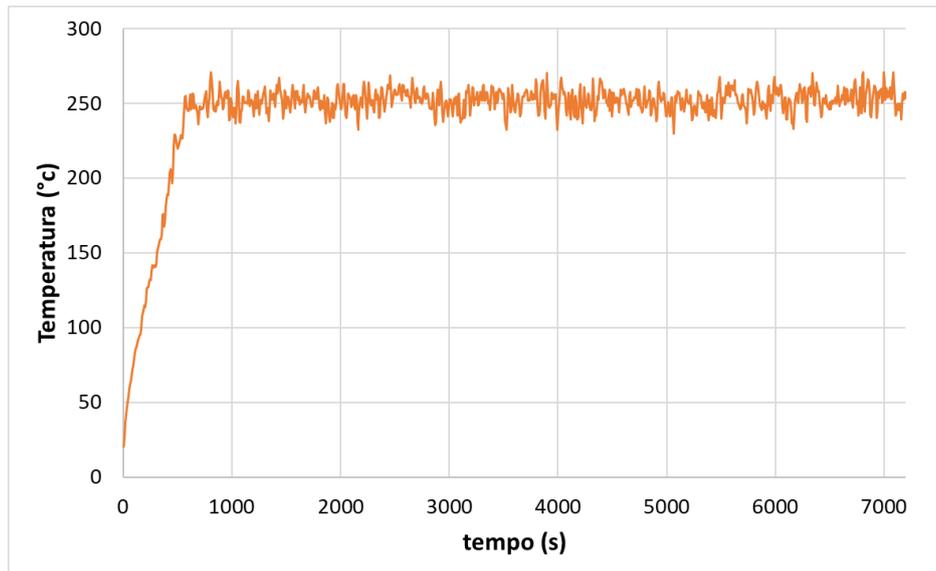
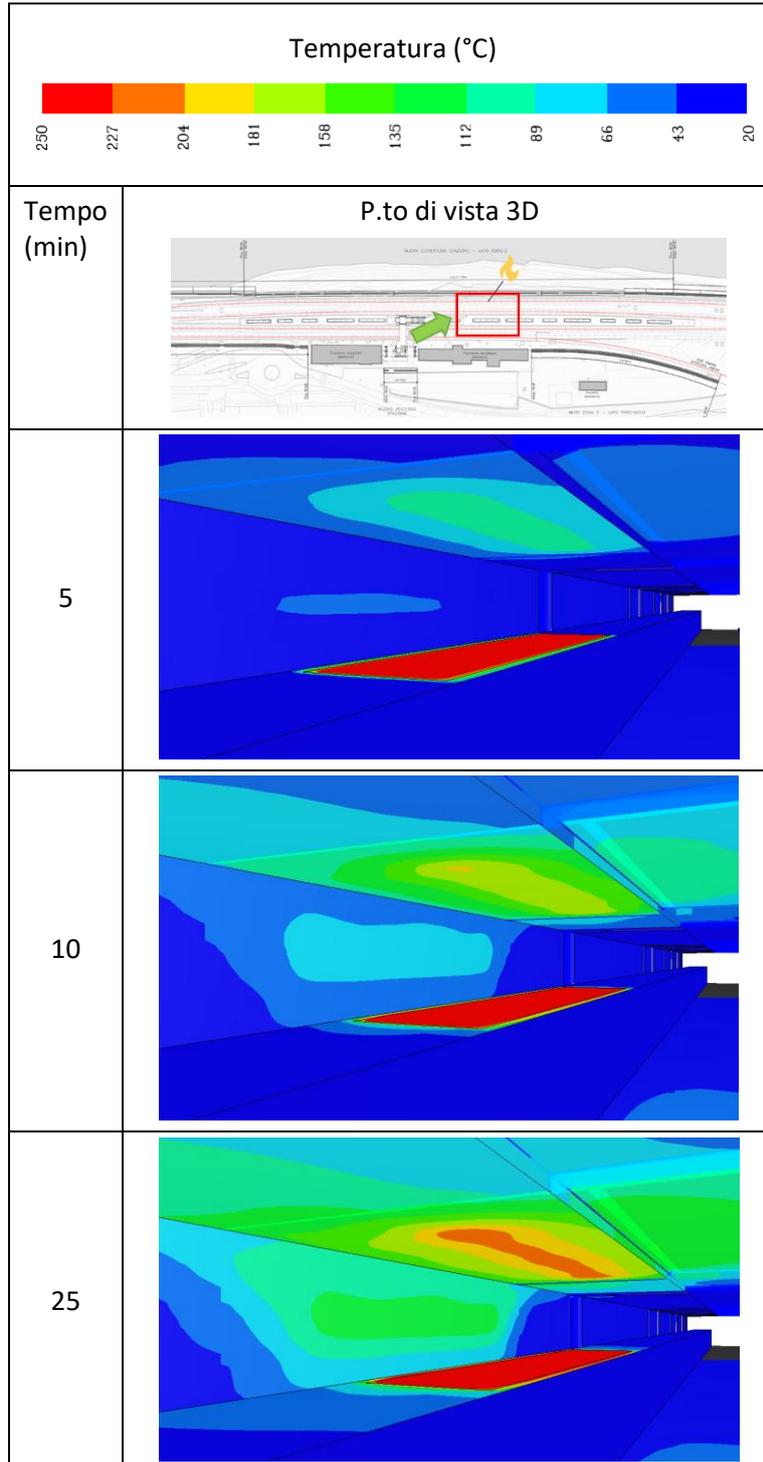


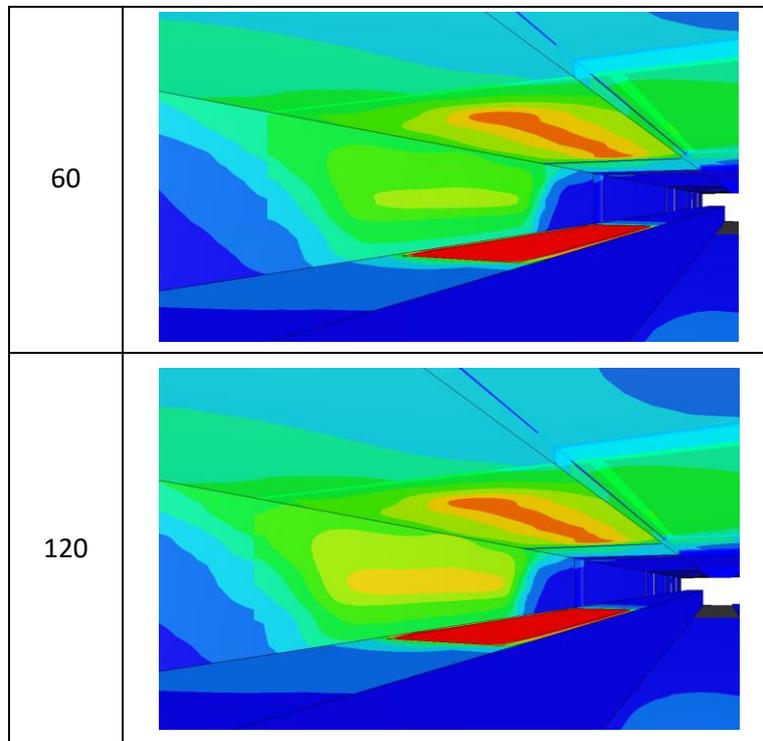
Figura 8: Risultati scenario 1 – curva di temperatura dei gas

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>00 - ELABORATI GENERALI</b> Analisi delle sollecitazioni termiche sulla pensilina del PES per treno incendiato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO MD0000027	REV. A	FOGLIO. 21 di 37

Tabella 3: Risultati scenario 1 - temperatura di parete della pensilina



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>00 - ELABORATI GENERALI</b> Analisi delle sollecitazioni termiche sulla pensilina del PES per treno incendiato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO MD0000027	REV. A	FOGLIO. 22 di 37



L'acciaio che costituisce la pannellatura raggiunge una temperatura di circa 230 °C, prossima alla temperatura dei gas (v. Figura 9).

