

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**

**TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI  
PROGETTO DEFINITIVO**

**DOCUMENTAZIONE DI SICUREZZA GALLERIE – DM 28/10/2005  
GALLERIA POZZOLO  
DOCUMENTAZIONE RELATIVA ALL'ANALISI DI RISCHIO  
PROGETTO DELLA SICUREZZA ANALISI DI RISCHIO**

GENERAL CONTRACTOR	ITALFERR S.p.A.
Consorzio Cociv  Project Manager (Ing. Guagnozzi) Data: 31/07/2012	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
A 3 0 1	0 0	D	C V	R O	S C 0 0 0 1	0 0 7	F

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
E00	Adeguamento sicurezza in galleria	Prometeoengineering.it 	16/03/2012	Ing. I. Barilli 	20/03/2012	Ing. E. Pagani 	23/03/2012	<b>Ing. E. Ghislandi</b>  Data: 31/07/2012
F00	Istruttoria n. A30100DSCIS0000001A del 18/05/2012	Prometeoengineering.it 	27/07/2012	Ing. I. Barilli 	27/07/2012	Ing. E. Pagani 	31/07/2012	

n. Elab.:

File: A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC

CUP: F81H92000000008

## INDICE

<b>1</b>	<b>SCOPO DEL DOCUMENTO</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>DOCUMENTI DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>DEFINIZIONI E ABBREVIAZIONI</b> .....	<b>11</b>
3.1	DEFINIZIONI .....	11
3.2	ABBREVIAZIONI .....	13
<b>4</b>	<b>CAMPI DI APPLICAZIONE</b> .....	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE DEL SISTEMA TRENO-GALLERIA</b> .....	<b>16</b>
5.1	PLANIMETRIA GENERALE .....	17
5.2	AREE DI SOCCORSO .....	17
5.3	ANDAMENTO ALTIMETRICO .....	18
5.4	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE .....	19
5.4.1	<i>Uscite di sicurezza</i> .....	22
5.5	PROGRAMMA DI ESERCIZIO .....	27
5.5.1	<i>Velocità della linea</i> .....	27
5.5.2	<i>Dati di traffico</i> .....	27
5.6	PARAMETRI CARATTERISTICI DEL SISTEMA GALLERIA .....	31
5.6.1	<i>Requisiti e predisposizioni di sicurezza presenti (opere civili interne)</i> .....	31
5.6.1.1	Deviatoi in galleria .....	31
5.6.1.2	Accessi primari e secondari .....	32
5.6.1.3	Tabella delle nicchie .....	32
5.6.1.4	Vie di esodo .....	32
5.6.1.5	Caratteristiche delle uscite/accessi intermedi .....	33
5.6.1.6	Locali tecnologici in galleria .....	33
5.6.2	<i>Requisiti e predisposizioni di sicurezza presenti (opere civili esterne e collegamenti viari)</i> .....	33
5.6.2.1	Piazzali di emergenza, piani a raso e strade di accesso .....	33
5.6.2.2	Aree di triage .....	33
5.6.2.3	Piazzole per l'elisoccorso .....	33
5.6.2.4	Fabbricati .....	33
5.6.2.4.1	Sottostazioni elettriche (SSE) e cabine TE .....	33
5.6.2.4.2	Fabbricati tecnologici .....	33
5.6.2.4.3	Altri edifici .....	34
5.7	REQUISITI E PREDISPOSIZIONI DI SICUREZZA PRESENTI (IMPIANTISTICI) .....	35
5.7.1	<i>Impianti LFM</i> .....	35
5.7.1.1	Caratteristiche principali .....	35
5.7.1.2	Architetture e modalita' di alimentazione cabine ed impianti .....	35
5.7.1.2.1	Architettura del sistema di alimentazione in Media Tensione .....	35
5.7.1.2.2	Alimentazione delle BTS e degli estensori cellulari (Shelter o edificio) .....	35
5.7.1.2.3	Sistema di alimentazione a 1000 V in galleria .....	36
5.7.1.2.4	Adeguamenti galleria Pozzolo .....	36
5.7.1.2.5	Edifici Sicurezza .....	37
5.7.1.3	Impianti di luce e forza motrice .....	37
5.7.1.3.1	Impianti all'interno dei fabbricati (cabine MT/bt) .....	38
5.7.1.3.2	Impianti all'esterno dei fabbricati (cabine MT/bt) .....	38
5.7.1.3.3	Criteri di illuminazione locali, nicchie, galleria .....	38
5.7.1.4	Attrezzaggio LFM galleria .....	40
5.7.1.5	Protezioni elettriche .....	41

5.7.1.5.1	Lato Media Tensione 15 kV .....	41
5.7.1.5.2	Linee 1 kV sicurezza gallerie .....	41
5.7.1.5.3	Distribuzione 230V <sub>CA</sub> /400V <sub>CA</sub> .....	41
5.7.1.6	Sistema di terra .....	41
5.7.1.7	Sistemi di alimentazione IS.....	42
5.7.1.8	Sistema di supervisione sicurezza galleria .....	42
5.7.1.9	Sistema di supervisione Media Tensione.....	43
5.7.1.9.1	Rete di collegamento .....	44
5.7.1.9.2	Struttura del collegamento in fibra ottica .....	44
5.7.1.9.3	Componenti del sistema di automazione .....	45
5.7.1.9.4	Server di gestione MT.....	45
5.7.1.9.5	Postazione di Supervisione.....	45
5.7.1.9.6	Interfacce .....	45
5.7.1.10	Requisiti generali del sistema di automazione e controllo .....	46
5.7.2	<i>Illuminazione di emergenza in galleria.....</i>	48
5.7.3	<i>Segnaletica di emergenza in galleria .....</i>	48
5.7.3.1	Scopo della segnaletica .....	48
5.7.3.2	Caratteristiche e dimensioni dei cartelli .....	49
5.7.3.3	Posizionamento cartelli .....	50
5.7.4	<i>Sistema di Supervisione Integrata (SPVI).....</i>	51
5.7.5	<i>Sistema di automazione SGSA.....</i>	53
5.7.5.1	Definizione del sottosistema .....	53
5.7.5.2	Architettura del sistema SCC-AC.....	54
5.7.5.2.1	Posto Centrale.....	58
5.7.5.2.2	Posto Periferico Fisso .....	60
5.7.5.2.3	Interconnessioni.....	60
5.7.5.2.4	Posti Gestione Emergenza Periferici .....	62
5.7.6	<i>Telecomando posti periferici TE .....</i>	62
5.7.7	<i>Telecomando sistema MATS .....</i>	62
5.7.8	<i>Impianti antintrusione, controllo accessi e di videosorveglianza.....</i>	65
5.7.8.1	Caratteristiche generali .....	65
5.7.8.2	Dotazioni nei singoli impianti galleria Pozzolo.....	67
5.7.9	<i>Sistema di segnalamento SGSS .....</i>	68
5.7.9.1	Sistema ERTMS.....	69
5.7.9.2	Sistema SCMT .....	69
5.7.9.3	Sottosistema di Gestione della Via .....	70
5.7.9.4	Sottosistema di Distanziamento.....	70
5.7.9.5	Sottosistema di Gestione delle Comunicazioni.....	70
5.7.10	<i>Eletrificazione .....</i>	72
5.7.10.1	Generalità.....	72
5.7.10.2	Linea di contatto.....	72
5.7.11	<i>Riserva idrica .....</i>	73
5.7.12	<i>Impianto controllo fumi.....</i>	73
5.7.12.1	Impianto di pressurizzazione uscite di sicurezza .....	73
5.7.13	<i>Telecomunicazioni .....</i>	73
5.7.13.1	Sottosistema tlc lunga distanza (ld).....	74
5.7.13.2	Sottosistema tlc telefonico (st).....	74
5.7.13.3	Sottosistema tlc terra-treno (tt) .....	75
5.7.14	<i>Sistema telefonico di emergenza e diffusione sonora .....</i>	76
5.7.14.1	Principio di funzionamento .....	77
5.7.14.1.1	Operatività delle consolle.....	77
5.7.14.1.2	Chiamate di emergenza.....	78
5.7.14.1.3	Diffusione sonora .....	78
5.7.14.1.4	Tele diffusione sonora.....	78
5.7.14.1.5	Server .....	78

5.7.14.1.6	Descrizione funzionale .....	79
5.7.14.1.7	Ridondanza di rete e relative prestazioni .....	81
5.7.14.1.8	Diffusori a tromba .....	81
5.7.14.1.9	Disposizione apparati .....	81
<b>5.7.15</b>	<b>Impianti di rivelazione e estinzione incendi .....</b>	<b>82</b>
5.7.15.1	Sistema di protezione incendio .....	82
5.7.15.2	Sistema di rivelazione incendi .....	82
5.7.15.3	Spegnimento automatico .....	84
5.7.15.4	Spegnimento manuale.....	84
<b>5.8</b>	<b>CRITERI GENERALI DI SICUREZZA IN GALLERIA .....</b>	<b>84</b>
<b>5.9</b>	<b>REQUISITI MINIMI DI SICUREZZA .....</b>	<b>90</b>
<b>5.10</b>	<b>REQUISITI INTEGRATIVI.....</b>	<b>103</b>
<b>5.11</b>	<b>TABELLA RIEPILOGATIVA DEI REQUISITI MINIMI ED INTEGRATIVI .....</b>	<b>106</b>
<b>5.12</b>	<b>DIRETTIVA 2008/163/CE (STI).....</b>	<b>114</b>
<b>6</b>	<b>DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA DI ANALISI DEL RISCHIO .....</b>	<b>123</b>
6.1	ANALISI DI RISCHIO – TIPOLOGIA .....	123
6.2	DEFINIZIONE DELLA METODOLOGIA DI ANALISI .....	124
6.2.1	<i>Definizioni ed acronimi.....</i>	<i>124</i>
6.2.1.1	Eventi critici .....	124
6.2.1.2	Tassi di accadimento degli eventi critici .....	125
6.2.1.3	Numero di vittime .....	128
6.2.1.4	Alberi degli eventi e reticoli bayesiani .....	129
6.2.1.5	Flusso del pericolo .....	130
6.2.1.6	Processo di esodo.....	131
6.2.1.7	Verosimiglianza statistica e teorema di Bayes.....	133
6.2.1.8	Rischio sociale di una galleria ferroviaria.....	134
6.2.1.9	Passi metodologici.....	139
6.2.1.10	Analisi di Sicurezza.....	139
6.2.1.11	Analisi di Rischio .....	140
6.2.1.12	Capisaldi dell'analisi di rischio .....	144
6.2.1.13	Determinazione del rischio pertinente ad un sistema galleria ferroviaria.....	147
6.2.1.14	Caratterizzazione Statistica dell'Insieme Probabilistico degli Eventi Critici Iniziatori .....	148
6.2.1.15	Individuazione degli Scenari Rilevanti.....	148
6.2.1.16	Alberi degli eventi.....	149
6.2.1.17	Eventi ed esiti .....	150
6.2.1.18	Probabilità e conseguenze.....	151
6.2.1.19	Reticoli bayesiani.....	152
6.2.1.20	Definizione e caratterizzazione degli scenari di esodo .....	161
6.2.1.21	Determinazione e rappresentazione delle misure di rischio.....	163
<b>7</b>	<b>LISTA DEGLI EVENTI PERICOLOSI E DELLE CAUSE.....</b>	<b>169</b>
7.1	ANALISI PRELIMINARE DEI RISCHI.....	169
7.1.1	<i>Identificazione dei pericoli potenziali.....</i>	<i>169</i>
7.1.2	<i>Definizione e classificazione dei pericoli.....</i>	<i>169</i>
7.1.2.1	Identificazione dei pericoli.....	169
7.1.2.2	Classificazione degli incidenti .....	172
<b>8</b>	<b>CLASSIFICAZIONE E SELEZIONE DEGLI EVENTI PERICOLOSI.....</b>	<b>176</b>
8.1	CLASSIFICAZIONE DEGLI EVENTI PERICOLOSI.....	176
8.2	SELEZIONE DEI PERICOLI RILEVANTI PER LA GALLERIA.....	178
8.3	DEFINIZIONE DELLA CLASSE DEGLI EVENTI INIZIATORI .....	178
<b>9</b>	<b>PROBABILITA' DI ACCADIMENTO DEGLI EVENTI PERICOLOSI .....</b>	<b>179</b>

9.1	DESCRIZIONE DEL PROCESSO DI CALCOLO DEI RATEI .....	179
9.2	ANALISI DELL'INCIDENTALITÀ DELLA RETE FERROVIARIA.....	180
9.3	FUNZIONI DI DISTRIBUZIONE DELLA PROBABILITÀ DI ACCADIMENTO DEGLI EVENTI INCIDENTALI. ....	185
9.4	CALCOLO DEL RATEO DI DERAGLIAMENTO .....	186
9.5	CALCOLO DEL RATEO DI COLLISIONE .....	191
9.6	CALCOLO DEL RATEO DI INCENDIO .....	195
9.7	DEFINIZIONE DELLA CLASSE DEGLI EVENTI INIZIATORI .....	198
9.7.1	<i>Calcolo dei ratei degli eventi iniziatori .....</i>	<i>199</i>
9.7.2	<i>Studio delle cause di innesco dei singoli eventi iniziatori .....</i>	<i>200</i>
9.7.2.1	Cause Deragliamento .....	200
9.7.2.2	Cause Collisione.....	204
9.7.2.3	Cause Incendio .....	206
9.7.3	<i>Analisi delle sequenze incidentali.....</i>	<i>215</i>
9.7.3.1	Deragliamento.....	217
9.7.3.2	Collisione .....	219
9.7.3.3	Incendio di materiale rotabile .....	220
9.7.4	<i>Calcolo delle frequenze di accadimento degli scenari incidentali .....</i>	<i>222</i>
9.7.5	<i>Determinazione delle funzioni di distribuzione associate all'albero degli eventi .....</i>	<i>225</i>
9.7.5.1	Deragliamento.....	225
9.7.5.2	Collisione .....	231
9.7.5.2.1	Determinazione della probabilità di collisione secondaria.....	231
9.7.5.3	Incendio di materiale rotabile .....	232
<b>10</b>	<b>SCENARI INCIDENTALI .....</b>	<b>233</b>
10.1	ANALISI DELLE CONSEGUENZE .....	233
10.1.1	<i>Conseguenze associate agli scenari di incendio di materiale rotabile.....</i>	<i>233</i>
10.1.1.1	Modello di Letalità.....	233
10.1.1.2	Metodo IRAM-RT.....	239
10.1.1.3	Modellazione di un evento di incendio.....	239
10.1.1.4	Evento di incendio all'interno di una carrozza ferroviaria.....	243
10.1.2	<i>Conseguenze associate a scenari coinvolgenti materiale rotabile per il trasporto merci pericolose</i> 248	
10.1.3	<i>Conseguenze associate agli scenari di deragliamento e collisione di materiale rotabile passeggeri e merci senza sviluppo di incendio e senza rilascio di merci pericolose .....</i>	<i>249</i>
10.2	SIMULAZIONE DEL FLUSSO DEL PERICOLO .....	251
<b>11</b>	<b>PROBABILITA' DEGLI EVENTI CARATTERISTICI DEGLI SCENARI INCIDENTALI .....</b>	<b>263</b>
11.1	CALCOLO DELLE FINALI MISURE DI RISCHIO SOCIALE PER GLI SCENARI INCIDENTALI .....	263
11.1.1	<i>Frequenze associate agli scenari di deragliamento.....</i>	<i>267</i>
11.2	FREQUENZE ASSOCIATE AGLI SCENARI DI COLLISIONE .....	268
11.3	FREQUENZE ASSOCIATE AGLI SCENARI DI INCENDIO DI MATERIALE ROTABILE .....	268
<b>12</b>	<b>VALUTAZIONE DEI PROFILI DI RISCHIO .....</b>	<b>269</b>
12.1	CALCOLO DEL LIVELLO DI RISCHIO DELLA GALLERIA .....	269
12.1.1	<i>Calcolo del livello di rischio associato alla configurazione base della galleria .....</i>	<i>269</i>
12.2	VALUTAZIONE DELL'ACCETTABILITÀ DEL RISCHIO.....	271
<b>13</b>	<b>IINDIVIDUAZIONE E VALUTAZIONE DELLE MISURE PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO .....</b>	<b>275</b>
13.1	CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI DEI SISTEMI DI SICUREZZA .....	275
13.2	ANALISI DELL'IMPATTO DELLE MISURE DI SICUREZZA.....	279
<b>14</b>	<b>VALUTAZIONE TIPO ALARP .....</b>	<b>281</b>

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Codifica Documento

A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC

Foglio

6 di 301

15	ALLEGATO II DETTAGLIO SCENARI DI PERICOLO.....	283
16	ALLEGATO 0 - FIGURE FUORI TESTO.....	300

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>Codifica Documento</p> <p>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</p> <p>Foglio 7 di 301</p>

## 1 SCOPO DEL DOCUMENTO

La presente relazione ha per oggetto l'analisi e la valutazione del rischio per la galleria ferroviaria Pozzolo del III Valico.

