

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIREZIONE TECNICA**  
**U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA**  
**VARIANTE DI BAULADU**

*Galleria Bauladu*

**RELAZIONE TECNICO-SPECIALISTICA per la VERIFICA di RESISTENZA al FUOCO**  
**delle strutture portanti/rivestimenti definitivi della Galleria Bauladu**

SCALA

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

**R R 0 H**   **0 1**   **D**   **0 9**   **R H**   **O C 0 0 0 0**   **0 0 1**   **A**


Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	Emissione esecutiva	T. Alberini <i>Tau</i>	Mar. 2018	T. Alberini <i>Tau</i>	Mar. 2018	T. Paoletti <i>14</i>	Mar. 2018	ITALFERR S.p.A. U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti Dott. Ing. Angelo Vittozzi <del>Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma</del> N° 427/2018

File: RR0H.01.D.09.RH.OC0000.001.A

n. Elab.: **340**

## INDICE

1.	INTRODUZIONE .....	3
2.	NORMATIVE E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....	6
2.1	NORMATIVE .....	6
2.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....	7
3.	IPOSTESI E CRITERI DI CALCOLO .....	8
4.	DATI DI BASE .....	10
5.	ESITO DELLE VALUTAZIONI E CONCLUSIONI .....	11

	<b>VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA VARIANTE DI BAULADU</b>  <i>Galleria Bauladu</i>												
RELAZIONE TECNICO-SPECIALISTICA per la VERIFICA di RESISTENZA al FUOCO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>RR0H</b></td> <td><b>01</b></td> <td><b>D 09 RH</b></td> <td><b>OC0000 001</b></td> <td><b>A</b></td> <td><b>3 di 11</b></td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	<b>RR0H</b>	<b>01</b>	<b>D 09 RH</b>	<b>OC0000 001</b>	<b>A</b>	<b>3 di 11</b>
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
<b>RR0H</b>	<b>01</b>	<b>D 09 RH</b>	<b>OC0000 001</b>	<b>A</b>	<b>3 di 11</b>								

## 1. INTRODUZIONE

Nel presente documento vengono sintetizzate le risultanze delle valutazioni <sup>1</sup> condotte al fine di verificare il comportamento, in termini di *resistenza al fuoco*, delle strutture portanti/rivestimenti definitivi della **Galleria Bauladu** prevista nell'ambito della *Variante di Bauladu* con riferimento alla *Velocizzazione Linea San Gavino-Sassari-Olbia*.

Tale **Galleria** presenta, senza soluzione di continuità, uno sviluppo complessivo di circa 3805m, dal km 2+235 circa al km 6+040 circa, così suddiviso procedendo da *Oristano* verso *Bonorva*:

**GA01** di sviluppo pari a circa 57m dal km 2+235 circa al km 2+292 → **GN01** di sviluppo pari a circa 3706m dal km 2+292 circa al km 5+998 → **GA05** di sviluppo pari a circa 42m dal km 5+998 circa al km 6+040.

Ciò premesso le valutazioni di cui sopra, partendo dai *dati di base* rappresentati dagli elaborati progettuali di interesse, sono state condotte sia:

in ottemperanza al p.to **1.2.1 Resistenza e reazione al fuoco** dell'*Allegato II "Requisiti di sicurezza per le gallerie nel sistema ferroviario"* del *Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 28 Ottobre 2005 «Sicurezza nelle Gallerie Ferroviarie»* <sup>2</sup> (cfr. rif. [1]) in cui si richiede che:

*"...per le gallerie di lunghezza superiore a 2000m, le strutture delle opere in sotterraneo, dovranno avere caratteristiche di resistenza al fuoco non inferiore ad R120, da valutare con la curva di incendio (UNI11076)..."*

<sup>1</sup> Proprie della fase di progettazione definitiva in essere.

<sup>2</sup> Denominazione abbreviata, nel prosieguo, con la dicitura **D.M.2005** per semplicità di esposizione.