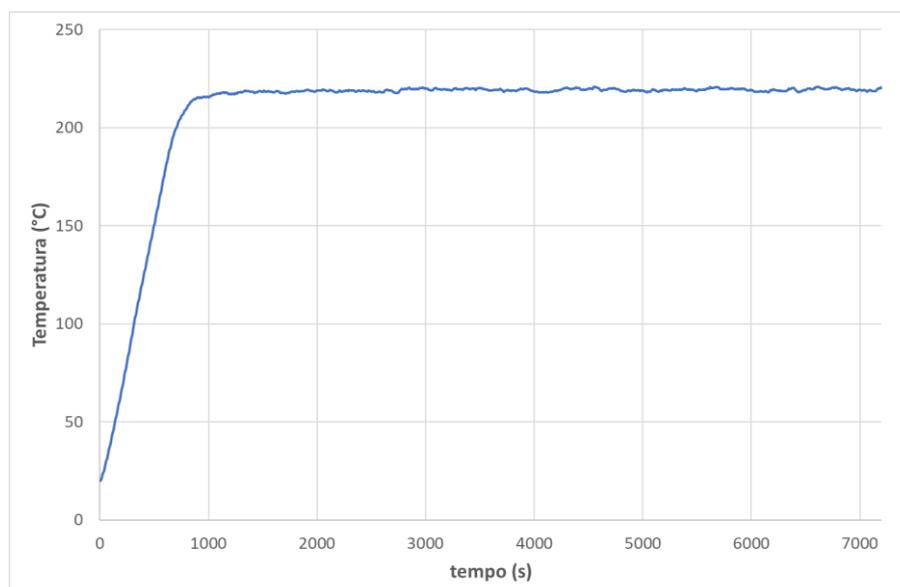
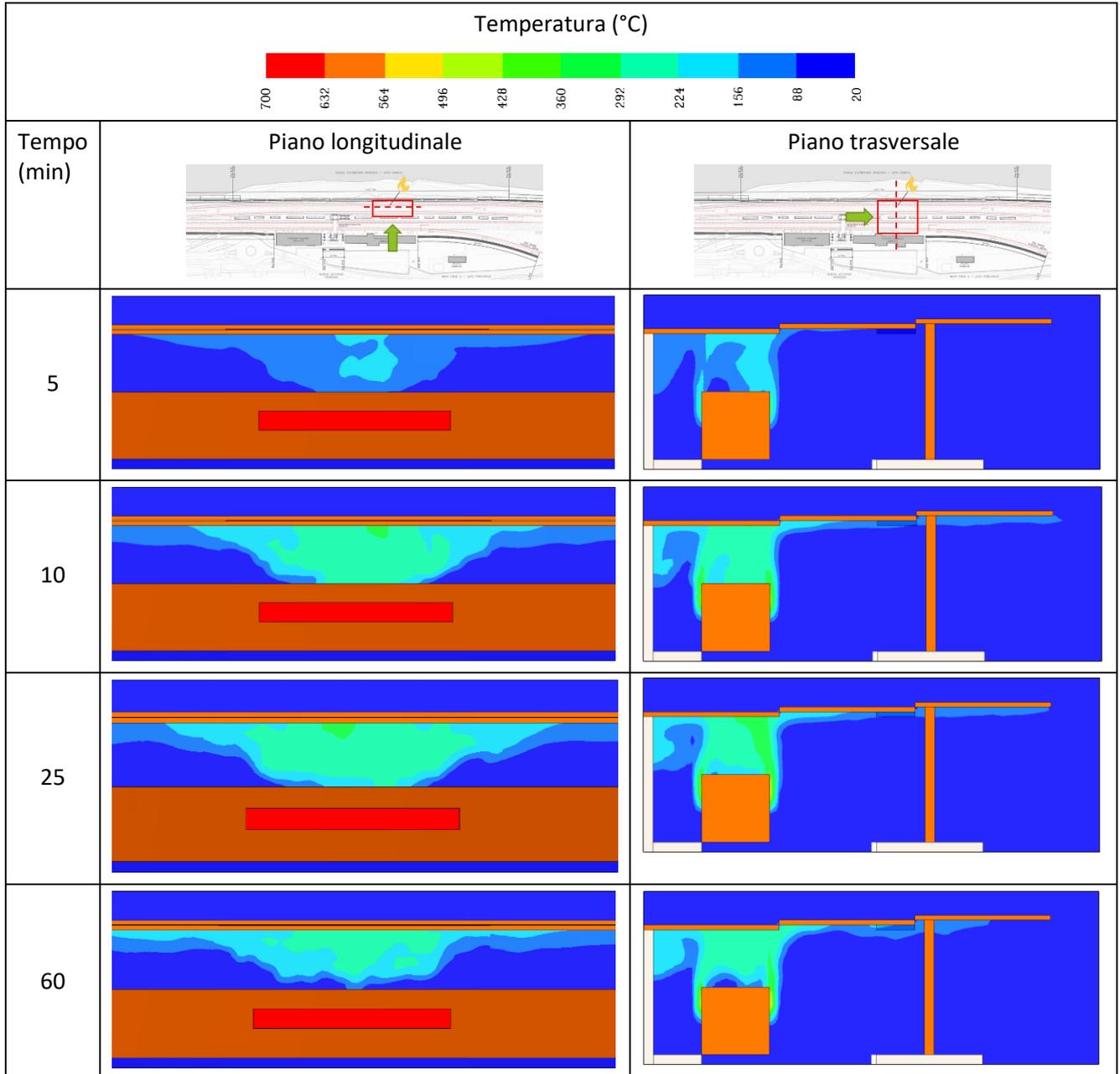


Figura 9: Risultati scenario 1 – temperatura dell'acciaio

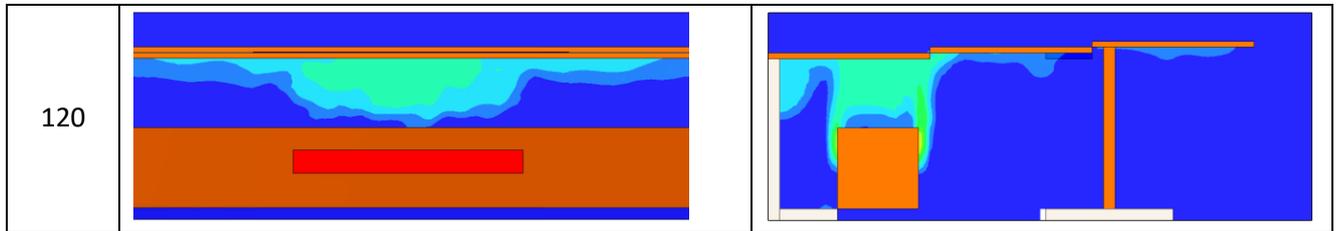
APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>00 - ELABORATI GENERALI</b> Analisi delle sollecitazioni termiche sulla pensina del PES per treno incendiato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO MD0000027	REV. A	FOGLIO. 23 di 37

## 7.2 RISULTATI SCENARIO 2

Tabella 4: Risultati scenario 2 - slices di temperatura



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:						
Mandatario:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>00 - ELABORATI GENERALI</b>						
Analisi delle sollecitazioni termiche sulla pensilina del PES per treno incendiato	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
	IBOU	1BEZZ	RH	MD0000027	A	24 di 37



La temperatura dei gas che lambiscono i pannelli in copertura cresce seguendo la curva HRR fino ad un valore stazionario di circa 250 °C.