Le infrastrutture indicate verranno analizzate alla luce del DM del 28/10/2005 sulla Sicurezza nelle Gallerie Ferroviarie”.

L'analisi di rischio è condotta sulla base dei dati di base e delle ipotesi concordate con la committenza adottando il metodo IRAM-RT sviluppato ed applicato dalla scrivente società in accordo al DM 28/10/2005.

Il Decreto Interministeriale del 28/10/2005 “*Sicurezza nelle gallerie ferroviarie*“ si connota, come atto legislativo, per i seguenti aspetti innovativi:

- aver introdotto un approccio sistemico e prestazionale al problema della sicurezza per le gallerie ferroviarie;
- avere identificato l'analisi di rischio come strumento di indagine analitico e ben definito, idoneo a quantificare il rischio connesso al progetto della sicurezza per una specifica galleria ferroviaria;
- avere fissato i livelli di rischio che devono essere soddisfatti dal progetto della sicurezza di una specifica galleria ferroviaria, sulla base di una prefissata dottrina di accettazione del rischio ed in modo congruente con il contesto socio-economico del paese nel quale essa è realizzata.

Il principio adottato dagli estensori del DM 28/10/2005 per derivare i Criteri di Accettazione del Rischio e definire le Misure di Rischio per un sistema galleria ferroviaria è il principio ALARP (As Low As Reasonably Practicable) così formulato:

*il rischio sociale deve essere valutato per ogni attività antropica che possa provocare sinistri risultanti in un numero ampio di fatalità.*

Gli estensori del DM 28/10/2005, in modo specifico, hanno operato le seguenti scelte:

- la componente rappresentativa del danno per una galleria ferroviaria è identificata con le conseguenze attese sulla salute della popolazione esposta al flusso del pericolo generato da un insieme probabilistico di scenari rilevanti, conseguenti all'accadimento di un insieme predefinito di eventi critici iniziatori;
- le conseguenze attese sulla popolazione esposta devono essere determinate formulando e risolvendo un idoneo modello di rischio e devono essere quantificate in termini di predefinite misure di rischio (curve cumulate complementari, livello di rischio individuale) da valutare su un insieme probabilistico di scenari di fine emergenza (scenari di esodo);
- le misure di rischio, determinate per ogni singola galleria ferroviaria, devono essere confrontate con i livelli di rischio fissati per legge, al fine di verificare l'accettabilità del progetto della sicurezza, in accordo al criterio ALARP.

Il modello di rischio adottato nel DM 28/10/2005 è un modello di rischio Probabilistico nella formulazione e Fattoriale nella struttura; le misure di rischio sociale devono

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC	Foglio 8 di 301

essere rappresentate sul piano Frequenze di Accadimento - Numero Atteso di Fatalità (F-N) sul quale sono riportati il Livello di Rischio Tollerabile ed il Livello di Rischio Accettabile fissati per legge.

Il Livello di Rischio Accettabile è il risultato di una scelta operata su base giuridica di un Rischio per la Salute Pubblica accettabile nel paese in cui vive la Popolazione potenzialmente Esposta.

La verifica di accettabilità del progetto di sicurezza per una galleria ferroviaria richiede che la misura di rischio sociale ad esso propria (curva cumulata complementare) ricada all'interno della Zona di Accettabilità Condizionata del Rischio individuata sul piano F-N dai limiti di tollerabilità ed accettabilità del rischio detta Zona ALARP e zona di applicazione del Criterio ALARP.



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 9 di 301

## 2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

1. Decreto del 28/10/2005 “Sicurezza delle Gallerie Ferroviarie” del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n.83 del 08/04/2006 e relativi allegati.
2. CENELEC, 2000, “CEI EN50126 - Applicazioni Ferroviarie, tranviarie, filotranviarie, metropolitane - La specificazione e la dimostrazione di Affidabilità, Disponibilità, Manutenibilità, e Sicurezza (RAMS)”
3. CENELEC, 2001, “EN50128 - Railway Applications - Software for RailwayControl and Protection Systems”
4. CENELEC, 2003, “EN50129 - Railway applications - Communication, signalling and processing systems - Safety related electronic systems for signalling”
5. RFI, 2002, “Disposizione n° 29/2002 - Sviluppo e realizzazione di prodotti e sistemi tecnologici per il segnalamento ferroviario”
6. RFI, 2002, “Disposizione n° 32/2002 - Applicazione della Normativa CENELEC di settore allo sviluppo e alla realizzazione di sistemi e prodotti elettronici in sicurezza per il segnalamento ferroviario”
7. RFI, 2001, “Disposizione n° 13/2001 - Requisiti per l'adozione [...] di un sistema di gestione della sicurezza (Safety Management System)”
8. RFI, 2004, Disposizione n° 15/2004: Modifiche alla Disposizione del Gestore dell'Infrastruttura n. 13 del 26 giugno 2001
9. European Commission and Council, 2004, “DIRECTIVE 2004/49/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 29 April 2004 on safety on the Community's railways and amending Council Directive 95/18/EC on the licensing of railway undertakings and Directive 2001/14/EC on the allocation of railway infrastructure capacity and the levying of charges for the use of railway infrastructure and safety certification (Railway Safety Directive)”
10. RFI, 2007, Metodologie di Analisi del Rischio da applicare nello sviluppo e realizzazione di Sistemi di Segnalamento Ferroviario - RFI TC PR IS 00 011 B
11. ITALFERR S.p.A, 2001, “Linee guida per l'applicazione dell'analisi di rischio estesa alle gallerie ferroviarie – D.M. del 28/10/2005”;
12. ITALFERR S.p.A., 998, «Linee Guida per l'Analisi di Rischio di Sistemi Ferroviari».
13. ITALFERR S.p.A., 2003, «Prescrizioni Tecniche per la Progettazione – Prescrizioni Tecniche – Sicurezza di Sistema – Analisi del Rischio».
14. Railtrack, 2000, “Engineering Safety Management”, Issue 3, Yellow Book 3
15. IEC 1025 - Fault Tree Analysis (FTA).
16. NUREG-0492 Fault Tree Handbook

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC	Foglio 10 di 301

17. RFI, 2007, Disposizione n° 51/2007: Modifiche alla Disposizione del Gestore dell'Infrastruttura n. 13 del 26 giugno 2001 e successive modifiche
18. RFI, 2007, Disposizione n° 52/2007: Modifica degli articoli 2, 3 e 4 della Disposizione n. 32 del 12.11.2002
19. RFI, 2011, Disposizione n° 20/2010 del 24 dicembre 2010 Attuazione del Decreto Ministeriale del 28 ottobre 2005 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti recante norme in materia di sicurezza nelle gallerie ferroviarie
20. ISO/TS 16732:2005 - Fire safety engineering -- Guidance on fire risk assessment
21. ISO/TR 13387-(parti 1 – 8):1999 - Fire safety engineering
22. ISO/TS 16733 - 7:2006 - Fire safety engineering -- Part 7: Detection, activation and suppression
23. NFPA Fire Protection Engineer Handbook
24. UNI CEI 11170-3 (2005) Linea guida per la protezione al fuoco dei veicoli ferrotranviari e a via guidata – Valutazione di comportamento al fuoco dei materiali – Limiti di accettabilità
25. Decreto Legislativo del Governo del 17 agosto 1999, n. 334 e s.m.i. “Attuazione della direttiva 96/82/CE relativa al controllo dei pericoli di incendi rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose”, pubblicato sul Supplemento Ordinario n. 177 alla Gazzetta Ufficiale n. 228 del 28 settembre 1999 (con Allegati)
26. ERA Safety Unit – Safety Reporting Sector - Implementation Guidance for Annex 1 and Appendix to Directive 2004/49/EC
27. Nota del Ministero dell'Infrastruttura e dei Trasporti prot. n 0023521-del27/05/2010 sugli adempimenti per il rispetto della normativa in materia di sicurezza delle gallerie ferroviarie
28. Nota RFI protocollo n. RFI-ADVA0011\P\2010\0000871 del 29/07/2010 sul Programma di massima degli interventi correttivi di adeguamento delle gallerie in esercizio di cui all'articolo 11 del D.M. 28/10/2005 “Sicurezza nelle gallerie ferroviarie”
29. Specifica Tecnica di Interoperabilità “Sicurezza nelle gallerie ferroviarie” STI SRT (2008/163/CE).
30. Procedura Operativa Direzionale di Direzione Tecnica di RFI RFI DTC PD IFS 001 B del 24/11/2010 che identifica compiti e responsabilità all'interno di RFI per la Sicurezza delle Gallerie Ferroviarie

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC	Foglio 11 di 301

### 3 DEFINIZIONI E ABBREVIAZIONI

#### 3.1 Definizioni

**Analisi del Rischio.** Un approccio strutturato che identifica sia la probabilità che la severità delle conseguenze dannose che possono essere generate da una specifica attività.

**Errore Umano.** Un'azione umana che può portare ad un indesiderato comportamento/guasto del sistema

**Evento Pericoloso.** Un accadimento che crei pericolo.

**Fault Tree Analysis (Analisi ad albero delle avarie).** Un'analisi, presentata sotto forma di un albero delle avarie, effettuata con lo scopo di determinare quali modi di avaria del prodotto, sottoprodotti o eventi esterni, o combinazioni di questi, possono portare ad un dato modo di avaria del prodotto.

**Fattore Causale.** Evento che può portare al verificarsi di un pericolo.

**Ferito Grave.** qualsiasi ferito ospedalizzato per più di 24 ore a causa di un incidente. Sono esclusi i tentativi di suicidio (Regolamento (CE) n. 1192/2003)

**Incidente** (Dir. 2004/49 CE) Un evento improvviso indesiderato e non intenzionale o specifica catena di siffati eventi aventi conseguenze dannose; gli incidenti si dividono nelle seguenti categorie: collisioni, deragliamenti, incidenti ai passaggi ai livello, incidenti a persone causati da materiale rotabile in movimento, incendi e altro.

**Incidente Grave** (Dir. 2004/49 CE) Qualsiasi incidente che coinvolge almeno un veicolo ferroviario in movimento e causa almeno un decesso o o il ferimento grave di almeno cinque o più persone, o seri danni al materiale rotabile, all'infrastruttura o all'ambiente o qualsiasi incidente analogo avente un evidente impatto sulla regolamentazione della sicurezza ferroviaria o sulla gestione della stessa; "seri danni " i danni il cui costo totale può essere stimato immediatamente dall'organismo investigativo ad almeno 2 milioni di a materiale, binari, altri impianti o all'ambiente superiori ai 2.000.000 di €.

**Incidenti UIC.** Sono classificati UIC, in quanto presi in considerazione nelle statistiche dell'organizzazione medesima, gli incidenti che hanno avuto come conseguenze:

- la morte delle persone (persone morte sul colpo o decedute nei trenta giorni successivi, in seguito all'incidente) o il ferimento grave (persone che hanno avuto un ricovero ospedaliero superiore alle 24 ore), ad esclusione dei suicidi e dei tentavi di suicidio; sono ugualmente escluse le morti criminali o naturali;
- 2. avarie importanti al materiale rotabile, all'infrastruttura o agli impianti (danni superiori ai 150.000 Euro), o una perturbazione importante del

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC	Foglio 12 di 301

traffico (interruzione della circolazione dei treni sulla via principale per più di sei ore, deviazione o trasbordo dei viaggiatori).

non sono inseriti negli incidenti UIC gli incidenti avvenuti su tratta interrotta alla circolazione dei treni. (UIC) -

**Incidenti Tipici.** Sono classificati come tipici i seguenti incidenti UIC:

collisioni tra materiale rotabile o di materiale rotabile contro ostacoli, esclusi gli incidenti ai passaggi a livello;

- deragliamenti (di treni, in manovra, di locomotive isolate);
- incidenti ai passaggi a livello, cioè collisioni tra materiale rotabile e veicoli stradali ai PL.;
- incendi sul materiale rotabile in servizio (UIC).

**Incidente Lieve.** Incidente della tipologia “Tipici” che ha causato conseguenze inferiori alle soglie indicate nelle “Istruzioni per la compilazione della tabella “A 91” delle statistiche edite dall’UIC (BDS)

**Incidenti Atipici (UIC).** Si definiscono “atipici” gli incidenti accaduti individualmente a persone in relazione al movimento dei rotabili. Essi comprendono gli incidenti che possono accadere a persone che:

- partecipano ad operazioni di manovra o aggancio dei veicoli;
- stazionano o circolano nell’ambito della ferrovia;
- subiscono un urto da un ostacolo o da un veicolo mentre sono trasportate da un veicolo ferroviario;
- cadono da un veicolo ferroviario in movimento;
- vengono investite da parte di un materiale rotabile ad un passaggio a livello.

**Inconveniente.** qualsiasi evento diverso da un incidente o da un incidente grave, associato alla circolazione dei treni e avente un’incidenza sulla sicurezza dell’esercizio. (Direttiva 2004/49/CE)

**Misure di sicurezza.** Predisposizioni (strutturali, impiantistiche, organizzative) che garantiscono alcune funzioni essenziali al “sistema galleria” al fine di prevenire l’insorgere di situazioni di pericolo e mitigarne le eventuali conseguenze”

**Morto.** Decesso immediato o entro 30 giorni a causa di un incidente. Sono esclusi i suicidi. (Regolamento (CE) n. 1192/2003) e le morti criminali.

**Obiettivi di sicurezza.** Obiettivi richiamati agli artt. 3, 10 e 13 del [Rif. 1] e definiti in dettaglio nell’Allegato III al § 4 (Accettabilità del Rischio). (Costituiscono l’espressione dell’aspettativa di sicurezza della collettività esplicitata tramite gli indicatori quantitativi cogenti IR e CR).

**Pericolo (hazard).** Una situazione fisica con una potenzialità di arrecare lesioni alle persone.

**Probabilità di pericolo.** La probabilità di accadimento di un evento che crei uno specifico pericolo.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 13 di 301

**Registro delle situazioni pericolose (Hazard Log).** Il documento nel quale tutte le attività di gestione della sicurezza, le situazioni pericolose identificate, le decisioni prese e le soluzioni adottate vengono registrate o menzionate. Conosciuto anche come “registro della sicurezza”.(ENV 50129)

**Rischio.** La combinazione di frequenza, o probabilità, di incidente con la relativa conseguenza in termini di severità di pericolo.

**Rischio Cumulato.** Valore normalizzato della probabilità cumulata di superare una fissata soglia di danno. (Il rischio cumulato è espresso quantitativamente dall’Indicatore CR che consente di valutare gli effetti dell’evoluzione degli eventi pericolosi sui passeggeri esposti).

**Rischio Individuale.** Valore atteso del danno, normalizzato rispetto al numero dei passeggeri, ai chilometri di galleria e per l’anno. (Il rischio individuale è espresso quantitativamente dall’Indicatore RI che rappresenta la probabilità che un generico passeggero sia vittima di un incidente in galleria, quando percorre 1 km di galleria in 1 anno).

**Severità di pericolo.** Una valutazione delle conseguenze del peggiore incidente (o incidente potenziale) credibile che potrebbe essere causato da uno specifico pericolo.

**Situazione Anomala.** Condizione di esercizio pericolosa che può evolvere e dare luogo ad un incidente (BDS)

**Valutazione del rischio.** L’analisi integrata dei rischi relativi ad un prodotto, sistema o impianto e la loro significatività in uno specifico contesto.