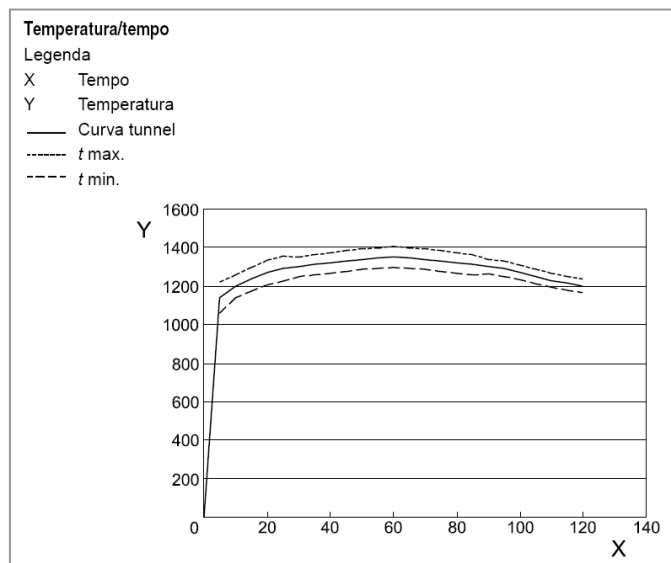


Figura 1- Curva Temperatura/tempo "Tunnel" da UNI11076

che in ottemperanza ai §§ 4.2.1.2 e 6.2.7.2 **Resistenza al fuoco delle strutture dalla galleria** del **REGOLAMENTO (UE) N. 1303/2014 DELLA COMMISSIONE del 18 Novembre 2014 relativo alla Specifica Tecnica di Interoperabilità concernente la «sicurezza nelle gallerie ferroviarie» del sistema ferroviario dell'Unione europea**<sup>3</sup> (cfr. rif. [3] e [4]) in cui si richiede che, per tutte le gallerie (“...nell'ambito della presente STI una galleria ha una lunghezza non inferiore a 0,1km...” - cfr. p.to a) § 2.4. -), siano verificati i seguenti aspetti:

- 1) “...In caso di incendio, l'integrità del rivestimento della galleria deve mantenersi 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...” (cfr. p.to a) § 4.2.1.2 **Resistenza al fuoco delle strutture dalla galleria**).

La conformità a tale requisito deve essere valutata dall'organismo notificato “...utilizzando i risultati dei calcoli e/o delle prove effettuati dal richiedente o un metodo equivalente. (1) Per dimostrare che l'integrità del rivestimento della galleria si mantiene per un periodo sufficientemente lungo da consentire l'autosoccorso e l'evacuazione dei passeggeri e del personale nonché l'intervento delle squadre di emergenza, è sufficiente provare che il rivestimento della galleria può resistere a una temperatura di 450 °C a livello del soffitto

<sup>3</sup> Denominazione abbreviata, nel prosieguo, con la dicitura **REGOLAMENTO (UE) N. 1303/2014** per semplicità di esposizione.

	<b>VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA VARIANTE DI BAULADU</b>  <i>Galleria Bauladu</i>					
RELAZIONE TECNICO-SPECIALISTICA per la VERIFICA di RESISTENZA al FUOCO	PROGETTO <b>RR0H</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>D 09 RH</b>	DOCUMENTO <b>OC0000 001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>5 di 11</b>

*per lo stesso periodo...” (cfr. p.to (1) § 6.2.7.2 Resistenza al fuoco delle strutture dalla galleria) “...Questa verifica non è necessaria per le gallerie in roccia senza un sostegno supplementare...”.*

- 2) *“...Nel caso di gallerie sommerse e di gallerie che possono causare il cedimento di significative strutture adiacenti, la struttura principale della galleria deve resistere alla temperatura dell'incendio 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...” (cfr. p.to b) § 4.2.1.2 Resistenza al fuoco delle strutture dalla galleria).*