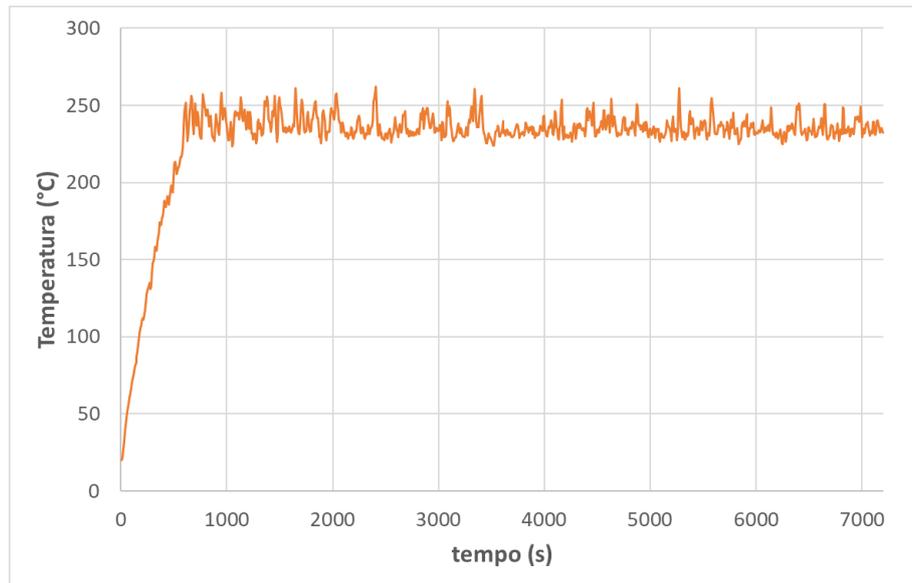
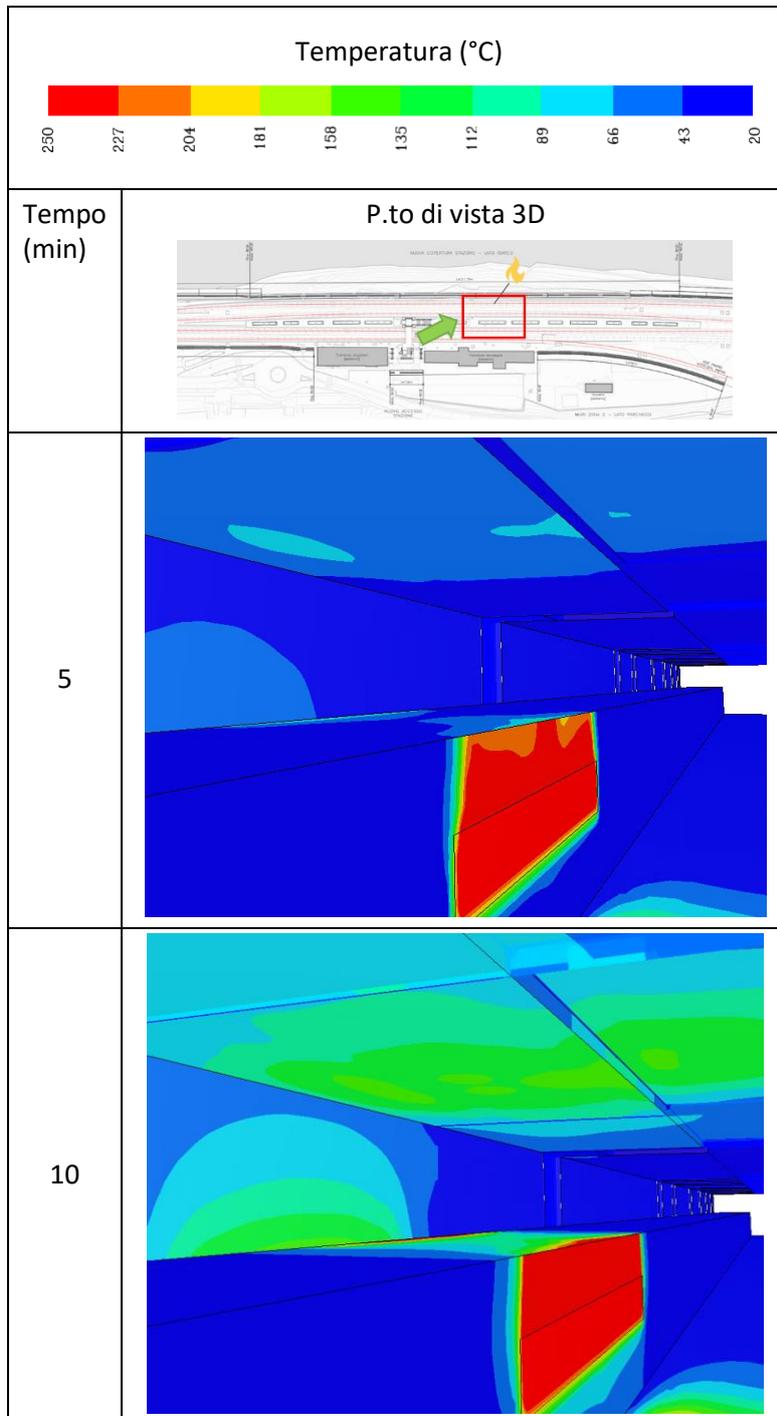


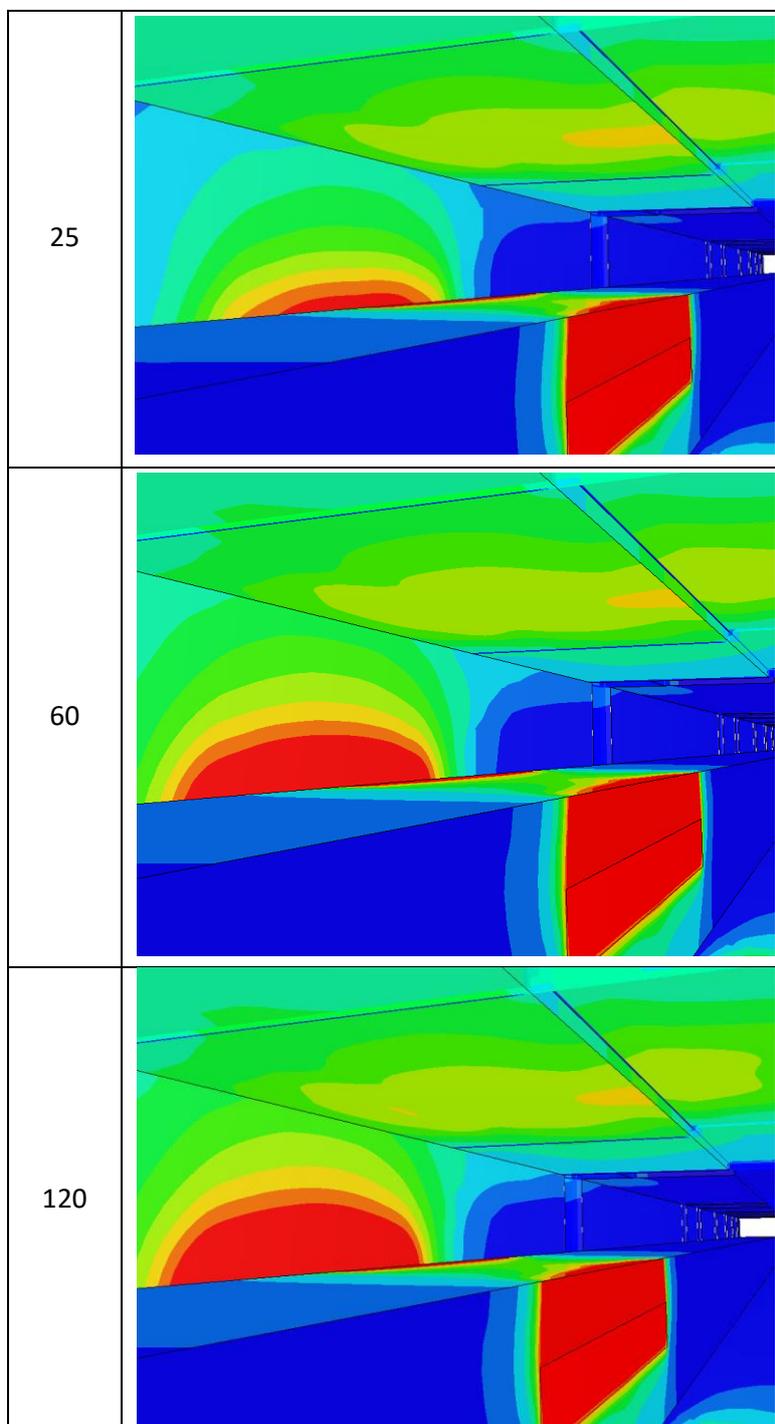
Figura 10: Risultati scenario 2 – curva di temperatura dei gas