### 3.2 Abbreviazioni

ABBREVIAZIONE	DEFINIZIONE
ALARP	As Low As Reasonably Practicable
ARE	Analisi di rischio estesa
BDS	Banca Dati Sicurezza
CR	Rischio Cumulato
ETA	Event Tree Analysis
FTA	Fault Tree Analysis
FWI	Fatalities and Weighted Injuries
IR	Rischio Individuale
R	Rischio Totale

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>Codifica Documento</p> <p><b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b></p>	<p>Foglio</p> <p>14 di 301</p>

SIGS	Sistema Integrato Gestione Sicurezza
VPF	Value of Preventing Fatality

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>Codifica Documento</p> <p>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</p>	<p>Foglio</p> <p>15 di 301</p>

#### 4 CAMPI DI APPLICAZIONE

Gli elementi e le analisi riportati nel presente documento sono applicabili per la galleria ferroviaria Pozzolo facente parte della tratta ferroviaria del Terzo Valico dei Giovi.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC	Foglio 16 di 301

## 5 CARATTERIZZAZIONE DEL SISTEMA TRENO-GALLERIA

La linea si inquadra nel riassetto delle comunicazioni ferroviarie tra Liguria, Piemonte e Lombardia, contestualmente a quello del Nodo di Genova.

L'ambito territoriale interessato dalla linea ferroviaria è quello delle province di Genova e di Alessandria, rispettivamente nei comuni di Genova, Ceranesi, Campomorone e Ronco Scrivia (Provincia di Genova), Fraconalto, Voltaggio, Arquata Scrivia, Gavi Ligure, Serravalle Scrivia, Novi Ligure, Pozzolo Formigaro e Tortona (Provincia di Alessandria).

Il progetto sinteticamente comprende:

- Linea principale, denominata del 3° Valico dei Giovi da Genova a Tortona.
- Interconnessioni Lato Liguria:
  - Interconnessione di Voltri a servizio del Ponente Ligure e del porto di Voltri;
  - Collegamento con Genova Piazza Principe, Genova Brignole ed il Levante Ligure, nonché con gli scali merci della zona di Genova, attraverso il Bivio Fegino opportunamente ristrutturato.
- Interconnessioni Lato Piemonte:
  - Interconnessione tecnica a semplice binario fra il binario pari della linea principale 3° Valico e il binario pari della linea storica Alessandria-Genova a ovest di Novi Ligure (denominata "Raccordo Tecnico III Valico-Novì Ligure")
  - Interconnessione da e per Alessandria-Torino-Novara a est di Novi Ligure, realizzando uno "shunt" della stazione di Novi (denominata per questo "Shunt III Valico-Torino")
  - Interconnessione tecnica a semplice binario a nord di Pozzolo Formigaro con funzione di collegamento alla linea esistente per Pozzolo Formigaro-Novì Ligure.
  - Collegamento con lo scalo intermodale di Rivalta Scrivia.
  - Innesto a raso della linea principale 3° Valico sulla linea storica Alessandria-Voghera-Piacenza a sud di Tortona per le destinazioni Milano e Piacenza.

Le nuove tratte ferroviarie saranno controllate e gestite da una sala operativa che verrà realizzata nel Posto Centrale a Genova.

Nella sala operativa si svolgeranno principalmente le seguenti attività:

- coordinamento del traffico ferroviario;
- acquisizione e gestione dei dati provenienti dai vari impianti di monitoraggio;
- gestione di eventuali situazioni di emergenza.

La linea del Terzo Valico si sviluppa su un tracciato di circa km 53, in parte a singolo binario e in parte a doppio binario.



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 17 di 301

Il tracciato proposto prevede l'inizio della linea del Terzo Valico circa 800 m prima del Bivio Fegino sulla linea proveniente da Genova Piazza Principe.

Dopo aver sottopassato l'Appennino Ligure con una galleria di circa 27 km, il tracciato fuoriesce all'aperto nel comune di Arquata Scrivia dove è previsto il Posto di Comunicazione con binario di precedenza di Libarna, per poi proseguire verso la piana di Novi sottopassando con una galleria di circa 7 km il territorio di Serravalle Scrivia.

Nella tratta di pianura il tracciato passa ad est l'abitato di Novi Ligure per poi proseguire verso Tortona attraverso il potenziamento dell'attuale linea Novi Ligure – Pozzolo Formigaro – Tortona, della quale è previsto il raddoppio del tratto Pozzolo Formigaro – Tortona attualmente ancora a semplice binario. Il tracciato di progetto si conclude a Tortona dove è previsto l'allaccio a raso con la linea per Piacenza/Milano. Il collegamento con la linea per Torino avviene attraverso il raccordo tecnico di Novi Ligure, nella zona compresa tra Serravalle e Novi Ligure all'altezza circa della pk 34+000.

Nei paragrafi successivi verranno sintetizzati i principali aspetti costruttivi e funzionali della galleria Pozzolo con un particolare riguardo a quelli funzionali alla gestione delle emergenze.

## 5.1 Planimetria generale

Nell'Allegato 0 è riportata la planimetria generale della Galleria Pozzolo.

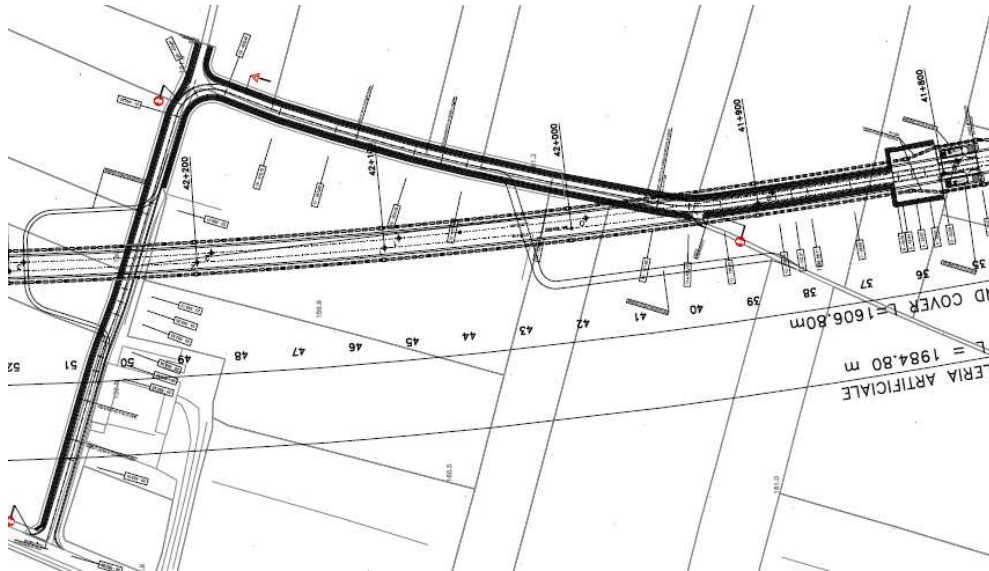
È una galleria artificiale lunga m 1984 da (pk 40+794 a pk 42+778) a forma scatolare a una canna e doppio binario.

L'interasse binari è di 4,5 m, mentre l'altezza libera è di 7,00 m sul piano del ferro, la larghezza interna è di 11,00 m. La galleria è dotata di uscite di sicurezza intermedie collegate alla viabilità da una strada di collegamento di circa 600 m.

In prossimità degli imbocchi sono previsti fabbricati tecnologici, mentre in corrispondenza dell'imbocco lato Genova si prevede una fonte di approvvigionamento costituita da autobotti dei VVF e dai corsi d'acqua nei pressi, garantendo 800 l/min per 2 ore, come previsto delle STI.

## 5.2 Aree di soccorso

In corrispondenza delle uscite di sicurezza è presente un'area di ricovero; il cui accesso viene garantito da una strada di collegamento che la collega (assieme alle uscite di sicurezza) alla viabilità locale.



Collegamento alla viabilità stradale delle uscite di sicurezza della galleria Pozzolo.

### 5.3 Andamento altimetrico

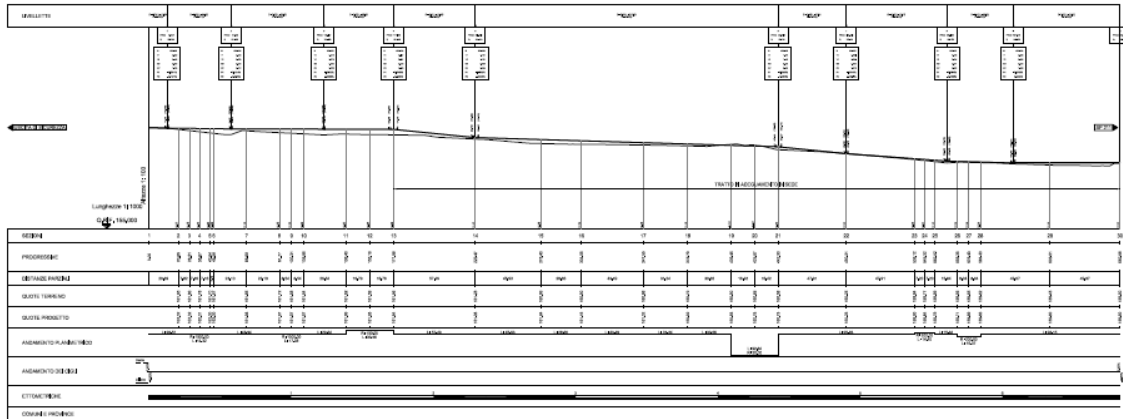
Le pendenze longitudinali per il binario pari variano da -0.055% a -1.200.

Le pendenze longitudinali per il binario dispari variano da +0.055% a +1.200.

<b>GALLERIA POZZOLO (binario pari)</b>			
<b>Caratteristica (secondo il senso di percorrenza)</b>	<b>Da progr. Km</b>	<b>A progr. Km</b>	<b>Pendenza livelletta (‰)</b>
In discesa	40+794	41+342.96	12.000
In discesa	41+342.96	42+059.22	4.434
In discesa	42+059.22	42+778	0.552

L'andamento altimetrico del binario dispari è analogo a quello del binario pari, invertendo ovviamente la caratteristica di ogni tratto.

La figura successiva mostra il profilo longitudinale della galleria Pozzolo.



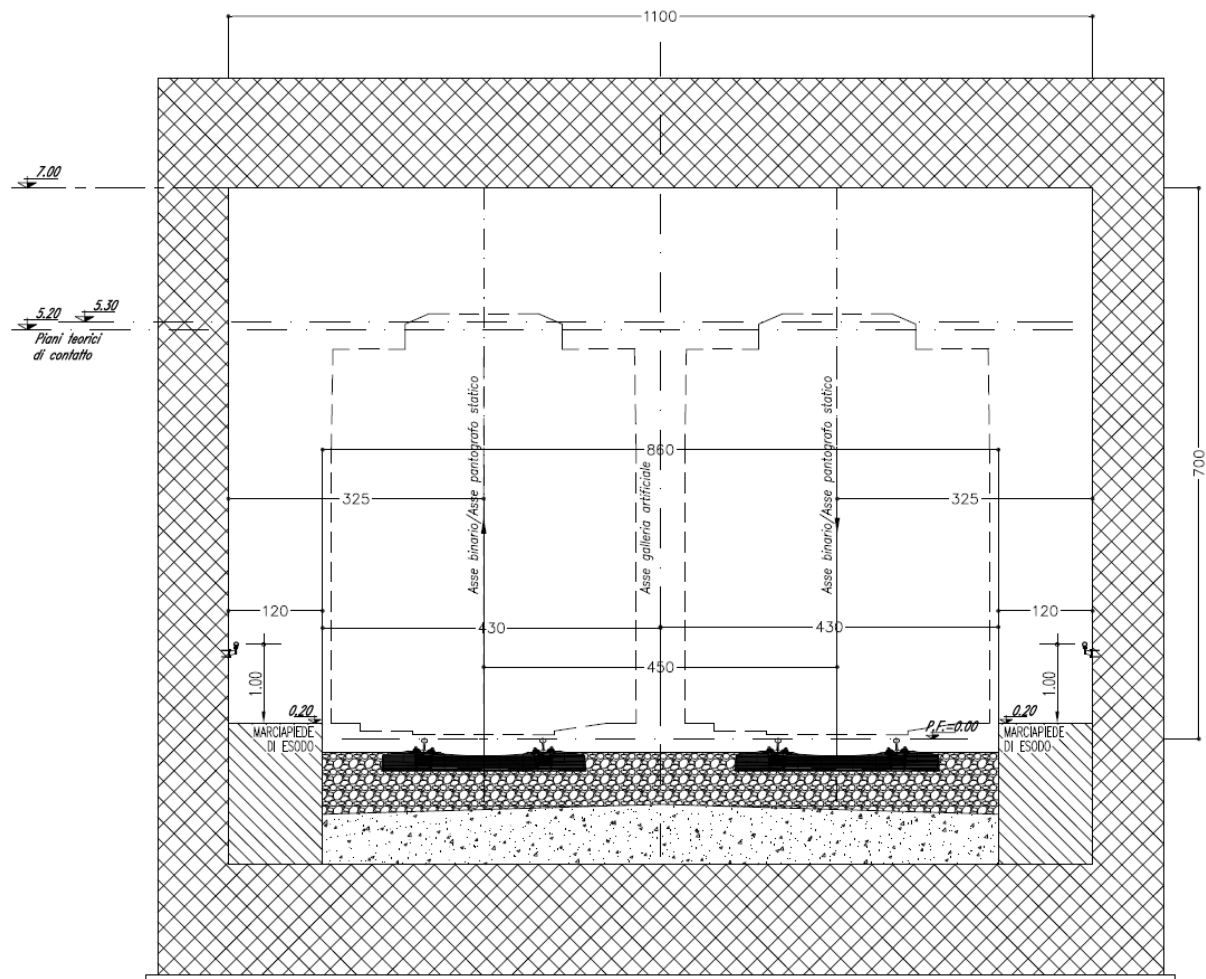
#### 5.4 Caratteristiche geometriche

La galleria Pozzolo è del tipo artificiale, con una configurazione a una canna e doppio binario con altezza libera è di 7,00 m sul piano del ferro e la larghezza interna è di 11,00 m.

La sezione libera è di  $m^2$  76 circa.

La sede ferroviaria è costituita da:

- due via di corsa di larghezza m 4,30 in ballast per un totale di 8,60 m;
- due marciapiedi laterali transitabili di larghezza m 1,20, in calcestruzzo, le cui quote di calpestio sono a + 20 cm rispetto al piano del ferro;
- corrimani dei marciapiedi transitabili a quota 1 m dal piano di calpestio.



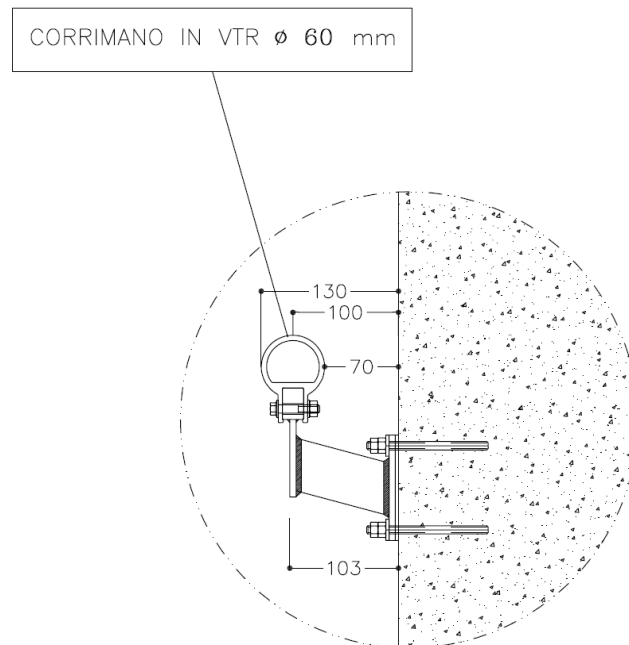
Sezione trasversale galleria Pozzolo

La figura seguente illustra l'installazione, in galleria ferroviaria, lungo il marciapiedi di esodo, di un corrimano in materiale non conduttore.

Il corrimano risponde ai requisiti della STI 2008-163-CE "Sicurezza nelle gallerie ferroviarie - punto 4.2.2.4 (EN 13501-1:2002 e successive modifiche ed integrazioni)" nonché al DM 28 ottobre 2005 - "Sicurezza nelle gallerie ferroviarie" paragrafo 1.3.1 .