La conformità a tale requisito deve essere valutata dall'organismo notificato *“...utilizzando i risultati dei calcoli e/o delle prove effettuati dal richiedente o un metodo equivalente. (2) La valutazione della resistenza delle gallerie sommerse o di gallerie che possono causare il cedimento di importanti strutture adiacenti deve essere effettuata conformemente a un'idonea «curva di incendio» (variazione della temperatura nel tempo durante un incendio) scelta dal richiedente...”* (cfr. p.to (2) § 6.2.7.2 Resistenza al fuoco delle strutture dalla galleria) *“...Questa verifica non è necessaria per le gallerie in roccia senza un sostegno supplementare...”.*

In assenza di determinazioni di merito anche da parte della Committenza ed in considerazione di quanto indicato nel documento RR0H.01.D.16.RG.ES0001.001.A – *Relazione tecnica di esercizio*, le valutazioni con riferimento al p.to 2) <sup>4</sup> sono state condotte nell'ipotesi in cui sia valido lo *scenario di incendio* definito dalla *curva di incendio nominale Temperatura/tempo* da UNI11076/2003 ed il *“...periodo di tempo sufficiente a consentire l'evacuazione delle zone a rischio della galleria e delle strutture adiacenti...indicato nel piano di emergenza...”* sia non superiore a 120minuti.

<sup>4</sup> Per la *Galleria Bauladu* si ipotizza, in sede di applicazione del **REGOLAMENTO (UE) N. 1303/2014**, di non effettuare distinzioni circa l'individuazione di *“...significative strutture adiacenti...”* (anche in ragione della *vita utile* delle strutture portanti/rivestimenti definitivi in oggetto) per tutto lo sviluppo della *Galleria* pur risultando tali distinzioni ammesse dal **REGOLAMENTO** anzidetto. In virtù di questa assunzione vengono comunque condotte, per tutto lo sviluppo della *Galleria*, le valutazioni sul comportamento strutturale alle alte temperature in accordo con il p.to 2) e nell'ipotesi di validità dello *scenario di incendio* e del *“...periodo di tempo...”* sopra indicato.


	<b>VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA VARIANTE DI BAULADU</b>  <i>Galleria Bauladu</i>					
RELAZIONE TECNICO-SPECIALISTICA <i>per la VERIFICA di RESISTENZA al FUOCO</i>	PROGETTO <b>RR0H</b>	LOTTO <b>01</b>	CODIFICA <b>D 09 RH</b>	DOCUMENTO <b>OC0000 001</b>	REV. <b>A</b>	FOGLIO <b>6 di 11</b>

## 2. NORMATIVE e DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

### 2.1 NORMATIVE

Per le valutazioni di cui al successivo § 4. sono state prese a riferimento le seguenti Normative nazionali ed internazionali:

- ✓ *Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 28 Ottobre 2005 «Sicurezza nelle Gallerie Ferroviarie» [1]*
- ✓ *UNI 11076/2003 - Modalità di prova per la valutazione del comportamento di protettivi applicati a soffitti di opere sotterranee, in condizioni di incendio [2]*
- ✓ *REGOLAMENTO (UE) N. 1303/2014 DELLA COMMISSIONE del 18 Novembre 2014 relativo alla Specifica Tecnica di Interoperabilità concernente la «sicurezza nelle gallerie ferroviarie» del sistema ferroviario dell'Unione europea [3]*
- ✓ *Guida per l'applicazione della STI SRT in forza del mandato di riferimento C(2007)3371 definitivo del 13/07/2007 del 28 Maggio 2014 [4]*
- ✓ *UNI EN 1991-1-2 - Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture – Parte 1-2 – Azioni in generale – Azioni sulle strutture esposte al fuoco [5] e relativa Appendice Nazionale*
- ✓ *UNI EN 1992-1-2 - Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-2 – Regole generali – Progettazione strutturale contro l'incendio [6] e relativa Appendice Nazionale*
- ✓ *Ministero delle Infrastrutture, DM 14 gennaio 2008, «Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni» [7]*
- ✓ *Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, circolare 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP., «Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008» [8]*