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>												
PROGETTAZIONE:														
Mandatario:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria													
<b>00 - ELABORATI GENERALI</b>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IBOU</td> <td>1BEZZ</td> <td>RH</td> <td>MD0000027</td> <td>A</td> <td>25 di 37</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IBOU	1BEZZ	RH	MD0000027	A	25 di 37
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.									
IBOU	1BEZZ	RH	MD0000027	A	25 di 37									
Analisi delle sollecitazioni termiche sulla pensilina del PES per treno incendiato														

Tabella 5: Risultati scenario 2 - temperatura di parete della pensilina



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>00 - ELABORATI GENERALI</b> Analisi delle sollecitazioni termiche sulla pensilina del PES per treno incendiato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO MD0000027	REV. A	FOGLIO. 26 di 37



L'acciaio che costituisce la pannellatura raggiunge una temperatura di circa 190 °C, inferiore alla temperatura dello scenario 1 in quanto non sottoposto all'irraggiamento diretto dell'incendio (v. Figura 11).

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria													
<b>00 - ELABORATI GENERALI</b> Analisi delle sollecitazioni termiche sulla pensilina del PES per treno incendiato	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IBOU</td> <td>1BEZZ</td> <td>RH</td> <td>MD0000027</td> <td>A</td> <td>27 di 37</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IBOU	1BEZZ	RH	MD0000027	A	27 di 37
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.								
IBOU	1BEZZ	RH	MD0000027	A	27 di 37								

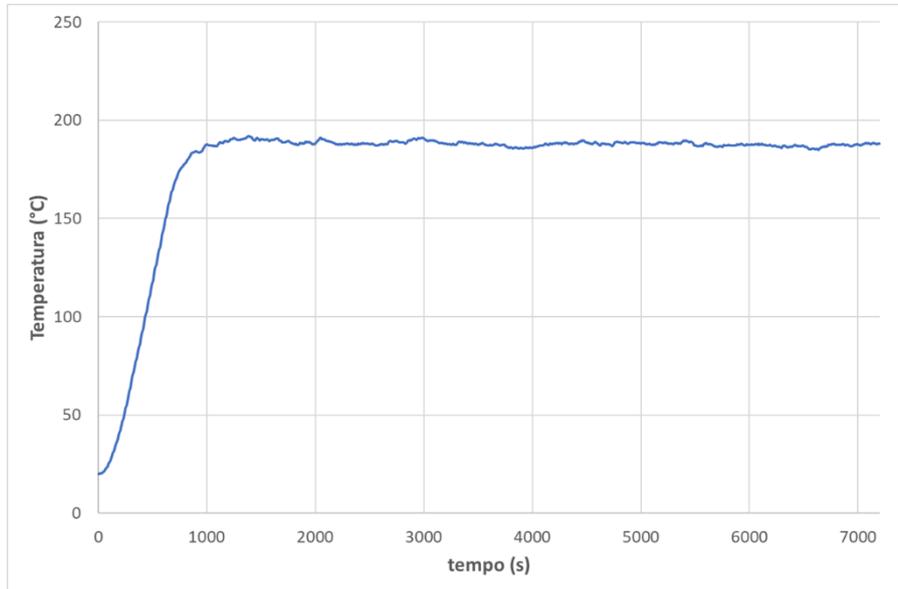
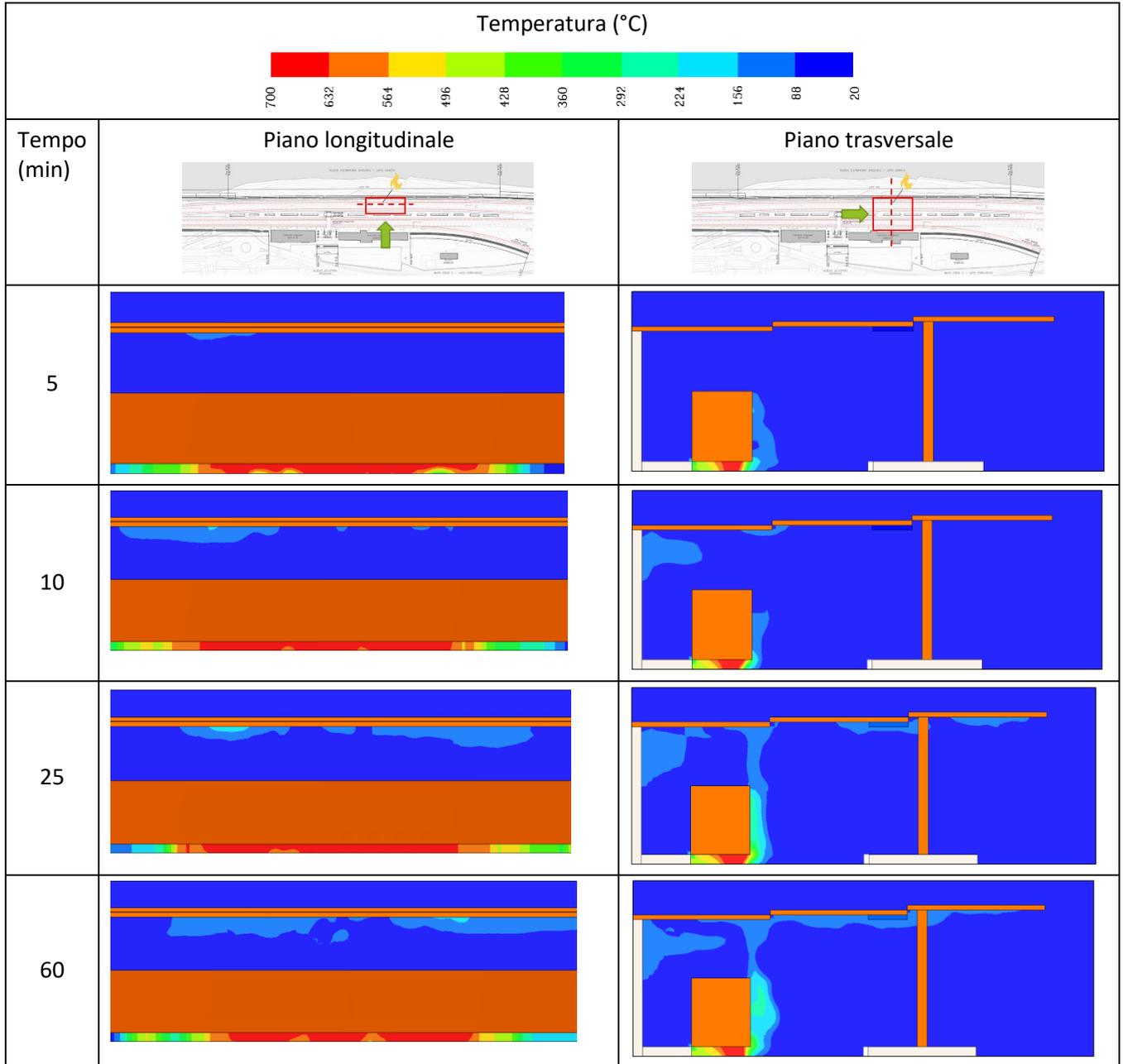