Il corrimano ed i relativi agganci al rivestimento di galleria sono dimensionati per resistere alle sollecitazioni determinate dal passaggio dei viaggiatori in esodo.

VISTA TRASVERSALE  
(quote in mm)



Nello sviluppo della galleria artificiale vengono impiegate, in tratti diversi, due tipologie costruttive che vengono di seguito descritte.

#### Tipologia CUT AND COVER

E' la tipologia con scavo a cielo aperto. Tale tipologia viene impiegata in tutti i tratti dove è possibile eseguire un ampio sbancamento senza interferire con strade, ferrovie, edifici.

La tipologia costruttiva si sviluppa nelle seguenti fasi:

- Scavo delle trincee fino al piano fondo scavo generale;
- Formazione del sottofondo in cls magro, posa impermeabilizzazione e getto della platea, getto delle pareti verticali previa posa di lastre predalles come cassero da solidarizzare in opera, realizzazione della soletta di copertura con la stessa metodologia, impermeabilizzazione pareti e soletta;
- Completamento del reinterro;
- Opere di finitura e attrezzaggio ferroviario entro la galleria.

#### Tipologia con DIAFRAMMI

La tipologia con diaframmi viene utilizzata in tutte le situazioni che presentano interferenze con strade, ferrovie, edifici, e dove risulta eccessivamente problematico l'inserimento dello scavo a cielo aperto.

La tipologia costruttiva si sviluppa nelle seguenti fasi:



- Sbancamento fino a quota di imposta delle paratie ;
- Esecuzione delle paratie previa formazione dei cordoli guida;
- Scapitozzamento paratie, posa sottofondo in cls magro per la soletta di copertura, getto della soletta di copertura solidarizzata con le paratie;
- Eventuale esecuzione pozzi di emungimento ed abbattimento della falda fino al livello del piano di scavo generale; nel caso in cui l'opera fosse scavata in un periodo di falda interferita
- Scavo all'interno fino al piano di posa del sottofondo, formazione del sottofondo in cls magro, posa impermeabilizzazione e getto della platea di fondo, ripresa impermeabilizzazione a ridosso delle paratie previa la regolazione delle stesse, getto delle pareti verticali;
- Ritombamento della galleria;
- Opere di finitura e attrezzaggio ferroviario entro la galleria.

La tipologia costruttiva Cut and Cover viene applicata tra le pk 40+794 e 42+400 (1606 m), mentre la tipologia con diaframmi si applica tra le pk 42+400 e 42+778 (378 m).

In corrispondenza del punto intermedio sono presenti due uscite di sicurezza (una per lato galleria). Inoltre sono presenti nicchioni per apparati disposti circa ogni 250 m (salvo presenza delle uscite di sicurezza) che consentono, al passaggio del treno, il ricovero del personale adibito alla manutenzione della linea per il riparo dallo spostamento d'aria prodotto dal convoglio c/o dalla eventuale proiezione di oggetti.

La galleria Pozzolo è lunga 1984 m e si estende dalla progressiva km 40+794 alla progressiva km 42+778.

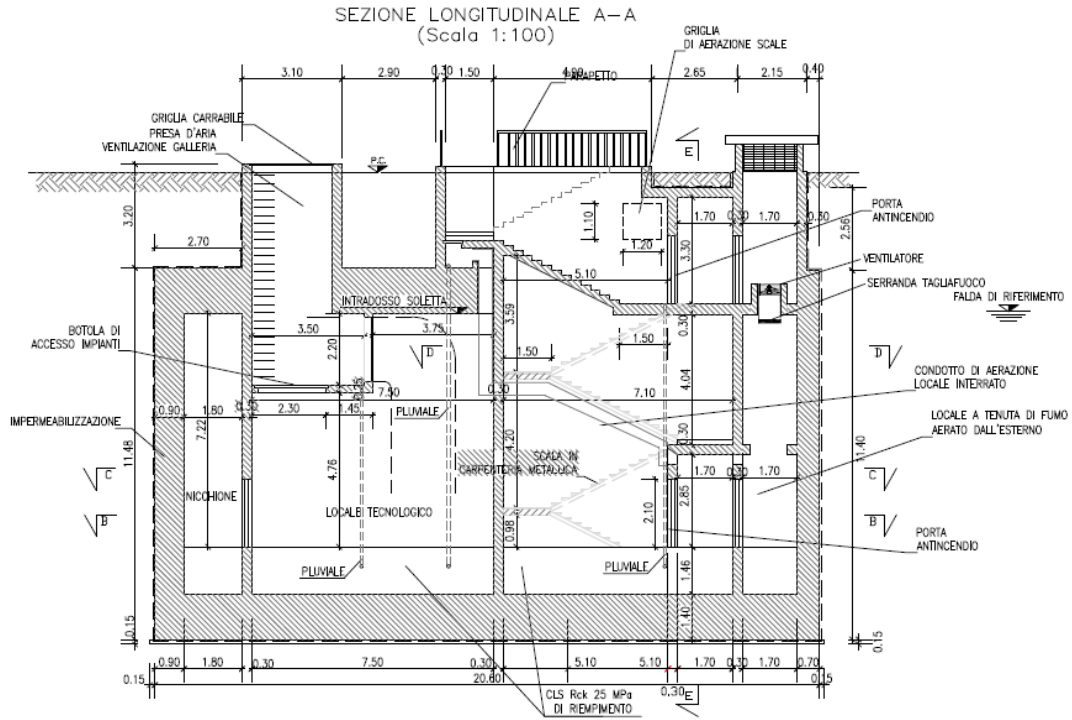
#### 5.4.1 Uscite di sicurezza

Sono presenti 2 uscite di sicurezza (una per lato galleria), destinate esclusivamente all'esodo degli utenti della galleria in caso di emergenza, alle seguenti progressive:

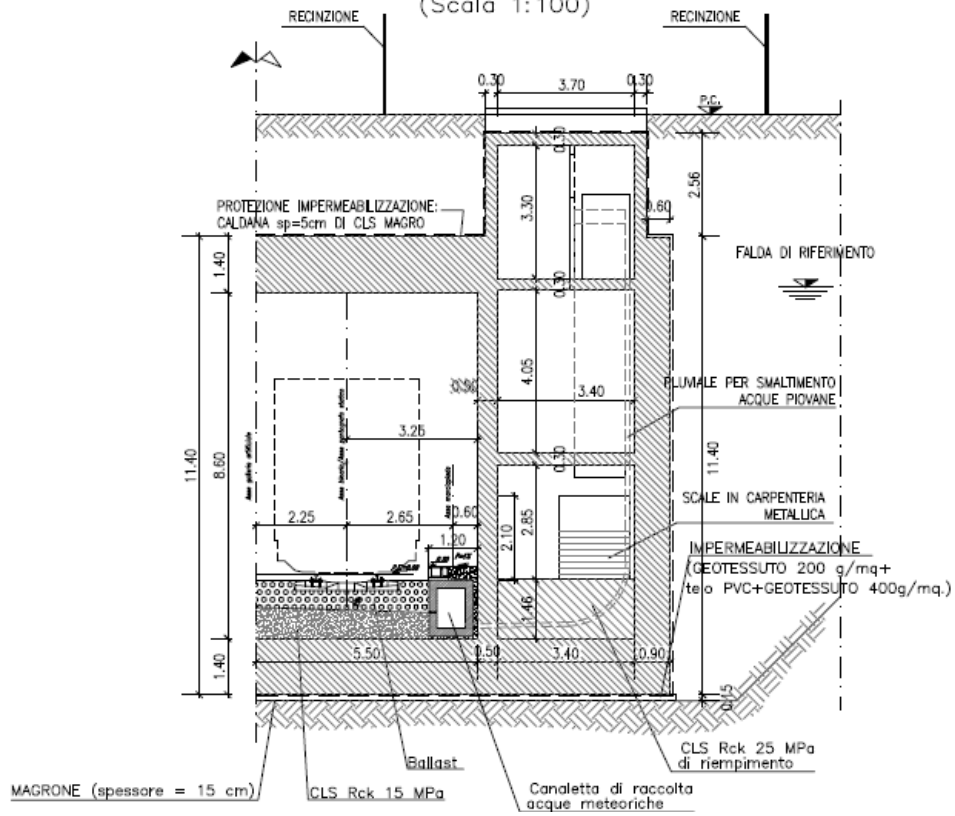
pk Binario Pari	pk Binario Dispari
41+785	41+785

Tali uscite sono collegate alla viabilità ordinaria.

Le successive figure mostrano una pianta schematica e le sezioni longitudinali e trasversali delle uscite di sicurezza.

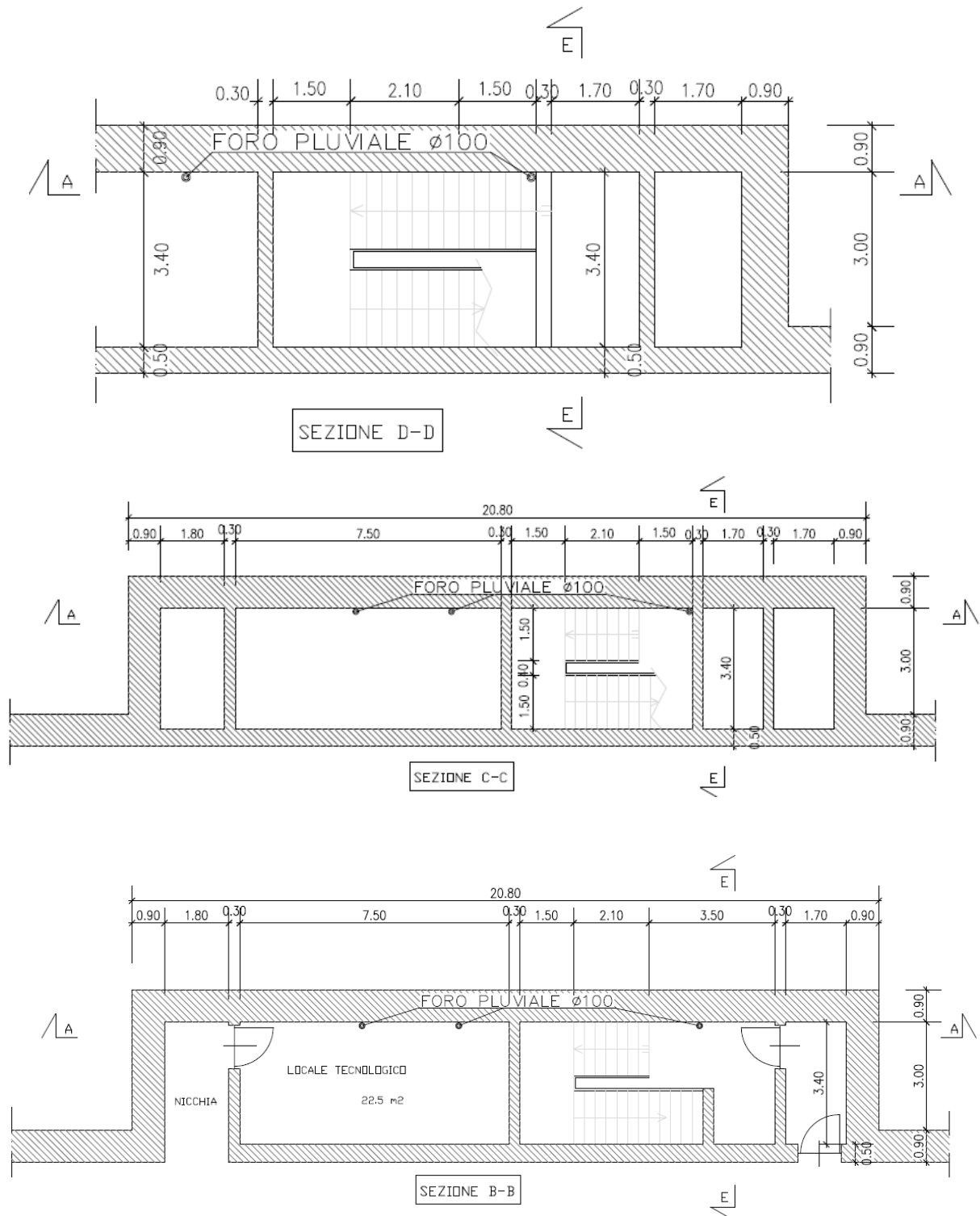


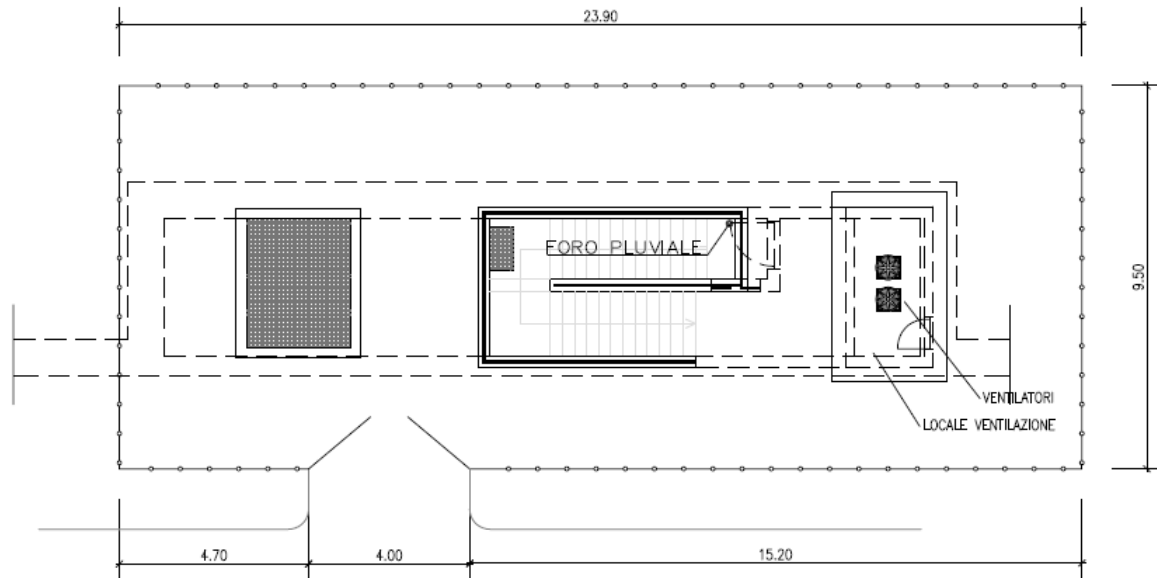
SEZIONE TRASVERSALE E-E  
(Scala 1:100)





PIANTE  
(Scala 1:100)



PIANTA PIANO CAMPAGNA  
(Scala 1:100)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC	Foglio 27 di 301

## 5.5 Programma di esercizio

Il programma d'esercizio è stato ipotizzato dal progettista al fine del dimensionamento della linea e prevede che sulle linee di collegamento circoleranno i treni con provenienza o destinazione Milano, Genova e Torino. Non sono previste stazioni intermedie per la tratta oggetto di progettazione.

Le aree di sicurezza Val Lemme e Arquata Libarna sono idonee, in situazioni di emergenza, al ricevimento di treni completi.

Pur in presenza di un tracciato che si sviluppa quasi interamente in galleria, si è ritenuta opportuna l'adozione del blocco automatico a tre aspetti sia per la circolazione sul binario di sinistra che per quella sul binario di destra, in relazione al tipo di traffico previsto, caratterizzato da:

- Treni regionali della lunghezza di circa 210 m, con effettuazione di servizio viaggiatori;
- Treni a lunga percorrenza, della lunghezza di circa 400m, di norma con effettuazione di servizio viaggiatori;
- Treni merci di lunghezza massima assoluta 750m.

### 5.5.1 Velocità della linea

Gli standard di progetto, già adottati nel progetto preliminare, prevedono:

velocità massime di tracciato della linea AC

- pari a 100 km/h da inizio intervento fino al km 0+250
- pari a 150 km/h dal km 0+250 al km 2+080
- pari a 250 km/h dal km 2+080 al km 32+300
- pari a 200 km/h dal km 32+300 al km 47+623
- pari a 160 km/h dal km 47+623 al km 51+850
- pari a 100 km/h dal km 51+850 a fine intervento;

velocità massime di tracciato delle interconnessioni pari a 160 km.