	<b>VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA VARIANTE DI BAULADU</b>  <i>Galleria Bauladu</i>												
RELAZIONE TECNICO-SPECIALISTICA per la VERIFICA di RESISTENZA al FUOCO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>RR0H</b></td> <td><b>01</b></td> <td><b>D 09 RH</b></td> <td><b>OC0000 001</b></td> <td><b>A</b></td> <td><b>7 di 11</b></td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	<b>RR0H</b>	<b>01</b>	<b>D 09 RH</b>	<b>OC0000 001</b>	<b>A</b>	<b>7 di 11</b>
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
<b>RR0H</b>	<b>01</b>	<b>D 09 RH</b>	<b>OC0000 001</b>	<b>A</b>	<b>7 di 11</b>								

## 2.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

Per le valutazioni di cui al successivo § 4. sono stati presi a riferimento i seguenti studi specifici condotti sul tema resistenza al fuoco delle gallerie ferroviarie:

- ✓ *Verifiche in condizione di incendio secondo la norma STI SRT 20/12/2007 "Sicurezza nelle gallerie ferroviarie" delle sezioni di rivestimento di alcune opere in sotterraneo delle tratte AV/AC Firenze-Bologna, Gricignano-Napoli, Novara-Milano - Considerazioni sul fenomeno dello "spalling" ai fini dell'esecuzione delle verifiche in condizioni di incendio delle strutture di rivestimento di opere in sotterraneo - Prof. Ing. Enzo Cartapati - Roma, 7 Maggio 2012 [9]*

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA VARIANTE DI BAULADU</p> <p><i>Galleria Bauladu</i></p>					
<p>RELAZIONE TECNICO-SPECIALISTICA per la VERIFICA di RESISTENZA al FUOCO</p>	<p>PROGETTO <b>RR0H</b></p>	<p>LOTTO <b>01</b></p>	<p>CODIFICA <b>D 09 RH</b></p>	<p>DOCUMENTO <b>OC0000 001</b></p>	<p>REV. <b>A</b></p>	<p>FOGLIO <b>8 di 11</b></p>

### 3. IPOTESI E CRITERI DI CALCOLO

Con riferimento alle normative ed ai documenti di riferimento di cui ai §§ 2.1 e 2.2, le valutazioni sul comportamento strutturale alle alte temperature, per la peculiarità delle tipologie strutturali indagate (cfr. § 4.) nel loro complesso e le relative condizioni al contorno, sono state condotte, in sintesi, analizzando, per la combinazione di carico incendio, il comportamento meccanico delle strutture portanti/rivestimenti definitivi all'azione incendio di verifica (*curva Temperatura/tempo "Tunnel"* da UNI11076/2003 - cfr. *Figura 1* -), per tutta la durata di resistenza richiesta ( $t=120$ minuti), partendo dall'analisi dell'evoluzione della temperatura all'interno delle sezioni strutturali <sup>5</sup>.

Secondo tali criteri, la risposta delle tipologie strutturali indagate è stata valutata sia ipotizzando l'integrità delle sezioni strutturali per tutta la durata di resistenza al fuoco richiesta, sia tenendo conto del verificarsi di fenomeni di "spalling" in ragione dell'impossibilità, date le condizioni al contorno, di poterli escludere a priori (a tal proposito si cita la *Sezione 4 Procedure di progettazione p.to 4.1 Generalità* della UNI EN 1992-1-2 - Eurocodice 2 - *Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-2 -Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio* (cfr. rif. [6]) in cui viene richiesto 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)..."). Per effettuare ciò, ci si è riferiti ad uno studio condotto per *Rete Ferroviaria Italiana* (cfr. rif. [9]) che, sulla base di evidenze sperimentali e di incendi realmente avvenuti, ha portato ad individuare un criterio attendibile di quantificazione dei fenomeni di "spalling" con il quale, caso per caso, condurre le valutazioni (cfr. anche *Figura 2*).