Figura 11: Risultati scenario 2 – temperatura dell'acciaio

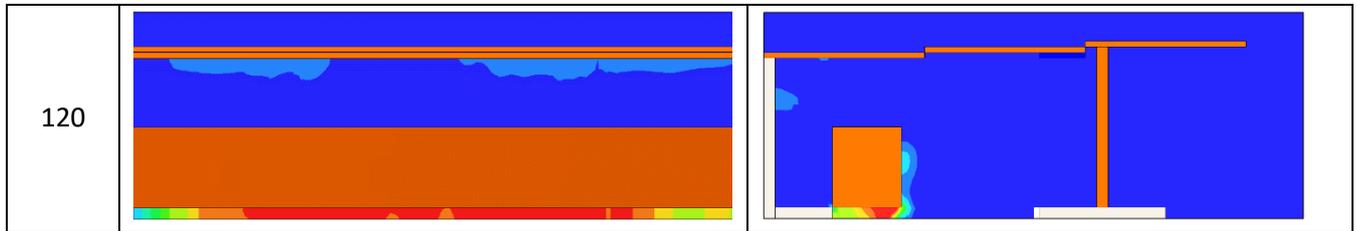
APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>00 - ELABORATI GENERALI</b> Analisi delle sollecitazioni termiche sulla pensilina del PES per treno incendiato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO MD0000027	REV. A	FOGLIO. 28 di 37

### 7.3 RISULTATI SCENARIO 3

Tabella 6: Risultati scenario 3 - slices di temperatura



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>00 - ELABORATI GENERALI</b> Analisi delle sollecitazioni termiche sulla pensilina del PES per treno incendiato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO MD0000027	REV. A	FOGLIO. 29 di 37



La temperatura dei gas che lambiscono i pannelli in copertura cresce seguendo la curva HRR fino ad un valore stazionario di circa 150 °C.

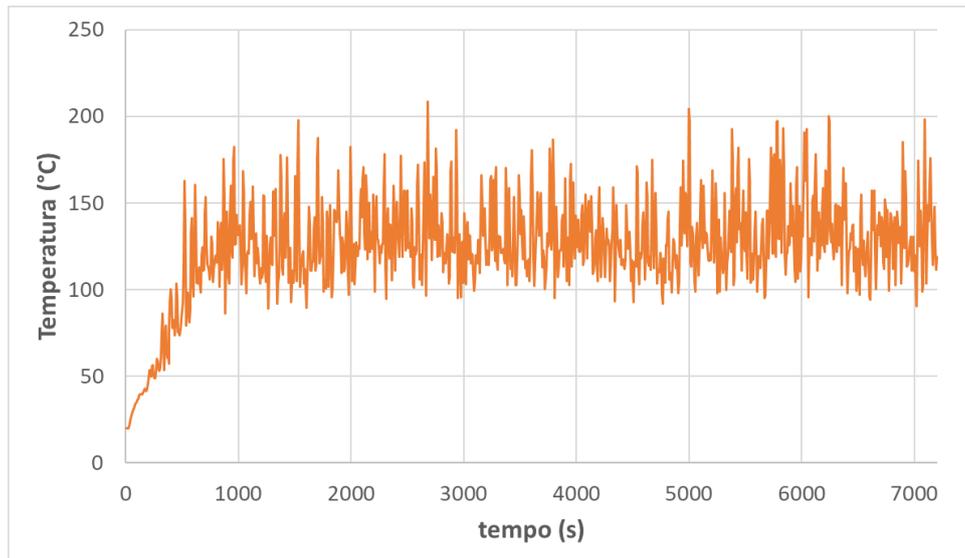
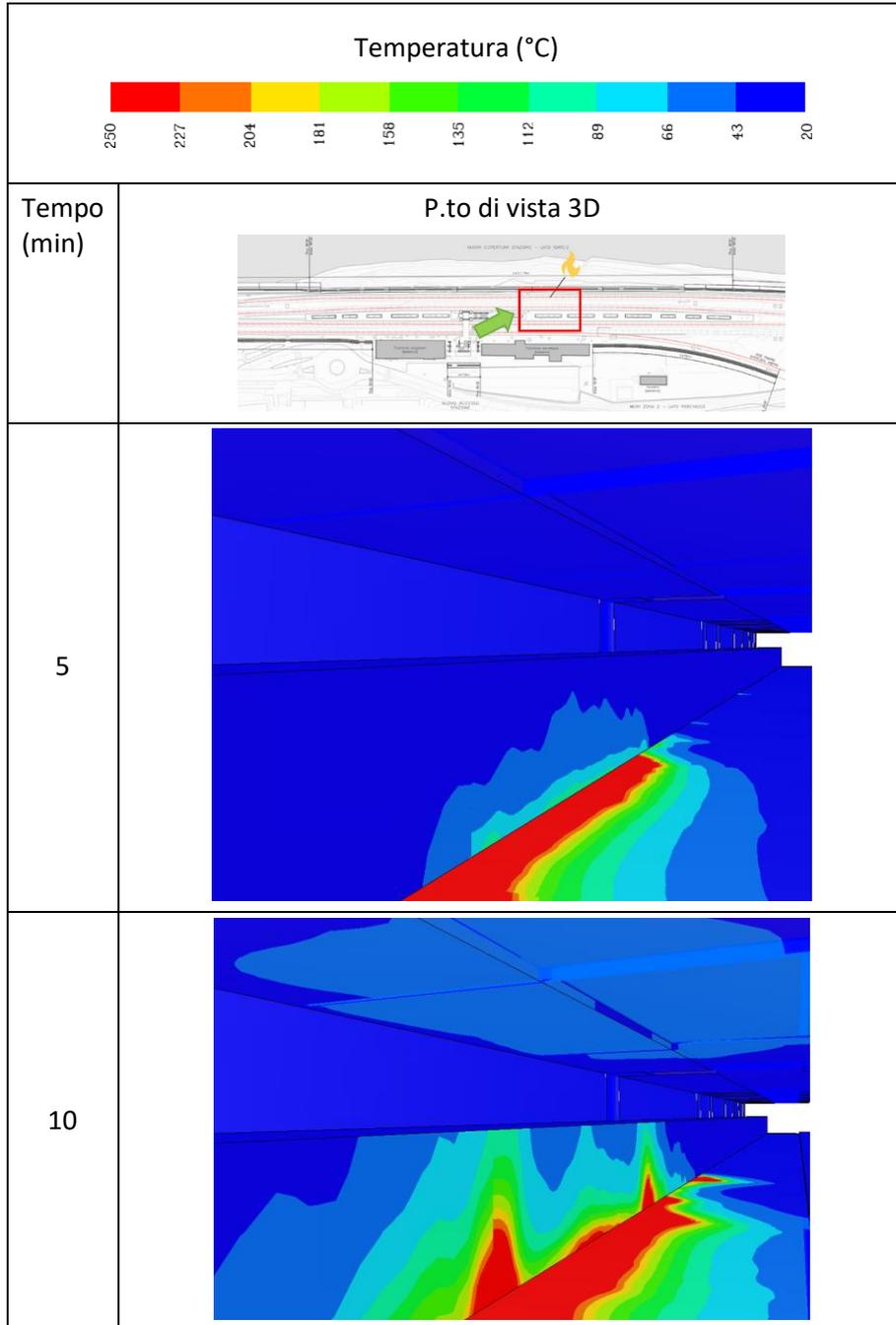