### 5.5.2 Dati di traffico

I dati di traffico adottati per la presente analisi sono stati derivati dall'elaborato A301-00-R-CV-RG-OC00-00-001\_A redatto nell'abito della progettazione preliminare e dello studio di impatto ambientale approvato con delibera CIPE 78/2003 che è richiamata dalla delibera CIPE 80/2006 di approvazione del Progetto Definitivo. Esso rappresenta l'unico studio di traffico effettuato per la tratta in oggetto.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 28 di 301

La sintesi dei dati di traffico in termini di treni/giorno previsti per la galleria Pozzolo della tratta ferroviaria del Terzo Valico fornita dalla committenza e riportata in allegato, viene mostrata nella seguente tabella:

*Dati forniti da COCIV (treni/giorno)*

*Galleria Pozzolo*

anno	2021
Pax LP	46
Regionali	5
Merci convenzionali	37
Intermodali	9
<b>Totale</b>	<b>97</b>

Per quanto riguarda l'occupazione dei treni passeggeri si fa riferimento alla Linea Guida sull'applicazione dell'analisi di rischio estesa, che individua, quali valori da utilizzare per le analisi, un numero di viaggiatori pari a 420 per i treni a lunga percorrenza (LP) e 180 per i treni regionali, corrispondenti rispettivamente ad una capienza di 700 passeggeri per treni LP e di 300 per treni regionali (coefficiente di riempimento pari a 0,6).

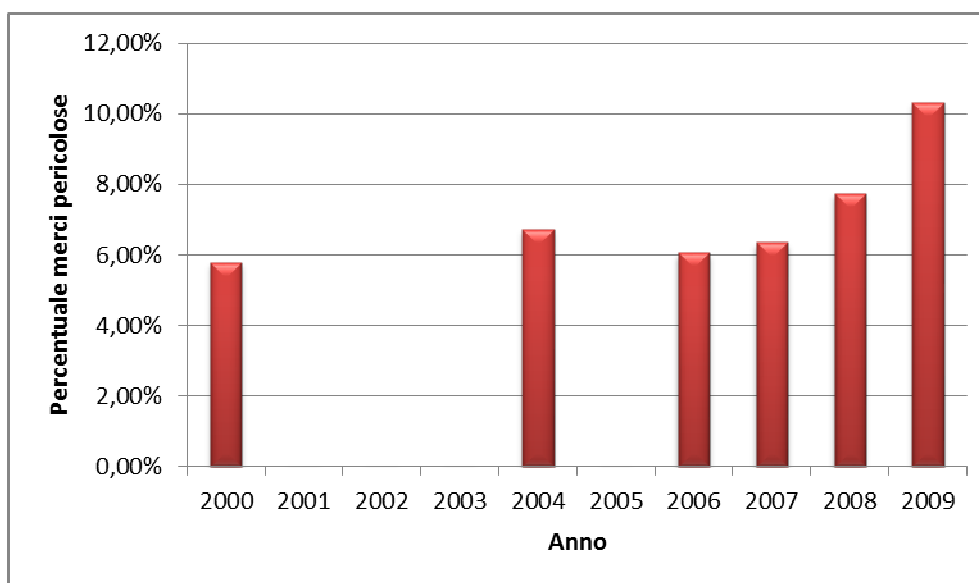
La capacità dei treni merci è invece posta pari a 2 (i macchinisti).

Tipo treno	cap.max	udm	2021	
			cr.	cap,med
Pax LP	pax/tr	700	0,6	420
Regionali	pax/tr	300	0,6	180
Merci convenzionali	ton/tr	600	0,73	440
Intermodali	TEU/tr	50	0,84	42

Determinati i dati di occupazione per ogni singola tipologia di convoglio, si quantifica la popolazione esposta attraverso i dati di traffico in termini di treni/giorno previsti per la galleria Pozzolo.

galleria	Passeggeri/giorno (2021)
Pozzolo	20312

La percentuale dei convogli merci con trasporto di merci pericolose è del 7,5%, determinata dalla media degli ultimi anni dei dati percentuali presenti nel Conto Nazionale dei Trasporti.



L'intervento assume le caratteristiche di un nuovo "corridoio" che integra e potenzia il sistema delle linee attuali di comunicazione tra il bacino portuale ligure e la pianura Padana.

Il progetto sinteticamente comprende:

- Linea principale, denominata del 3° Valico dei Giovi da Genova a Tortona.
- Interconnessioni Lato Liguria:
  - Interconnessione di Voltri a servizio del Ponente Ligure e del porto di Voltri;
  - Collegamento con Genova Piazza Principe, Genova Brignole ed il Levante Ligure, nonché con gli scali merci della zona di Genova, attraverso il Bivio Fegino opportunamente ristrutturato.
- Interconnessioni Lato Piemonte:
  - Interconnessione tecnica a semplice binario fra il binario pari della linea principale 3° Valico e il binario pari della linea storica Alessandria-Genova a ovest di Novi Ligure (denominata "Raccordo Tecnico III Valico-Novì Ligure")
  - Interconnessione da e per Alessandria-Torino-Novara a est di Novi Ligure, realizzando uno "shunt" della stazione di Novi (denominata per questo "Shunt III Valico-Torino")
  - Interconnessione tecnica a semplice binario a nord di Pozzolo Formigaro con funzione di collegamento alla linea esistente per

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 30 di 301

Pozzolo Formigaro-Novì Ligure.

- Collegamento con lo scalo intermodale di Rivalta Scrivia.
- Innesto a raso della linea principale 3° Valico sulla linea storica Alessandria-Voghera-Piacenza a sud di Tortona per le destinazioni Milano e Piacenza.

Non sono previsti treni che abbiano origine e/o fine nella tratta in oggetto. Sulla linea è previsto il transito di treni locali, treni a lunga percorrenza e treni merci, dotati quindi di velocità di orario e tipo di servizio molto differenti tra di loro.

Non sono previsti treni che abbiano origine e/o fine nella tratta in oggetto. Sulla linea è previsto il transito di treni locali, treni a lunga percorrenza e treni merci, dotati quindi di velocità di orario e tipo di servizio molto differenti tra di loro.

Non sono al momento disponibili previsioni circa il traffico di convogli del tipo Autostrada Ferroviaria.

L'ambito territoriale interessato dal sistema galleria Pozzolo è quello della provincia di Alessandria, rispettivamente nel comune di Pozzolo Formigaro.

Attraverso la consultazione dell'inventario nazionale degli stabilimenti suscettibili di causare incidenti rilevanti (art. 15, comma 4 del Decreto Legislativo 17 agosto 1999 n°334 e s.m.i.), redatto dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare – Direzione Generale per le Valutazioni Ambientali, Divisione IV Rischio Rilevante e Autorizzazione Integrata Ambientale – in collaborazione con ISPRA – Servizio Rischio Industriale, riguardante la regione Piemonte, aggiornato a Aprile 2012, non sono stati individuati i seguenti stabilimenti suscettibili di causare incidenti nelle vicinanze degli imbocchi.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 31 di 301

## 5.6 Parametri caratteristici del sistema galleria

Galleria	Pozzolo
Lunghezza della galleria	1984 m
Tipologia di traffico	Misto pesante (merci $\geq$ 30%)
Presenza di deviatori in galleria	Non sono presenti deviatori in galleria
Interconnessioni in galleria	Non sono presenti interconnessioni in galleria
Stazioni o fermate lungolinea in galleria	Nessuna fermata o stazione
Possibilità di incrocio tra treni in transito	I treni corrono affiancati in direzioni opposte.
Andamento altimetrico del tracciato	Pendenza variabile tra 12.000‰ e 0.552‰.
Andamento planimetrico	Raggio di curvatura 7000m circa.
Localizzazione nel territorio	Tratta Novi Ligure - Tortona
Presenza aree a rischio specifico agli imbocchi	Assenza di aree a rischio agli imbocchi.

### 5.6.1 Requisiti e predisposizioni di sicurezza presenti (opere civili interne)

Sono qui descritte le predisposizioni di sicurezza ed emergenza presenti all'attivazione delle gallerie in oggetto, con riferimento alle opere civili interne, in particolare:

- Deviatori in galleria;
- Accessi primari e secondari;
- Tabella delle nicchie;
- Vie di esodo;
- Caratteristiche delle uscite/accessi intermedi.

Per quanto riguarda gli aspetti relativi alla lunghezza, alla tipologia ed alle sezioni tipologiche delle gallerie si rimanda ai paragrafi precedenti sulla descrizione delle gallerie della tratta.

#### 5.6.1.1 Deviatori in galleria

Non sono presenti deviatori in galleria.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 32 di 301

### 5.6.1.2 Accessi primari e secondari

Sono presenti accessi primari agli imbocchi Nord e Sud della galleria.

### 5.6.1.3 Tabella delle nicchie

	<b>B.P.</b>			<b>B.D.</b>	
<b>Km</b>	<b>Nicchia lato</b>	<b>Attraversamento</b>	<b>Attraversamento</b>	<b>Nicchia lato</b>	<b>Note</b>
40+794	ST+HP	si	si	ST+HP	<b>All'esterno imbocco galleria</b>
40+800	ST	si	si	ST	Telefono a segnale IS
40+804	FG+AN	si	si	FG+AN	Nicchie a circa 10 metri dall'imbocco
41+035	NLF+FG+HP			NLF+FG+HP	<b>Lato reni galleria</b>
41+285	NLF+FG+HP			NLF+FG+HP	<b>Lato reni galleria</b>
41+290	TT	si	si		Nicchia a circa 5 metri da NLF
41+535	NLF+FG+HP			NLF+FG+HP	<b>Lato reni galleria</b>
41+785	NLF+FG+HP+T T	USCITA	USCITA	NLF+FG+HP+TT	USCITA SICUREZZA Locale tecnico
41+790					
42+035	NLF+FG+HP			NLF+FG+HP	<b>Lato reni galleria</b>
42+285	NLF+FG+HP			NLF+FG+HP	<b>Lato reni galleria</b>
42+290	TT	si	si		Nicchia a circa 5 metri da NLF
42+535	NLF+FG+HP			NLF+FG+HP	<b>Lato reni galleria</b>
42+768	FG+AN	si	si	FG+AN	Nicchie a circa 10 metri dall'imbocco
42+778	ST+HP	si	si	ST+HP	<b>All'esterno imbocco galleria</b>

### 5.6.1.4 Vie di esodo

I marciapiedi laterali sono in cls, ognuno di 1.20 m, contenenti le canalette portacavi e alternativamente l'alloggiamento per il cavo M.T. per i servizi luce e F.M.;

Le uscite di sicurezza sono di 1,50 m di larghezza e 2,25 m. di altezza. Le dimensioni delle porte di apertura sono di 1,40 m. di larghezza e 2,00 m. di altezza. Le uscite di sicurezza sono collegate alla viabilità ordinaria e sono riservate solamente all'esodo degli utenti della galleria nelle situazioni di emergenza e non per l'accesso delle squadre di soccorso.



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>Codifica Documento</p> <p>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</p>	<p>Foglio</p> <p>33 di 301</p>

### 5.6.1.5 Caratteristiche delle uscite/accessi intermedi

Non sono presenti uscite/accessi intermedi.

### 5.6.1.6 Locali tecnologici in galleria

I locali tecnologici sono generalmente ubicati nelle vicinanze delle scale di sicurezza e sono ottenuti arretrando alcuni pannelli di paratie, così da realizzare dei locali di circa 50 m<sup>2</sup>.

Sono sempre protetti, verso l'ambiente ferroviario, con chiusure REI 120.

### 5.6.2 Requisiti e predisposizioni di sicurezza presenti (opere civili esterne e collegamenti viari)

Sono qui descritte le predisposizioni di sicurezza ed emergenza presenti all'attivazione della galleria in oggetto, con riferimento alle opere civili esterne, in particolare:

- Piazzali di emergenza, piano a raso e strade di accesso;
- Area di triage;
- Piazzola per elisoccorso;

#### 5.6.2.1 Piazzali di emergenza, piani a raso e strade di accesso

Non sono presenti piazzali di emergenza e piani a raso.

In corrispondenza delle uscite di sicurezza è presente un'area di ricovero; il cui accesso viene garantito da una strada di collegamento che la collega (assieme alle uscite di sicurezza) alla viabilità locale.

#### 5.6.2.2 Aree di triage

Non sono presenti aree di triage

#### 5.6.2.3 Piazzole per l'elisoccorso

Non sono presenti piazzole per l'elisoccorso.

#### 5.6.2.4 Fabbricati

##### 5.6.2.4.1 Sottostazioni elettriche (SSE) e cabine TE

Le Sottostazioni Elettriche e le Cabine TE previste sono qui di seguito elencate.

- Cabina TE Pozzolo.

##### 5.6.2.4.2 Fabbricati tecnologici

Sono previsti i seguenti fabbricati tecnologici:

- Fabbricato tecnologico imbocco Sud Pozzolo, composto da un locale TLC e un locale luce e forza motrice.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>Codifica Documento</p> <p>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</p>	<p>Foglio</p> <p>34 di 301</p>

- Fabbricato tecnologico imbocco Nord Pozzolo, composto da un locale TLC e un locale luce e forza motrice.

#### 5.6.2.4.3 Altri edifici

Fabbricato adduzione ENEL a servizio della cabina TE di Pozzolo.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 35 di 301

## 5.7 Requisiti e predisposizioni di sicurezza presenti (impiantistici)

### 5.7.1 Impianti LFM

#### 5.7.1.1 Caratteristiche principali

Le principali caratteristiche del presente progetto, per la galleria Pozzolo:

- 1) Alimentazione della Pozzolo
- 2) Presenza di uscite di emergenza a metà della Galleria Pozzolo. Sono previste N. 2 uscite di emergenza
- 3) Alimentazione delle BTS/estensori cellulari mediante doppia dorsale a 1000 V
- 4) Adduzione BT per la cabina TE di Pozzolo.
- 5) Presenza ed alimentazione di piazzali di emergenza, piazzali a raso.
- 6) Presenza presso di arrivi ENEL di Gruppi Elettrogeni di emergenza in caso di black-out nazionale per l'alimentazione delle soli luci di galleria (mediante sistema di elevazione 400/15 kV)
- 7) Alimentazione di quadri prese FM a servizio dei VVF in corrispondenza di piazzali/ finestre agli imbocchi di gallerie.

#### 5.7.1.2 Architetture e modalita' di alimentazione cabine ed impianti

##### 5.7.1.2.1 Architettura del sistema di alimentazione in Media Tensione

L'architettura del sistema di alimentazione deriva da quella impostata con il precedente progetto definitivo ed è stata realizzata con l'obiettivo di una ottimizzazione delle soluzioni tecnico-economiche.

La trasformazione MT/bt avverrà nei Fabbricati Tecnologici Pozzolo Nord e Pozzolo Sud nei pressi degli imbocchi. Le cabine elencate alimentano gli impianti di sicurezza in galleria: impianto di pressurizzazione zone filtro delle uscite di sicurezza, luce e FM, diffusione sonora e telefonia di emergenza, shelter per telecomunicazioni, ecc..

Le utenze della galleria Pozzolo saranno alimentate a sbalzo da imbocco sud Shunt e PJ1 Raccordo Pozzolo.

##### 5.7.1.2.2 Alimentazione delle BTS e degli estensori cellulari (Shelter o edificio)

In ottemperanza alla disposizione RFI-DTC\A001\PI\2006\0001157 del 4/5/06 "Sistema di alimentazione e protezione degli impianti di Segnalamento e Telecomunicazione delle linee AV/AC", gli shelter radio base saranno alimentati da linee dedicate di distribuzione a 1 kV, tramite il Quadro utenze Essenziali (QE).

I componenti essenziali a cura LF per tale sistema di alimentazione sono i seguenti:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 36 di 301

- 1) Quadro elettrico nel posto tecnologico, trifase con tensione ingresso/uscita 400/1000 V a specifica IS 394. 2
- 2) ) Cavi elettrici per posa fissa a specifica IS 410 per la realizzazione della distribuzione a doppia dorsale ad 1 kV, ovvero per garantire una doppia fonte di alimentazione.

I cavi saranno del tipo RG50NM1 3x35 mmq può ammettere una caduta del 20% sull'ultima BTS/Shelter. I posti tecnologici del segnalamento da cui partiranno le dorsali di alimentazione sono i seguenti:

	Denominazione	pk
1.	PJ1 SHUNT III VALICO TORINO	km 37+450
2.	PJ1 RACCORDO POZZOLO	km 45+200

I PPF saranno alimentati in entra/esci dalla dorsale a 15kV prevista per la tratta in oggetto (pos. 1), oppure da fornitura dedicata Enel a 15kV (Pos. 2).