Pertanto, nell'arco dei 120minuti di esposizione al cimento termico fornito dalla *curva Temperatura/tempo "Tunnel"* da UNI11076/2003 sono state considerate le seguenti due condizioni di verifica:

- a) *in assenza di fenomeni di "spalling"*
- b) *in presenza di fenomeni di "spalling"*

riferendo l'esito alla condizione risultata peggiore.

<sup>5</sup> Sono state considerate direttamente esposte al fuoco, per le tipologie strutturali investigate, tutte le sezioni strutturali di chiave, reni e piedritti fino al marciapiede.



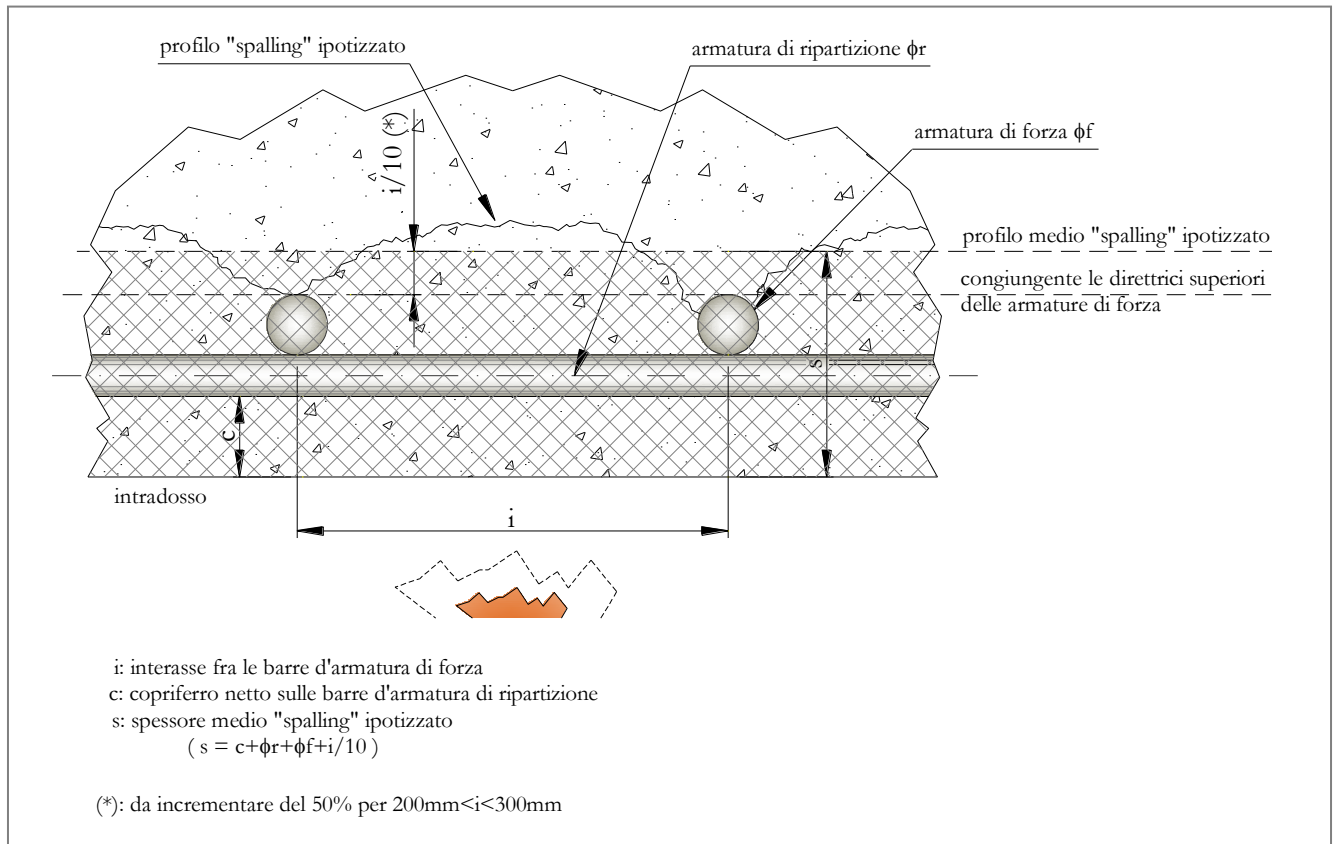


Figura 2 - Stralcio schematico sezione strutturale per quantificazione fenomeno "spalling" da cfr. rif. [9]