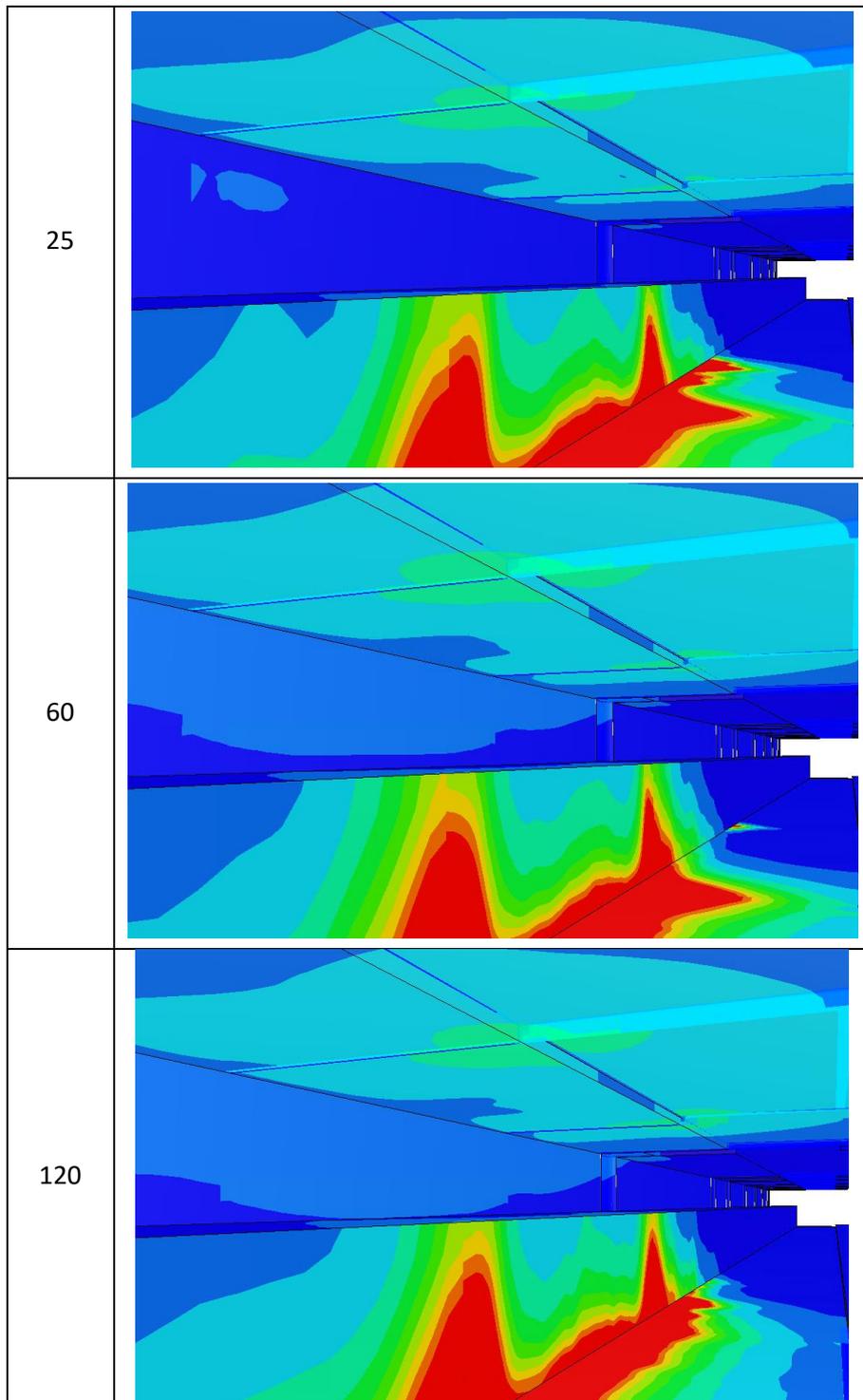
Figura 12: Risultati scenario 3 – curva di temperatura dei gas

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>			
PROGETTAZIONE:					
Mandatario:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria				
<b>00 - ELABORATI GENERALI</b>					
Analisi delle sollecitazioni termiche sulla pensilina del PES per treno incendiato					
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
IBOU	1BEZZ	RH	MD0000027	A	30 di 37

Tabella 7: Risultati scenario 3 - temperatura di parete della pensilina



APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI          REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA          LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA          TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO MD0000027	REV. A	FOGLIO. 31 di 37
<b>00 - ELABORATI GENERALI</b> Analisi delle sollecitazioni termiche sulla pensilina del PES per treno incendiato						



APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI          REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA          LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA          TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria													
<b>00 - ELABORATI GENERALI</b> Analisi delle sollecitazioni termiche sulla pensilina del PES per treno incendiato	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IBOU</td> <td>1BEZZ</td> <td>RH</td> <td>MD0000027</td> <td>A</td> <td>32 di 37</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IBOU	1BEZZ	RH	MD0000027	A	32 di 37
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.								
IBOU	1BEZZ	RH	MD0000027	A	32 di 37								

L'acciaio che costituisce la pannellatura raggiunge una temperatura di circa 110 °C (v. Figura 13).

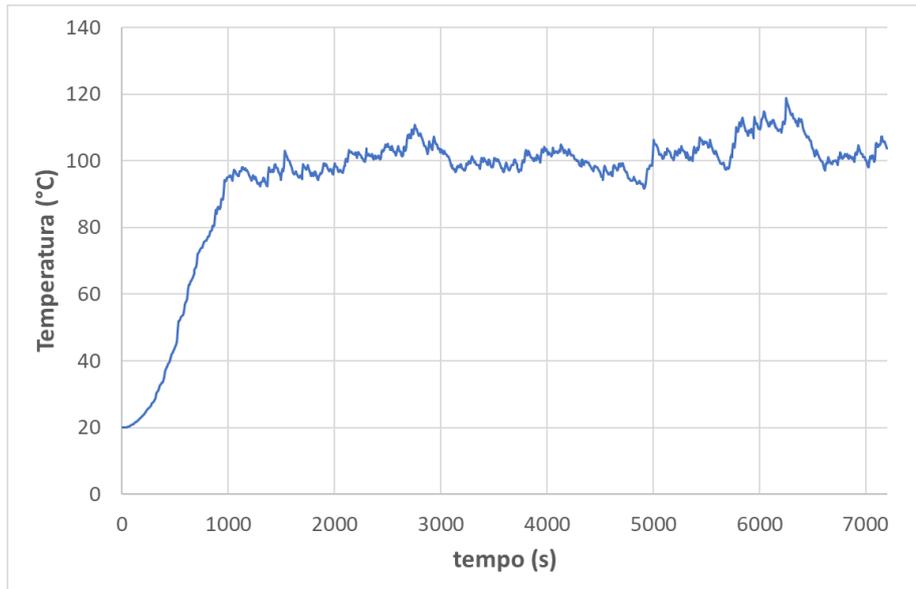
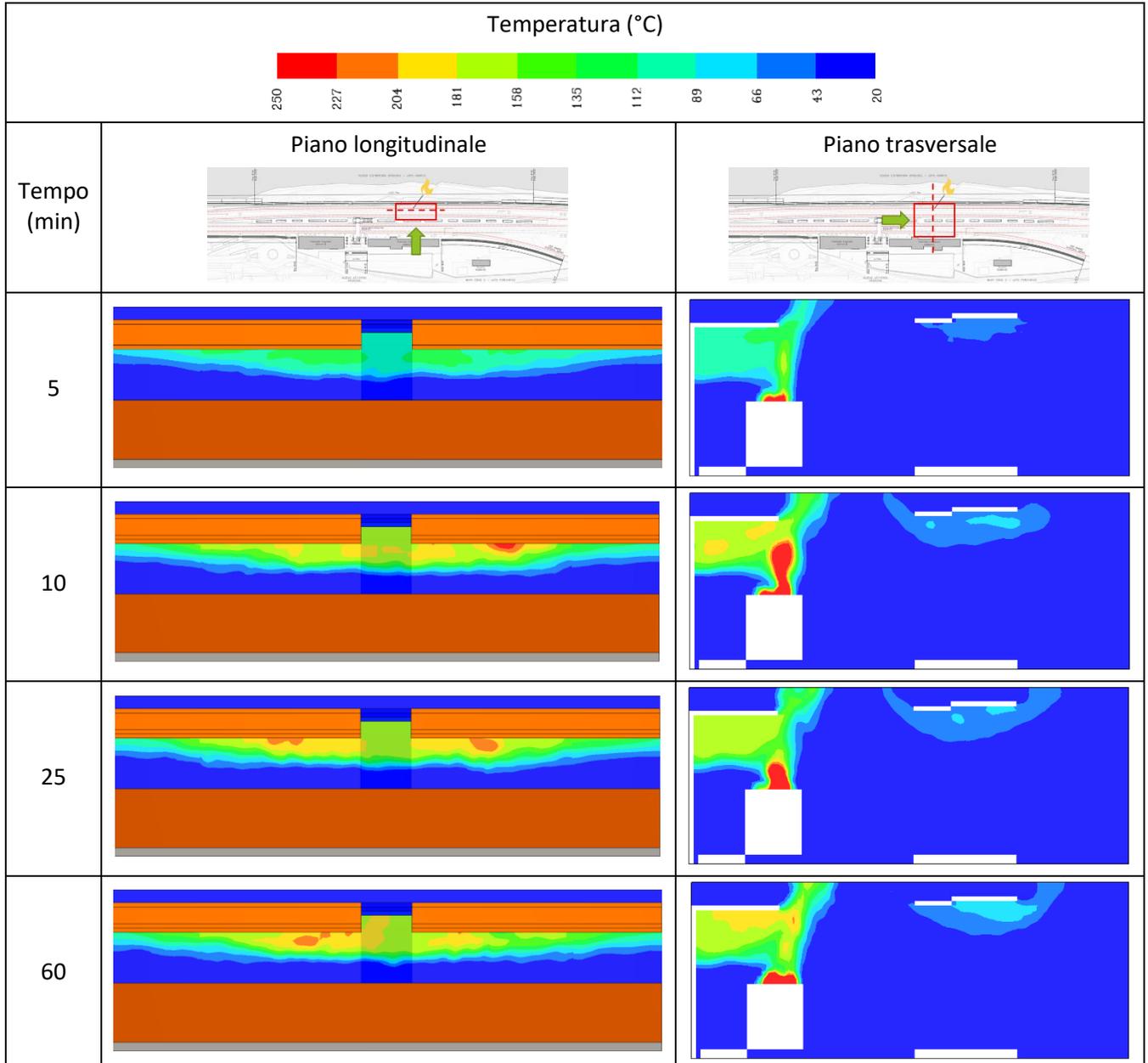