Le BTS saranno alimentati mediante due linee a 1000 V proveniente da due distinti PPF, così come precedentemente descritto.

#### 5.7.1.2.3 Sistema di alimentazione a 1000 V in galleria

La distanza tra due cabine 15kV alimentanti il sistema a 1000 V di galleria con i quadri di tratta a 250 metri è circa 2200 m in quanto si ritiene una distanza ottimale dal punto di vista tecnico economico.

In corrispondenza delle cabine MT/BT partono le dorsali secondarie costituite da linee trifase a 1kV che alimentano i Quadri di Tratta (**QdT**) Pari e Dispari **solitamente** disposti in nicchie ogni 250 metri. Essi alimentano le utenze di galleria come da specifica tecnica LF 610 B. Pertanto in tali cabine saranno installati trasformatori 15/1 kV e appositi Quadri di Piazzale secondo LF 613 per la protezione della dorsale a 1000 V, selezione tronco guasto e la riconfigurazione.

Nel caso di perdita di una cabina a 15kV, quella adiacente (precedente o successiva) va in soccorso alimentando le utenze che la cabina guasta stava alimentando. Le dorsali potranno essere alimentate alternativamente da una soltanto delle due cabine 15 kV poste a monte ed a valle della galleria

Nei QDT è presente un trasformatore 1000/230 V per l'alimentazione delle utenze come da specifica LF 610 B e saranno ubicati in apposite nicchie lungo ciascun binario ogni 250 metri.

La galleria saranno dotate di telefono di emergenza e apparati per la diffusione sonora (TEM).

#### 5.7.1.2.4 Adeguamenti galleria Pozzolo

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC	Foglio 37 di 301

Oltre all'attrezzaggio della galleria secondo quanto previsto dalla normativa LF 610 B sono state considerate N. 2 nuove uscite da pressurizzare e illuminare a metà galleria (pari e dispari); inoltre ai fini della sicurezza è previsto n.1 piazzale di sicurezza di 500 mq ed una strada di collegamento a quest'ultimo alla viabilità esterna con strada di lunghezza di circa 600 m.

Saranno quindi realizzati ed attrezzati:

- N. 2 piazzale ciascuno con N. 6 torri faro da 25 m a specifica FS con N. 7 proiettori 400 W e relativi impianti di terra.
- Illuminazione e forza motrice dei locali tecnici (N. 2) delle uscite di sicurezza e le relative illuminazione dei cavedi verticali e delle scale
- Alimentazione dei ventilatori che mettono in sovrappressione le uscite di sicurezza con una potenza di 30 kW. Tale alimentazione è derivata da quadri denominati Qexit: in particolare sarà messo a disposizione del GC N. 2 interruttori a 400 Vac per la potenza richiesta (30 kW)

#### 5.7.1.2.5 Edifici Sicurezza

La cabina del singolo edificio, al pari delle altre cabine MT/BT è derivata in entra/esci dalla dorsale MT.

Sono previsti due trasformatori MT/bt uno in alternativa all'altro e possono alimentare, ciascuno, l'intero carico; è previsto un UPS per l'alimentazione dei carichi essenziali con un'autonomia complessiva a pieno carico di 1h e un caricabatterie (CB) a 110Vcc con autonomia di 2h per l'alimentazione dei servizi ausiliari e delle logiche di cabina.

#### 5.7.1.3 **Impianti di luce e forza motrice**

Gli impianti di luce e forza motrice saranno adeguati per rispondere ai requisiti funzionali imposti dalle normative vigenti.

Il comando delle lampade interne sarà locale con deviatori da parete.

Il comando delle lampade esterne perimetrali al fabbricato e di piazzale avverrà tramite interruttore crepuscolare, direttamente dal relativo quadro elettrico ubicato nel Locale Tecnico dell'edificio.

Il comando delle lampade sulle punte di scambio sarà locale e temporizzato.

La distribuzione principale dei sistemi LFM in galleria è prevista, a partire dai piazzali esterni, per mezzo di tubazioni annegate nel calcestruzzo, costituente il marciapiede di evacuazione di ogni canna.

La collocazione degli impianti di emergenza garantisce:

- resistenza al fuoco all'interno delle gallerie
- adeguata protezione meccanica da urti derivanti da eventuali incidenti (svii, etc.)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 38 di 301

- protezione meccanica ed elettrica da possibili contatti con linee elettriche in caso di rottura di queste ultime.

Le tubazioni saranno interrotte, da opportuni pozzetti di ispezione e chiusino atti a garantire una resistenza al fuoco pari ad almeno REI 120.

#### 5.7.1.3.1 Impianti all'interno dei fabbricati (cabine MT/bt)

Gli impianti di illuminazione saranno realizzati con plafoniere a semplice isolamento, con grado di protezione almeno IP65 e IK08, del tipo 2x36W o 1x36W, che garantiranno i valori di illuminamento minimi prescritti dalla norma UNI 12464-1. Tali plafoniere saranno suddivise su più circuiti, e parte si troveranno sotto UPS per garantire l'illuminazione di sicurezza anche in caso di emergenza.

Le plafoniere del locale operatore saranno con lampade 2x36W con ottica dark light in corrispondenza della scrivania prevista all'interno del locale stesso.

Tutte le partenze saranno protette da interruttori e i cavi elettrici viaggeranno in tubi di PVC o canaline metalliche verniciate, posati a vista sulle pareti interne dei vari locali dei fabbricati; potranno essere fatti attraversamenti sotto pavimento flottante comunque protetti in tubo flessibile di PVC.

Per segnalare le uscite verranno installate delle plafoniere di sicurezza a lampada fluorescente 1x8W con grado di protezione IP40 dotate di pittogramma ed alimentate da UPS.

#### 5.7.1.3.2 Impianti all'esterno dei fabbricati (cabine MT/bt)

All'esterno saranno previste plafoniere a semplice isolamento con grado di protezione almeno IP65 e IK08 con lampade fluorescenti 1x36W, lungo il perimetro del fabbricato, con la funzione di illuminazione di riferimento; alcune di queste plafoniere si troveranno sotto UPS per garantire l'illuminazione di sicurezza anche in caso di emergenza.

Per l'illuminazione dei piazzali sono state previste paline in vetroresina con armature stradali con lampade agli ioduri metallici da 100W, con grado di protezione IP40 e IK08.

#### 5.7.1.3.3 Criteri di illuminazione locali, nicchie, galleria

Di seguito sono riportati i criteri e le modalità di illuminazione della galleria, e dei locali di tutto l'impianto:

##### **Galleria Pozzolo:**

- Illuminazione di riferimento (1/250 m ad ogni nicchia NLF - permanente) con plafoniere TE161
- Illuminazione nicchia LFM con una plafoniera ante nicchia ed una plafoniera interno nicchia con interruttore rotativo

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>Codifica Documento</p> <p>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</p>	<p>Foglio</p> <p>39 di 301</p>

- Illuminazione di emergenza in galleria (1/15 m) con plafoniere TE161
- Illuminazione nicchie tecnologiche con plafoniere TE161 ed interruttore rotativo

#### **Uscite di Sicurezza galleria Pozzolo**







- Illuminazione locali tecnici
- Illuminazione dei cavedi verticali
- Illuminazione delle vie di fuga ovvero delle scale

#### **Fabbricati ed aree esterne**

- illuminazione normale
- illuminazione di sicurezza
- illuminazione esterna intorno ai fabbricati

### 5.7.1.4 Attrezzaggio LFM galleria

La Galleria Pozzolo ha un attrezzaggio tipico del tratto di 500 metri così composto:

QUANTITA' VALIDE NEI 500 MT					
SIMBOLO	DESCRIZIONE	Quantità	SIMBOLO	DESCRIZIONE	Quantità
 QDT	QDT QUADRO DI TRATTA	6		LAMPADA DI RIF. 1x18 W	16
 QSOC	QSOC QUADRO DI SOPCORSON	6			
	LAMPADA 1x18 W	68			
	LAMPADA IN NICCHIA 1x18 W	6			
	PULSANTE ACCENS. LUCI	10			



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 41 di 301

### 5.7.1.5 Protezioni elettriche

Il sistema deve essere atto alla protezione dell'impianto elettrico in ogni suo livello e tensione di competenza LFM.

Le protezioni dovranno garantire la selettività tra i vari livelli di tensione, distribuzione e quando possibile una ridondanza che in caso d'avaria di una intervenga in ricalzo la successiva.

A secondo del livello di tensione le protezioni dovranno avere diverse caratteristiche, come descritto nei seguenti paragrafi.

#### 5.7.1.5.1 Lato Media Tensione 15 kV

Le protezioni elettroniche indirette realizzano la selettività logica a filo pilota mediante fibra ottica.

La protezione dei trasformatori MT/bt avverrà con relè a microprocessore che, in caso di guasto, andranno ad agire sugli interruttori posti a monte dei trasformatori corrispondenti.

#### 5.7.1.5.2 Linee 1 kV sicurezza gallerie

Il sistema è essenzialmente costituito da interruttori dotati di protezioni elettroniche dirette e indirette, in grado di isolare i guasti e consentire la successiva riconfigurazione tramite il sistema di automazione e minima perdita di tratte circuitali.

Le protezioni elettroniche indirette realizzano la selettività logica a filo pilota mediante l'utilizzo di fibra ottica.

Tale sistema è realizzato per le dorsali a 1kV per l'alimentazione dei Quadri di tratta (QDT).

#### 5.7.1.5.3 Distribuzione 230V<sub>CA</sub>/400V<sub>CA</sub>

La protezione dell'impianto avverrà con interruttori modulari e/o scatolati senza l'ausilio di relè esterni, utilizzando quindi la protezione diretta, magnetotermica a bordo dell'interruttore.

Tutte le protezioni saranno equipaggiate con un contatto ausiliario che ne identificherà l'avvenuto intervento, per l'interfacciamento con il sistema di supervisione dell'impianto.

### 5.7.1.6 Sistema di terra

Il sistema di terra è esaminato in maniera globale. Esso è costituito dal:

- circuito di protezione della trazione elettrica
- sistema di terra LFM

Di seguito si riporta il solo sistema di terra LFM.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 42 di 301

A vantaggio della sicurezza il sistema di terra è unico ed è composto dal parallelo dei diversi dispersori di terra, ubicati agli imbocchi della galleria e nelle aree esterne agli ulteriori fabbricati all'aperto.

In galleria per garantire la protezione in caso di corto circuito della trazione elettrica su masse LFM, che cadono in zona di rispetto della TE, sono stati previsti dei VLD, opportunamente distanziati al fine di un parallelismo con il circuito di protezione TE, e connessi al binario via cassa induttiva.

Tutte le segnalazioni sullo stato dei VLD saranno riportate solo allo SCADA di MT/BT e visualizzate al PCS in una work-station affianco all'operatore DOTE.

#### **5.7.1.7 Sistemi di alimentazione IS**

Il presente capitolo descrive gli apparati dell'impianto di alimentazione IS che saranno previsti, per la galleria Pozzolo, nei siti di seguito riportati:

- PPF
  - PJ1 Shunt III Valico Torino;

La configurazione del Sistema di Alimentazione delle apparecchiature tecnologiche installate nei PPF e nel PCS della tratta AC/AV Milano-Genova Terzo Valico dei Giovi, prevede l'adozione dei seguenti macro componenti:

- cabina d'utente MT/BT con trasformatori MT/BT dimensionati ciascuno per la piena potenza impegnata dall'impianto di Segnalamento, Automazione, Telecomunicazione e dalle sezioni luce, forza motrice e condizionamento del fabbricato;
- un quadro QGBT;
- Sistema Integrato di Alimentazione e Protezione denominato SIAP, conforme alla specifica tecnica IS 732 rev. D.

Saranno inoltre presenti le seguenti tipologie di apparecchiature:

- un quadro di parallelo degli alimentatori a 48Vcc e di distribuzione verso le utenze di Segnalamento;
- un quadro sezione privilegiata (QP-IS);
- un quadro sezione essenziale (QE).

#### **5.7.1.8 Sistema di supervisione sicurezza galleria**

Il sistema da realizzare sarà costituito da unità di automazione intelligenti per l'acquisizione locale dei segnali provenienti dalle apparecchiature dell'impianto Luce e F.M. della tratta AC Milano – Genova.

Tali unità saranno costituite da server, PLC, ecc, distribuiti lungo l'intera tratta che sovrintendono le gallerie presenti in tale tratta.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC	Foglio 43 di 301

I PLC si interfacciano con il campo con:

- a mezzo di contatti N.A. o N.C. per ciò che riguarda i segnali e comandi digitali
- utilizzando segnali a loop di corrente 4-20 mA relativamente alle misure effettuate sull'assorbimento del carico od altre grandezze per le quali occorre controllarne il servizio
- con interfaccia seriale verso le protezioni a microprocessore degli interruttori entra/esci dei quadri di piazzale di imbocco.

La galleria Pozzolo sarà supervisionata da due cabinet server (ciascuno contenete n.1 server RTDB e n.1 server historian) e da due cabinet PLC Front-End posti agli imbocchi di galleria che, dal punto di vista macroscopico, gestiranno tutti gli apparati presenti in galleria e saranno in hot stand-by tra loro.

Gli apparati del sistema di automazione presenti nella galleria sono PLC, concentratori Front/End, server di imbocco e postazioni di supervisione (client) in corrispondenza di ciascun PGEP e/o in ciascun imbocco di galleria.

I PLC saranno ubicati in tutti i quadri presenti in galleria ed in particolare:

- Nei quadri di tratta ubicati nelle nicchie, posizionate ogni 250 m situate sui binari pari e dispari.
- Nei quadri di imbocco.

Per l'attuazione dei comandi e la segnalazione degli stati, i PLC si interfacceranno con due unità Centrali Front/End poste nei quadri di imbocco della galleria.

Gli interfacciamenti previsti con la rete di telecomunicazione sono di 3 tipologie:

interfacciamento con una rete di comunicazione in fibra ottica monomodale ridondata, per la gestione di tutti gli apparati presenti nella galleria gestita secondo le prescrizioni della sicurezza in galleria. Il protocollo utilizzato sarà IEC60870-5-104 . Il requisito minimo di velocità è di 100 Mb. Tale interfacciamento sarà realizzato in tutte le nicchie e gli imbocchi della galleria.

Interfacciamento con una rete di comunicazione in fibra ottica monomodale ridondata per la gestione di dei seguenti apparati:

- Server di imbocco per tutte le gallerie gestite secondo le prescrizioni della sicurezza in galleria
- PLC di imbocco

Il protocollo utilizzato sarà IEC60870-5-104.

#### **5.7.1.9 Sistema di supervisione Media Tensione**

Il sistema da realizzare sarà costituito da cabine di media tensione con relativi trasformatori per la conversione da media a bassa tensione relativamente

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 44 di 301

all'alimentazione dalle apparecchiature dell'impianto Luce e F.M. della galleria Pozzolo.

Tali unità saranno costituite, principalmente, da:

- interruttori di media tensione,
- Trasformatori MT/BT
- interruttori di bassa tensione,
- equipaggiamenti interni al quadro MT,
- equipaggiamenti interni al quadro BT.

Tale sistema prevede delle cabine elettriche suddivise in due parti principali (lato MT) e (lato BT).

La parte MT è dedicata alla gestione ed al controllo della media tensione in arrivo o da un'altra cabina e/o dalla distribuzione ENEL, in partenza verso un'altra cabina ed all'alimentazione dei trasformatori di conversione 15kV/1k V o 15kV/400V.

La parte BT è dedicata alla gestione ed al controllo della distribuzione delle due principali alimentazioni esistenti nel sistema LF cioè 1kV e 400V.

La gestione della MT, prevede l'utilizzo di due dorsali di alimentazione.

La distribuzione della MT è strutturata in configurazione entra – esci con più punti di arrivo di alimentazione al fine di raggiungere un più alto livello di Fault Tolerance.

Le varie cabine sono collegate tra loro ed alla rete di alimentazione ENEL in modo da garantire la protezione di ogni singola tratta (collegamento tra cabina e cabina) e permettere un veloce riconfigurazione (autoripristino) dell'alimentazione isolando la tratta guasta tramite una riconfigurazione automatica dei vari interruttori.