 <p><b>ITOLFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>VELOCIZZAZIONE LINEA SAN GAVINO – SASSARI – OLBIA VARIANTE DI BAULADU</p> <p><i>Galleria Bauladu</i></p>												
<p>RELAZIONE TECNICO-SPECIALISTICA per la VERIFICA di RESISTENZA al FUOCO</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RR0H</td> <td>01</td> <td>D 09 RH</td> <td>OC0000 001</td> <td>A</td> <td>11 di 11</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RR0H	01	D 09 RH	OC0000 001	A	11 di 11
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RR0H	01	D 09 RH	OC0000 001	A	11 di 11								

## 5. ESITO DELLE VALUTAZIONI E CONCLUSIONI

Tenuto conto tutto quanto sopra esposto (cfr. §§ 1., 2., 2.1, 2.2, 3. e 4.) è possibile sintetizzare quanto a seguire in relazione agli esiti delle valutazioni <sup>1</sup> condotte circa il comportamento alle alte temperature delle strutture portanti/rivestimenti definitivi della **Galleria** in oggetto.

Con riferimento alle tipologie strutturali di cui al § 4. ed ai relativi dati di progetto “a freddo” utilizzando le *ipotesi* ed i *criteri di calcolo* di cui al precedente § 3., nonché § 1., è emerso che l’iperstaticità (da garantire sempre ed inderogabilmente) delle tipologie strutturali adottate ha portato, in tutti i casi, al soddisfacimento delle verifiche di *resistenza al fuoco* delle strutture portanti/rivestimenti definitivi della **Galleria Bauladu** anche considerando la formazione di cerniere plastiche <sup>6</sup> per tutta la durata di esposizione richiesta (t=120minuti - cfr. § 1. -), sia *in assenza* che *in presenza di fenomeni di spalling*; tutto questo con riferimento alla “curva di incendio” di verifica da **UNI11076/2003** (in accordo con il **D.M.2005** e con il p.to 2) del **REGOLAMENTO (UE) N. 1303/2014** - cfr. ipotesi di cui al § 1. -) sia per le *sezioni correnti di galleria naturale che di galleria artificiale di linea* - cfr. § 4. -. E’ inteso che qualsiasi modifica alle configurazioni progettuali sopra esposte rende tali esiti privi di validità.

In ultimo, si evidenzia che con riferimento al p.to 1) del **REGOLAMENTO (UE) N. 1303/2014** non sono state condotte verifiche di tipo analitico delle strutture portanti/rivestimenti definitivi risultando “...l’integrità del rivestimento della galleria...” non ascrivibile alla resistenza delle “...struttura principale della galleria...” che risulta verificata analiticamente nei termini esposti al precedente capoverso. Si evidenzia, infatti, che il p.to 1), con il quale il normatore vuole dare forza al concetto di protezione delle persone durante le fasi di “...autosoccorso...evacuazione dei passeggeri e del personale nonché...intervento delle squadre di emergenza...”, richiede la resistenza a 450°C non alle strutture portanti/rivestimenti definitivi della galleria (e quindi alla “...struttura principale della galleria...” oggetto delle verifiche di tipo analitico anzidette), ma di elementi non strutturali (quali pannellature, controsoffittature etc. di “...rivestimento della galleria...”) applicati a soffitto/parete (non presenti nel caso in esame) o ad impianti sospesi la cui caduta può compromettere le fasi di cui sopra. E’ inteso che tale verifica andrà condotta qualora nell’ambito dello sviluppo del Progetto Esecutivo dovessero presentarsi situazioni tali da ricadere in questa casistica.

<sup>6</sup> Con danneggiamenti irreversibili.