Figura 13: Risultati scenario 3 – temperatura dell'acciaio

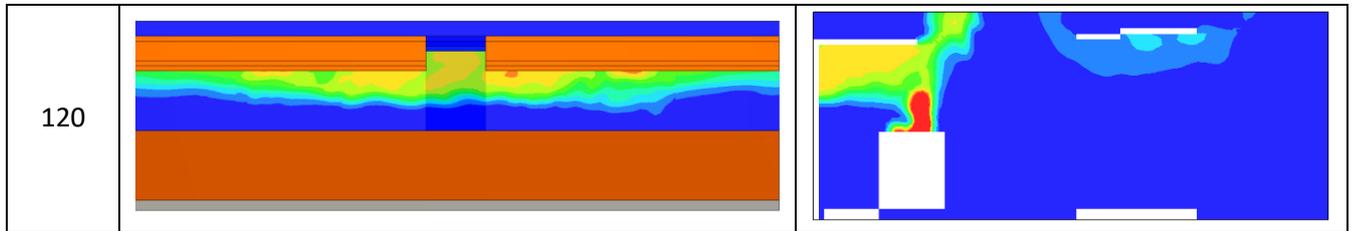
APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>00 - ELABORATI GENERALI</b> Analisi delle sollecitazioni termiche sulla pensilina del PES per treno incendiato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO MD0000027	REV. A	FOGLIO. 33 di 37

## 7.4 RISULTATI SCENARIO 4

Tabella 8: Risultati scenario 4 - slices di temperatura



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>00 - ELABORATI GENERALI</b> Analisi delle sollecitazioni termiche sulla pensilina del PES per treno incendiato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO MD0000027	REV. A	FOGLIO. 34 di 37



La temperatura dei gas che lambiscono i pannelli in copertura cresce seguendo la curva HRR fino ad un valore stazionario di circa 190 °C sia per i vetri orizzontali della pensilina che per i vetri verticali della parete lato Isarco.

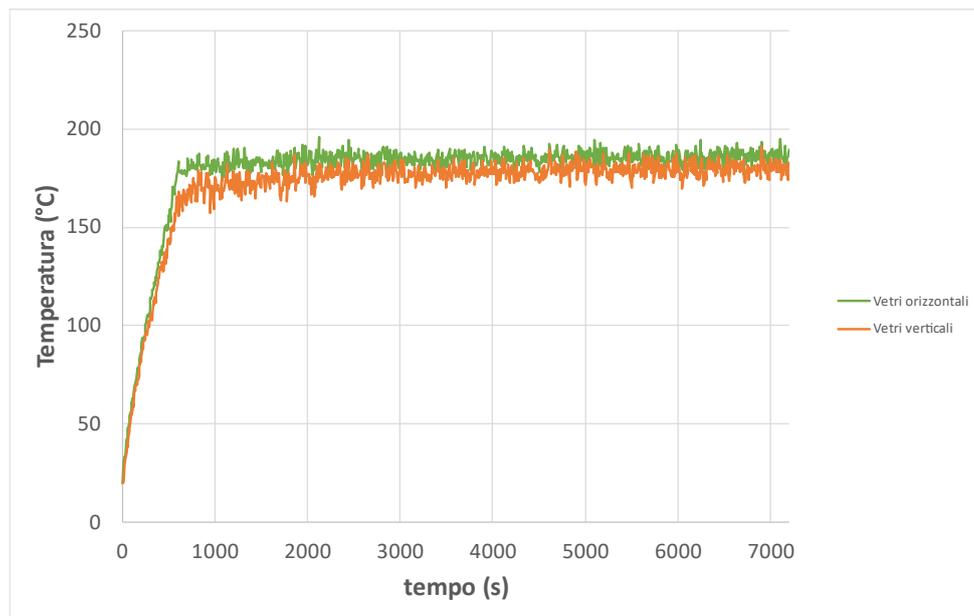
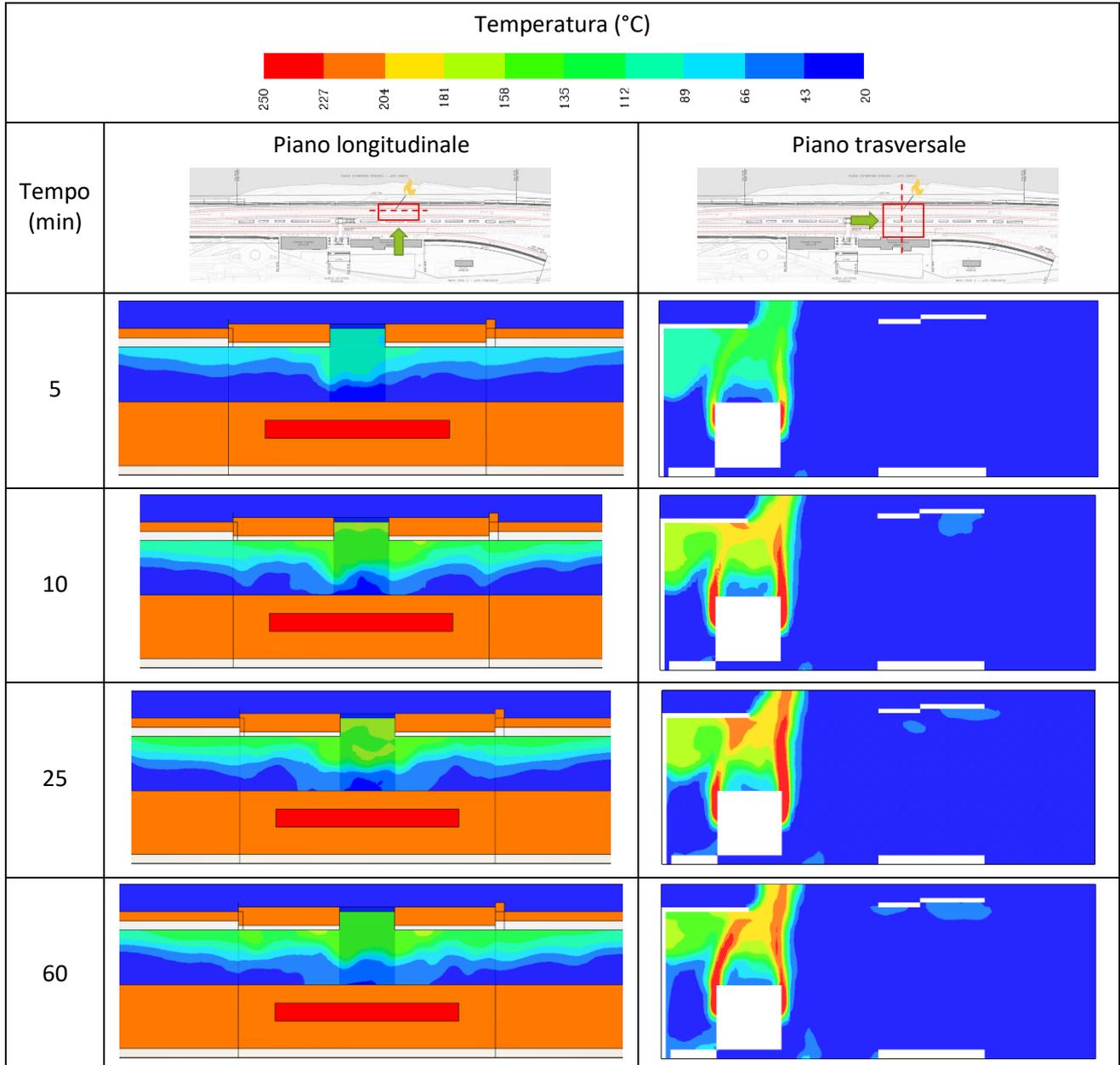