#### 5.7.1.9.1 Rete di collegamento

Per la progettazione del sistema si utilizzeranno reti "aperte" e standard in particolare, l'hardware di rete sarà Ethernet TCP/IP, utilizzando il protocollo IEC 60870-5-104, in modo da garantire una estrema capacità di comunicazione e maggiore flessibilità per eventuali sviluppi futuri.

Le cabine devono essere strutturate in modo da prevedere un collegamento in rete sviluppato su topologia entra-esci in anello e supporto fisico in fibra ottica.

Il collegamento con l'anello in fibra ottica sarà realizzato attraverso switch Ethernet dotati di interfacce ottiche.

#### 5.7.1.9.2 Struttura del collegamento in fibra ottica

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 45 di 301

Data la criticità del sistema legata anche a vincoli di sicurezza ed affidabilità si prevede il collegamento delle cabine MT/BT in doppio anello.

Le cabine saranno sottese ai due anelli in modo da suddividere su di essi anche il numero complessivo dei collegamenti.

Le cabine saranno connesse in modo alternato ai due anelli in modo da ottimizzare le distanze percorse da ogni fibra.

#### 5.7.1.9.3 Componenti del sistema di automazione

I componenti del sistema di Automazione presenti nelle cabine MT/BT saranno costituiti da:

- PLC di gestione quadri MT e un pannello con interfaccia HMI per il comando e controllo locale di tali enti;
- PLC di gestione quadri BT
- PLC di Front-End per la raccolta delle informazioni dell'interno impianto
- Server RTDB e Historian
- Client per l'interfaccia HMI
- PC portatili con interfaccia HMI

#### 5.7.1.9.4 Server di gestione MT

I server di gestione MT saranno collegati ai due PLC Front-End di MT da cui rileveranno tutte le informazioni dei quadri di MT per l'intera tratta di circa 54 km.

#### 5.7.1.9.5 Postazione di Supervisione

Per ogni postazione di supervisione (routine grafica che gira sul server di imbocco stesso), con simbologie e colorazioni appropriate, saranno riportate tutte le informazioni relative all'intero sistema MT/BT.

Il sistema includerà una funzionalità di gestione allarmi che consentirà di:

- archiviare gli allarmi (sulla base dei requisiti definiti durante la fase di set-up del sistema)
- gestire il riconoscimento da parte dell'operatore
- visualizzare e stampare gli allarmi (allarmi attivi, allarmi in attesa di riconoscimento e allarmi archiviati).

Gli allarmi visualizzati saranno, inoltre, corredati dell'indicazione della data e ora in cui sono stati rilevati dal sistema periferico.

#### 5.7.1.9.6 Interfacce

Oltre ad interfacciarsi con contatti liberi da tensione, il sistema prevede, in alcune cabine, l'interfaccia con le seguenti apparecchiature:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 46 di 301

- Gruppi Elettrogeni
- UPS
- Carica Batterie
- Sistema SIAP

Nelle cabine MT/BT dove sono presenti le apparecchiature sopra citate è previsto una scheda, dedicata, di interfaccia Ethernet per supervisionare le varie apparecchiature.

#### 5.7.1.10 Requisiti generali del sistema di automazione e controllo

Si evidenziano i principali requisiti del sistema di automazione, più strettamente attinenti al sistema di distribuzione elettrica.

- Le apparecchiature elettriche saranno dotate di segnalazioni diagnostiche del proprio stato di funzionamento. In particolare, saranno monitorati gli enti del QMT (interruttori, sezionatori, presenza tensione sulle sbarre, ecc.), i trasformatori, gli enti di quadro BT (segnalazione di aperto/chiuso/scattato di tutti gli interruttori, presenza tensione, ecc.), gli UPS, le lampade dei circuiti d'emergenza all'interno della galleria.
- L'attivazione di un pulsante di emergenza dislocato in galleria, o in finestra, accenderà immediatamente le lampade di emergenza della tratta dove è posto il pulsante e successivamente, tramite il sistema di automazione, verranno accese le restanti lampade dell'intera galleria.
- La gestione dei guasti elettrici sulle dorsali a 1000 V di sicurezza in galleria si gestirà secondo Specifica RFI DPRIM STC IFS LF 610 B del 29-09-2011 – Miglioramento della sicurezza in galleria – impianti luce e forza motrice di emergenza per gallerie oltre 1000m.

Qui si vuole soltanto evidenziare che le logiche di funzionamento e le modalità di controllo/comando dei quadri saranno così realizzate:

- Quadri MT: logiche cablate, segnali e comandi riportati su un PLC di QMT e resi disponibili in locale su un terminale tattile (o panel view); tale PLC raccoglie anche le informazioni provenienti dalle protezioni a microprocessore ed è predisposto per trasferire al livello superiore del sistema di automazione tutte le informazioni in via seriale.
- Quadri QGBT: le logiche funzionali del quadro di bassa tensione saranno realizzate tramite un PLC di QGBT della stessa tipologia utilizzata sul QMT. Il PLC ha la funzione di raccolta di segnali e trasferimento di comandi da remoto, nonché di interfacciamento con il livello superiore del sistema di automazione. Il colloquio con il sistema di supervisione è indipendente dal PLC di QMT pur utilizzando lo stesso bus di comunicazione.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>Codifica Documento</p> <p>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</p>	<p>Foglio</p> <p>47 di 301</p>

- Quadri a 1kV di Tratta (QDT, QBP, Qexit) : le logiche di funzionamento saranno realizzate solo tramite il PLC di nicchia che avrà anche la funzione di raccolta di segnali e trasferimento di comandi da remoto, nonché di interfacciamento con il livello superiore del sistema di automazione.

Quanto sopra è implementato nel progetto dell'impianto SCADA.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 48 di 301

## 5.7.2 Illuminazione di emergenza in galleria

La galleria è dotata di un impianto di illuminazione, allo scopo di guidare i passeggeri e il personale verso un'area di sicurezza in caso di emergenza.

La posizione delle luci è prevista al di sopra al di sopra del marciapiede, in modo da non interferire con lo spazio libero per il passaggio delle persone o inserite nel corrimano.

Sarà garantita l'alimentazione elettrica per l'emergenza o per altre necessità assicurando una disponibilità di almeno 90 minuti. Se la luce di emergenza è spenta durante le normali condizioni di esercizio, sarà possibile accenderla per mezzo delle due modalità seguenti

- manualmente dall'interno della galleria ad intervalli di 250 m;
- da parte del responsabile della galleria utilizzando un comando a distanza.

Gli apparecchi illuminanti entro le gallerie e nei bypass sono installati a parete con passo tale da garantire un illuminamento medio di 5 lux ad 1 metro dal piano di calpestio e di un lux al livello del marciapiede.

Tali apparecchi illuminanti sono equipaggiati con lampade fluorescenti 1x18 W alimentate da linee monofase a 240 V.

I corpi illuminanti per i marciapiedi saranno ubicati sul piedritto della galleria ad una altezza di circa 2,5 m dal piano di calpestio con un interasse uguale o inferiore a 12.5 m.

## 5.7.3 Segnaletica di emergenza in galleria

### 5.7.3.1 Scopo della segnaletica

Scopo della segnaletica di emergenza è quello di attirare l'attenzione in modo rapido e facilmente comprensibile, mediante l'uso di cartelli, su oggetti, situazioni e comportamenti che hanno rilevanza ai fini della sicurezza.

Ai fini dell'esodo dei viaggiatori e del personale ferroviario sono previsti i seguenti cartelli:

- all'interno della galleria, cartelli con l'indicazione della distanza delle uscite più vicine,
- cartelli con l'indicazione dell'uscita dalla galleria ferroviaria, situate in corrispondenza degli eventuali accessi intermedi e dei collegamenti trasversali nel caso di gallerie a doppia canna,

Con riferimento alle predisposizioni di emergenza, sono previsti cartelli per individuare:

- i dispositivi di protezione per i viaggiatori in caso di esodo (mascherine antifumo),



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC	Foglio 49 di 301

- le attrezzature di emergenza a disposizione delle squadre di soccorso,
- i punti di alimentazione di apparati elettrici,
- il complesso idrico antincendio (idrante),
- la telefonia di emergenza del tipo a colonnina S.O.S. a viva voce,
- i pulsanti di accensione dell'illuminazione di emergenza in galleria,
- i dispositivi di messa a terra della linea di contatto,

### 5.7.3.2 Caratteristiche e dimensioni dei cartelli

La segnaletica di emergenza, così come tutti i materiali in vista con possibile esposizione diretta al fuoco deve soddisfare il requisito minimo 1.2.1 del DM 28/10/2005 "Resistenza e reazione al fuoco", che prescrive la classi di reazione al fuoco 0 e la classe di reazione non superiore a 1 in ragione massima del 30% della superficie totale delle pareti della galleria.

Detta prescrizione è in armonia con quanto previsto dalla norma STI – SGF al punto 4.2.2.4 circa il requisito di sicurezza antincendio per il materiale da costruzione non strutturale e le attrezzature (classificazione B della norma EN 13501-1:2002).

La segnaletica non dovrà mai essere realizzata mediante corpi illuminanti che costituiscano sorgenti luminose.

I supporti dovranno essere realizzati in alluminio, rispondente alla norma UNI 7543 (P – ALP 99,5 h 70), avente uno spessore minimo di 20/10 mm, salvo situazioni particolari che potranno richiedere materiali di supporto con caratteristiche prestazionali equivalenti o superiori.

I cartelli segnalanti le varie predisposizioni di emergenza posti in cassetta/contenitori presenti all'interno della nicchia, devono essere realizzati mediante pellicole aderenti poste sopra gli sportelli delle

/contenitori, qualora sia possibile, onde ridurre la copertura della superficie della nicchia ai fini di consentirne una agevole ispezione e manutenzione

La segnaletica deve essere sempre installata, lungo le pareti della galleria, mediante idonei tasselli in funzione della tipologia/composizione delle pareti della galleria ovvero della struttura di sostegno.

Per il sistema di fissaggio dovrà essere utilizzata una tipologia omogenea di tasselli facilmente reperibili sul mercato, che possano assicurare un'agevole manutenzione /sostituzione dei cartelli.

Le caratteristiche e il numero dei tasselli devono permettere ai cartelli di rimanere saldamente fissati alla parete/supporto in presenza delle azioni indotte dal transito dei treni, tenendo conto degli effetti aerodinamici.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>Codifica Documento</p> <p>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</p>	<p>Foglio</p> <p>50 di 301</p>

Con riferimento al requisito minimo 1.3.3. del DM 28.10.2005 “Segnaletica di emergenza”, i cartelli dovranno essere di tipo fotoluminescente, cioè ricoperti di una pellicola che consenta la visibilità del cartello, oltre che nelle condizioni normali di illuminazione, anche in condizioni di oscurità secondo la norma DIN 67510.

In linea con il D.Lgs. 81/08, ed in particolare al Titolo V, i cartelli per individuare le predisposizioni di emergenza che interessano le squadre di soccorso devono avere il pittogramma bianco su fondo rosso, mentre i cartelli per facilitare l’esodo devono avere il pittogramma bianco su fondo verde.

Le scritte poste sui cartelli dovranno essere sintetiche e di facile interpretazione per l’impiego immediato delle dotazioni di sicurezza da parte delle squadre di soccorso o ai fini dell’esodo dei viaggiatori.

Le dimensioni dei cartelli relativi alla segnaletica dovranno rispettare i seguenti criteri.

- i cartelli quadrati devono avere lato di 0,35 m, con una tolleranza del 5%.
- i cartelli rettangolari devono avere lati (base x altezza) non inferiori a 0,35 x 0,25 m, con una tolleranza del 5%.

### 5.7.3.3 Posizionamento cartelli

Normalmente tutti i cartelli posti sui piedritti della galleria devono essere posizionati con il bordo inferiore a circa 1.50 m dal piano di calpestio.

Qualora le predisposizioni di sicurezza siano collocate nelle nei nicchioni, i cartelli vanno posti sia all’esterno della nicchia sui piedritti della galleria come sopra descritto, sia all’interno della nicchia stessa con le modalità appresso specificate.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC	Foglio 51 di 301

#### 5.7.4 Sistema di Supervisione Integrata (SPVI)

Il SPVI deve consentire il comando, il controllo, la diagnostica e la manutenzione delle predisposizioni di sicurezza, sia durante le normali fasi di esercizio, che in presenza di un'emergenza, di una o più gallerie ferroviarie su una o più linee.

Il sistema SPVI, per la tratta Milano-Genova è previsto al PCS e per le seguenti gallerie:

1. Galleria III° Valico
2. Pozzolo
3. Shunt III° Valico
4. Serravalle

Il SPVI deve gestire per la galleria Pozzolo i seguenti sottosistemi per le relative predisposizioni di sicurezza:

- impianto LFM ;
- impianto RD LAN e WAN;
- impianto CF;
- impianto TEM/DS;
- impianto PCA.

Il sistema SPVI, per la gestione di sottosistemi elencati precedentemente, è connesso alla rete LAN di galleria tramite la quale è in grado di raggiungere i PLC di Front-End, i server e le RTU periferiche di ognuno di essi.

Tale connessione è realizzata tramite connessioni con cavi ethernet in cavo rame FTP6, che partono dalle schede di rete dei server del cabinet SPVI e terminano agli switch della LAN di galleria.

L'architettura HW del sistema SPVI prevede, per la galleria Pozzolo, un cabinet server contenente due server RTDB configurati in modalità hot back-up.

Entrambi i server RTDB sono connessi alla rete LAN.

In particolare il server RTDB sarà connesso alla rete LAN di galleria sviluppa su due anelli e che genericamente possiamo indicare come anello pari e anello dispari, con tre schede ethernet fault tolerant.

Tali schede di rete permettono una ridondanza della connessione fisica mostrando all'esterno un unico indirizzo IP. Ciò significa che in caso di un fault sulla connessione primaria sul primo anello (dovuta a diverse cause quali: rottura cavo di connessione ethernet, rottura dello switch di LAN di galleria, rottura in due punti dell'anello in fibra ottica, etc....) la scheda attiva automaticamente la connessione secondaria sul secondo anello ottenendo un alto livello di disponibilità del sistema.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 52 di 301

Le tre schede ethernet utilizzate dal server RTDB sono utilizzate per suddividere il flusso dati in ingresso in modo da effettuare letture parallele sui sottosistemi da gestire e quindi aumentare le performance del sistema stesso.

Per la galleria, inoltre sono previsti due client normalmente installati agli imbocchi delle stesse. Anche i client sono connessi alla rete LAN di galleria tramite cavi ethernet FTP6 ed una scheda ethernet fault tolerant.

Inoltre tramite la stessa rete LAN il sistema SPVI invierà le informazioni, veicolate tramite il router della LD al server SPVI di PCS anch'esso configurato in hot back-up.

In questo modo tutti i server della galleria del sistema SPVI sono connessi ai server del sistema SPVI di PCS che conserva la stessa architettura HW di quella periferica. In tal modo sarà possibile visualizzare gli eventi di campo al PCS e/o conoscere i fault sia dei sottosistemi gestiti dal sistema SPVI che i fault dello stesso sistema SPVI.

L'architettura SW del sistema SPVI, prevede l'utilizzo di una serie di moduli SW per gestire ed implementare le funzioni principali del sistema SPVI.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>Codifica Documento</p> <p>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</p>	<p>Foglio</p> <p>53 di 301</p>

## 5.7.5 Sistema di automazione SGSA

### 5.7.5.1 Definizione del sottosistema

Si riporta sinteticamente la descrizione dell'architettura impiantistica e funzionale del sistema di Automazione per la gestione della linea ad Alta Capacità (AC) Milano – Genova.

Nel seguito del documento il Posto Centrale è identificato come PC di Genova Teglia.

Questo sistema per la tratta AC Milano-Genova è costituito da un Posto Centrale collocato nei locali di Genova Teglia (PC) e da Posti Periferici (PPF), collegati tra loro da una serie di flussi di comunicazione, messi a disposizione dal sottosistema TLC Lunga Distanza (TLC/LD).

Come già descritto, il PC di Teglia soprassiede alla gestione dell'intera tratta Milano-Genova.

Per quanto riguarda la periferia sono previsti 8 PPF che, per completezza, vengono qui di seguito elencati.