Figura 14: Risultati scenario 4 – curva di temperatura dei gas

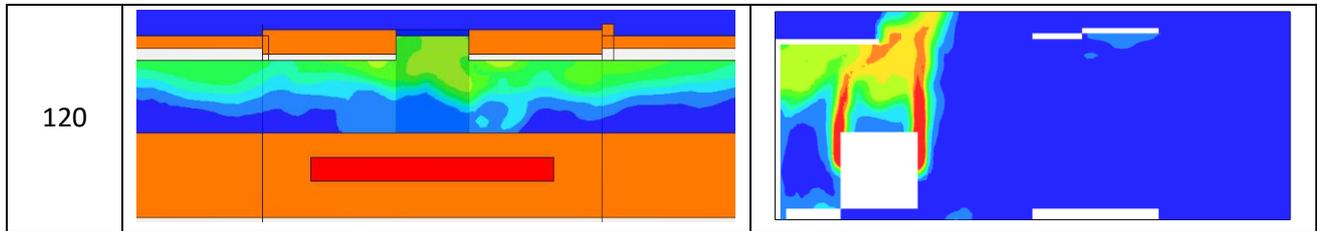
APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>00 - ELABORATI GENERALI</b> Analisi delle sollecitazioni termiche sulla pensina del PES per treno incendiato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO MD0000027	REV. A	FOGLIO. 35 di 37

## 7.5 RISULTATI SCENARIO 5

Tabella 9: Risultati scenario 5 - slices di temperatura



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>00 - ELABORATI GENERALI</b> Analisi delle sollecitazioni termiche sulla pensilina del PES per treno incendiato	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO MD0000027	REV. A	FOGLIO. 36 di 37



La temperatura dei gas che lambiscono i pannelli in copertura cresce seguendo la curva HRR fino ad un valore stazionario di circa 220 °C per i vetri orizzontali della pensilina e 160 °C per i vetri verticali della parete lato Isarco.

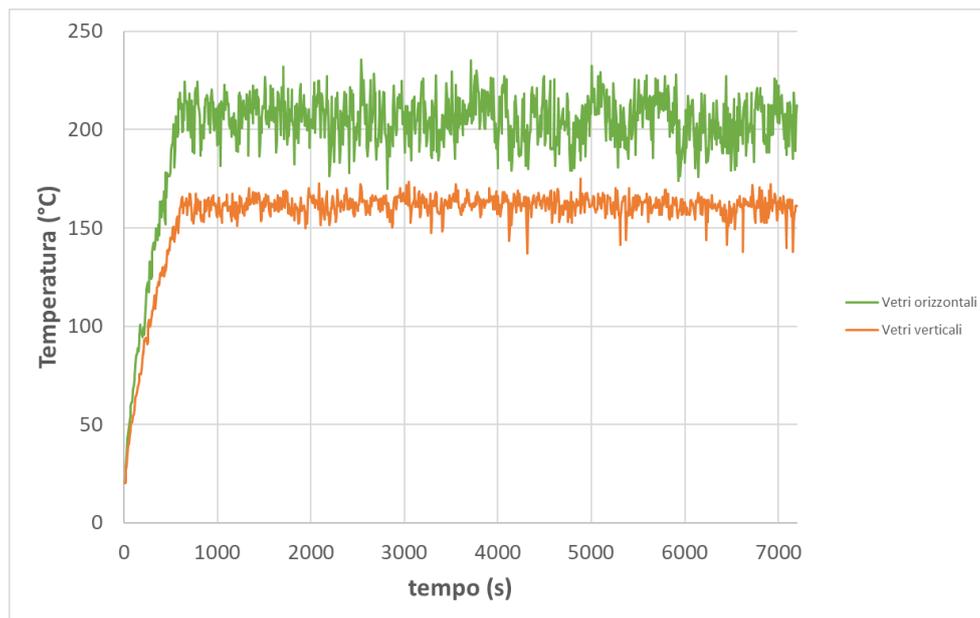


Figura 15: Risultati scenario 5 – curva di temperatura dei gas

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
<b>00 - ELABORATI GENERALI</b>		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Analisi delle sollecitazioni termiche sulla pensilina del PES per treno incendiato		IBOU	1BEZZ	RH	MD0000027	A	37 di 37

## 8. CONCLUSIONI

Sono state effettuate simulazioni fluidodinamiche tridimensionali al fine di valutare la curva naturale dell'incendio per la determinazione della sollecitazione termica a cui è sottoposta la pensilina del PES della stazione di Ponte Gardena in caso di un treno fermo interessato da un evento di incendio.

Sono stati analizzati cinque scenari di riferimento con incendio sulla sommità del treno, all'interno del treno con fiamme che si sprigionano dai finestini, nel sottocassa e con posizionamento al di sotto delle parti in acciaio e nelle parti vetrate della pensilina. La potenza di incendio di riferimento adottata è pari a 10 MW con crescita in 10 minuti come definito dal DM 28/10/2005.

Le simulazioni fluidodinamiche hanno consentito di rilevare come la temperatura dei fumi che lambiscono la pensilina rimanga costante una volta raggiunto il picco della curva di potenza (HRR) e si stabilisca ad un valore di circa 250 °C negli scenari peggiori al livello del piano inferiore della copertura e a 220°C al livello inferiore dei vetri posti all'estradosso copertura.

A favore di sicurezza si potrebbe suggerire l'impiego di una curva di temperatura che raggiunge un valore pari a 300 °C in 10 minuti e permanga per tutto il tempo necessario per l'esodo e per l'intervento dei Vigili del Fuoco, per le parti in acciaio, ed analogo approccio per la verifica sulle parti in vetro soggette da temperature un poco minori.

Al fine di mantenere l'integrità del manufatto la pannellatura fonoassorbente, la struttura che sostiene la pensilina ed i vetri devono essere in grado di sostenere queste temperature per 120 min in modo da garantire che avvengano in sicurezza le operazioni di esodo degli utenti e quelle di intervento dei VVF.

Gli elementi assemblati e/o prefabbricati saranno soggetti ad idonei test di laboratorio nelle condizioni di installazione al fine di comprovare la resistenza del manufatto secondo la curva di temperatura individuata dalla presente analisi.