- PJ1 Bivio Principe/Porti
- PT Cravasco
- PT Vallemme
- PC Arquata Libarna
- PJ1 Raccordo Tecnico
- PJ1 Shunt III Valico Torino
- PJ1 Raccordo Pozzolo
- PM Rivalta Interporto

Il sistema di segnalamento e di distanziamento di tipo innovativo prevede apparati di sicurezza statici e sistema di distanziamento ERTMS Livello 2.

Il sistema prevede anche la possibilità d'interconnessione con linee afferenti alla linea AC attrezzate con segnalamento tradizionale, chiamate "Linee Storiche" (LS).

I posti di interconnessione con le linee storiche (PJ2), sono i seguenti:

- PJ2 Bivio Corvi
- PJ2 Doppio Bivio Fegino
- PJ2 Raccordo Tecnico
- PJ2 Shunt III Valico Torino

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	Codifica Documento A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC Foglio 54 di 301

- PJ2 Tortona.

Le funzioni del sistema SCC-AC, analogamente a quanto implementato sulle altre tratte AV, fanno capo ai seguenti Sottosistemi:

- Circolazione;
- Diagnostica e Manutenzione;
- Telesorveglianza e Sicurezza (tecnologia Antintrusione, Antincendio, ecc. ...);
- Accertamento Visivo Remoto (AVR).

Le apparecchiature di PC, per la gestione centralizzata del sistema SCC-AC della tratta AV Milano-Genova, saranno collocate all'interno del fabbricato tecnologico di Genova Teglia.

#### 5.7.5.2 Architettura del sistema SCC-AC

Il sistema oggetto della presente specifica è costituito da:

- Un posto centrale, che ospita anche gli apparati dei posti centrali NVC (Nucleo Vitale Centrale) destinati a gestire in sicurezza il segnalamento lungo tutta la linea. L'SCC-AC si interfaccia a livello di posto centrale con l'NVC: tramite questo interfacciamento SCC-AC riceverà le informazioni sul segnalamento e invierà i comandi per la marcia dei treni;
- Periferia di Circolazione: tutte le informazioni relative alla circolazione sono scambiate con NVC esclusivamente nel posto centrale; per Circolazione saranno presenti in periferia delle postazioni operatore (TdP Terminale di Periferia), per fornire le informazioni relative alla circolazione (Train Descriptor Periferico, Informativa, ecc..) agli operatori periferici;
- Periferia di Diagnostica&Manutenzione: saranno presenti i posti periferici delle seguenti tipologie:
  - posto periferico D&M
  - posto periferico di Diagnostica IS
- Periferia del sistema di ARV: saranno costituiti dalle apparecchiature per il sottosistema NVR necessarie al trasferimento verso il PC delle immagini acquisite dalle telecamere poste in corrispondenza dei deviatoi

La connessione fra il posto centrale e i suoi posti periferici è realizzata tramite la rete GigaEthernet.

I principali blocchi individuabili nella figura sono:

**Posto Centrale SCC-AC**, composto da apparecchiature di supervisione, suddivise a loro volta nei seguenti sottosistemi:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 55 di 301

- Circolazione,
- Diagnostica e Manutenzione,
- Telesorveglianza e Sicurezza,
- Accertamento Remoto Visivo.

Nel Posto Centrale risiedono anche le apparecchiature del Sistema integrato degli impianti di sicurezza delle gallerie ferroviarie (SPVI).

Le apparecchiature che costituiscono il PC sono tipicamente collocate nei seguenti locali, identificati in analogia a quanto realizzato nel PCS di Bologna per la Linea AC MI-BO-FI:

- **Sala Controllo Circolazione**, Diagnostica e Manutenzione, Telesorveglianza e Sicurezza, Accertamento Remoto Visivo e SPVI. E' il punto nevralgico del sistema SCC-AC, nel quale si organizza la circolazione ferroviaria dell'intera tratta
- **Sala calcolatori**: ospita le apparecchiature di elaborazione (Data Base e Communication Server), concentratori di rete, apparecchiature di trasmissione dati, ecc.;
- **Locale Responsabile D&M**: è l'ufficio del Responsabile della manutenzione AC del PC;
- **Locale operatori HW-SW**: contiene le postazioni operatore del sottosistema D&M;
- **Locale console SCC-AC e Operatori Sistema TLC**: sono disposti due terminali (PC, monitor, tastiera, mouse) utilizzati come console dei server di SCC AC e dei sistemi TLC.

**Posti Periferici Fissi (PPF)**: sono suddivisi in quattro tipologie, secondo l'operatività in essi prevista:

- **Posto Tecnologico (PT)**: posto di servizio in cui risiedono le apparecchiature di gestione di un tratto di linea compreso tra due PPF;
- **Posto Movimento (PM)**: con binari di precedenza e passaggio pari/dispari;
- **Posto di Comunicazione (PC)**: posto di servizio in cui è possibile il passaggio pari/dispari, ma non è dotato di binari di precedenza;
- **Posto di Interconnessione (PJ)**: posto per l'interconnessione con la LS;

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 56 di 301

Per quanto riguarda il sistema di automazione, i PPF sono costituiti da apparecchiature appartenenti ai sottosistemi di Diagnostica e Manutenzione (D&M), il sottosistema Accertamento Remoto Visivo (ARV) dove previsto e gli apparati di Rete per la gestione della LAN SCC-AC e il collegamento con le TLC/LD.

Le apparecchiature sopra citate trovano posto nel locale apparati del fabbricato PPF.

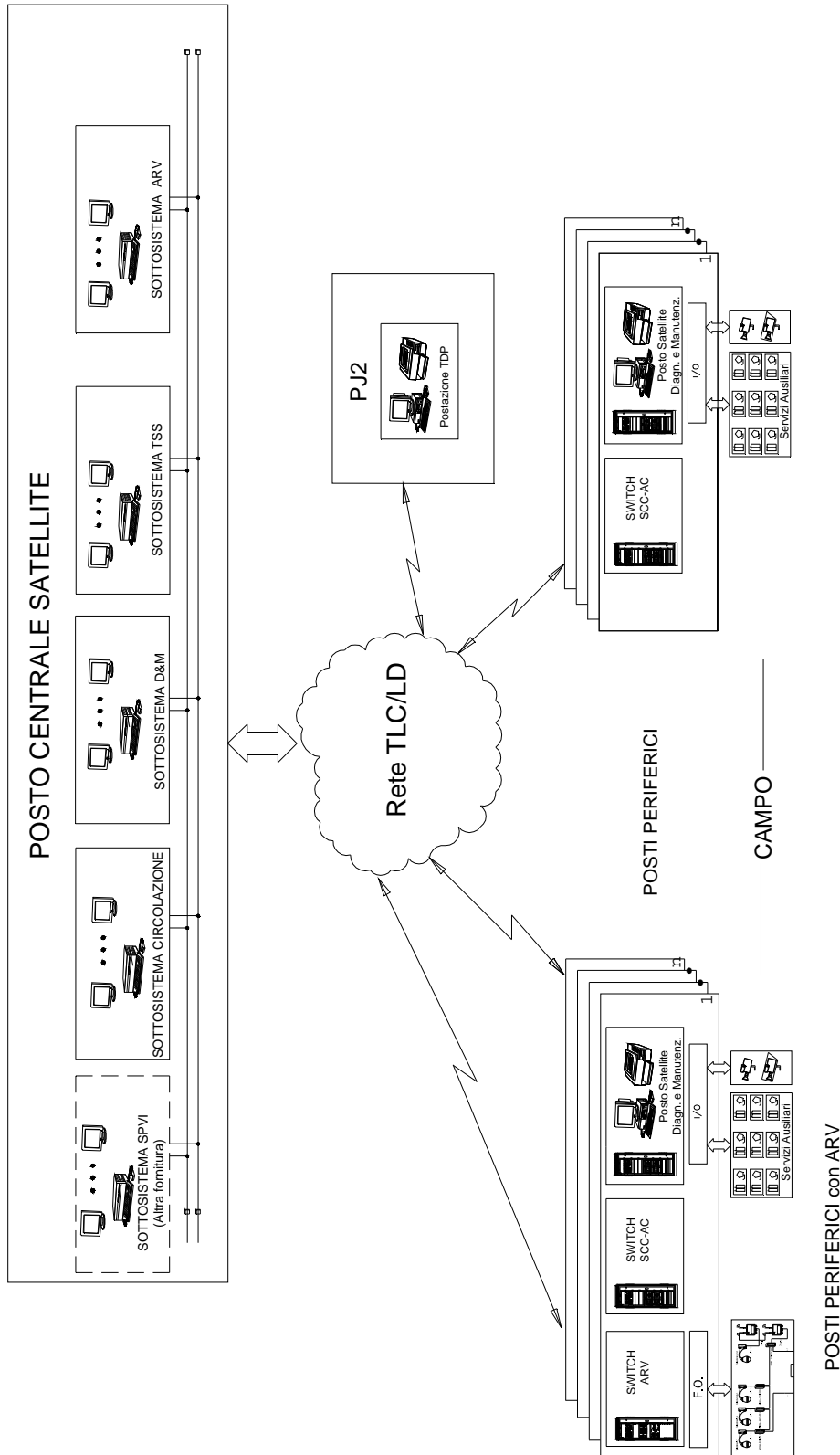
Le apparecchiature del sottosistema D&M nei PPF, hanno il compito di interfacciare, per scopi diagnostici e di controllo tutti i sottosistemi per i quali è prevista una gestione remota.

Tipici impianti gestiti dal sottosistema D&M sono:

- Antincendio (AI) di PPF e altri fabbricati Ausiliari quali Sottostazioni Elettriche, Cabine TE;
- Antintrusione (AN);
- Sincronizzazione oraria;
- Monitoraggio opere civili ed infrastruttura;
- Quadri Distribuzione Alimentazioni (QD);
- Riscaldamento Elettrico Deviatoi (RED);
- Sistema di Alimentazione PPF (SIAP);
- Monitoraggio Carichi Dinamici;
- Monitoraggio Temperatura Rotaie;
- Enti di Trazione Elettrica (solo a fini diagnostici);
- Sezionatori MATS (solo diagnostica)

Nei PPF sono inoltre collocate le apparecchiature per il sottosistema NVR necessarie al trasferimento verso il PC delle immagini acquisite dalle telecamere poste in corrispondenza dei deviatoi.





GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 58 di 301

#### 5.7.5.2.1 Posto Centrale

In questo capitolo sono citate le funzioni che si intendono implementare nei vari sottosistemi precedentemente menzionati.

I sottosistemi e le relative macro funzioni disponibili nel sistema di supervisione sono:

- Circolazione:
- gestione dei comandi e controlli da e verso il sistema NVC relativo agli impianti interni all'area controllata;
- Visualizzazione dello stato della circolazione in tempo reale mediante le varie tipologie di quadri video (TD, SI, TG, ....) e rappresentazioni tabellari
- regolazione della circolazione e ottimizzazione che supportano gli operatori del movimento fornendo loro indicazioni sulla previsione della marcia dei treni, sui conflitti previsti e sulle scelte da attuare per regolare il traffico nell'area controllata.
- gestione della circolazione dei treni e delle manovre nelle stazioni.
- interfacciamento con PIC e con altri sottosistemi di comando e controllo limitrofi per lo scambio di informazioni inerenti alla circolazione
- gestione delle informazioni, che alimentano e aggiornano il Database del Sottosistema SCC-AV Circolazione relativamente allo stato della circolazione, ai provvedimenti, alle anomalie, ecc.;
- funzioni di sistema per la gestione delle transizioni del sistema, delle registrazioni, e delle stampe
  
- Diagnostica e Manutenzione:
- gestione della diagnostica degli impianti, delle infrastrutture e, tramite SGRT, della rete TLC,
- gestione della diagnostica di sistema,
- registrazione cronologica di tutti gli eventi significativi,
- messaggistica tra operatori,
- visualizzazione degli allarmi, attraverso interfacciamento SPVI, degli impianti di galleria.
  
- Sicurezza, Telesorveglianza e Gestione Emergenze:
- monitoraggio delle aree esterne ai Posti Periferici ed alle SSE;

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 59 di 301

- supporto alla gestione della sicurezza di persone e di materiali;
- controllo degli accessi ai PPF, alle SEE, agli edifici RTB, Fabbricati Sicurezza PGEF (attraverso server PCA in questo ultimo caso), ecc.;
- gestione degli allarmi incendio e intrusione dei locali di PPF, SSE, edifici RTB Shelter, ecc.
- gestione centralizzata delle registrazioni video provenienti dalle telecamere installate nei vari siti;
- supporto alle decisioni in situazioni di emergenza;
- registrazione cronologica di tutti gli eventi significativi;
- messaggistica tra operatori.
  
- Accertamento Remoto Visivo :
- Accertamento visivo remoto integrità e fermascambiatrice del deviatoio oleodinamico e della coda del treno.
- Funzione di registrazione delle immagini da parte della specifica telecamera individuata per l'accertamento,
- Funzione MOVIOLA per la visualizzazione delle immagini appena registrate.
- Gestione di ciascuna telecamera singolarmente in elevazione, zoom o brandeggio

Viene di seguito fornita la descrizione dell'architettura e della configurazione hardware dei sottosistemi che costituiscono il PC.

Il Posto Centrale è caratterizzato dalla presenza di sottosistemi di elaborazione distinti, dedicati a:

- Circolazione;
- Diagnostica e Manutenzione;
- Telesorveglianza e Sicurezza;
- Accertamento Remoto Visivo;
- Rete Locale.

Ogni sottosistema è costituito da una serie di elaboratori connessi in rete locale ad alta velocità; le varie sottoreti dei sottosistemi dialogano fra loro secondo protocolli di comunicazione standard, garantendo lo scambio corretto di informazioni fra i sottosistemi stessi.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC	Foglio 60 di 301

Inoltre ogni sottosistema non deve preoccuparsi di come i dati sono prodotti e utilizzati dagli altri sottosistemi.

Per completezza descrittiva, ma di fornitura diversa da SCC-AC, si citano i seguenti sistemi che ne completano le funzionalità di PC:

- SPVI Sistema integrato degli impianti di sicurezza delle gallerie ferroviarie;
- apparecchiature della Rete di Telecomunicazioni per il collegamento in area geografica (WAN) del PC con la periferia;
- apparecchiature per l'alimentazione del sistema, quali UPS, quadri di distribuzione, gruppi elettrogeni, ecc.

#### 5.7.5.2.2 Posto Periferico Fisso

I vari sistemi e servizi gestiti all'interno del PPF s'interfacciano alle apparecchiature del sistema D&M del posto tecnologico interessato tramite collegamento Ethernet.

- Per completezza esplicitiva, sono elencati le tipologie di sistemi. che si possono incontrare nei PPF.
- Enti TE e MATS (solo per fini diagnostici);
- Diagnostica CdB;
- Sincronizzazione oraria;
- Antintrusione;
- Antincendio (locali non di galleria);
- Riscaldamento e Condizionamento ( locali non di galleria);
- Sistema di Alimentazione PPF (SIAP);
- Quadri di distribuzione alimentazione (quadri Automazione, Segnalamento, Scaldiglie);
- Rete Media Tensione;
- Monitoraggio Opere Civili;
- Monitoraggio Carichi Dinamici;
- Rete LFM di galleria;
- Monitoraggio Temperatura Rotaia,
- Riscaldamento Elettrico Deviatoi,
- Alimentazione dei Segnali Blu;
- SPVI (informazioni impianti di galleria).

#### 5.7.5.2.3 Interconnessioni

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC	Foglio 61 di 301

Nei PJ2 saranno installate le apparecchiature necessarie all'acquisizione dei servizi Ausiliari di PJ2 (AI, AN, CDZ).

Le interconnessioni previste sulla tratta AC Milano Genova sono le seguenti:

- Bivio Corvi
- Bivio Fegino
- Raccordo Tecnico
- PJ2 Shunt (a Pozzolo F.)
- PJ2 Tortona.

Nell'Ufficio Movimento dei PJ2 è prevista la collocazione della postazione operatore TdP per lo scambio di informazioni con gli operatori del PC.

Inoltre sono previste le seguenti remotizzazioni:

- la postazione operatore TdP del PJ2 Raccordo Tecnico è remotizzata a Novi Ligure
- la postazione operatore TdP del PJ2 Shunt è remotizzata a S. Bovo.

L'architettura di un PJ2 è analoga a quanto previsto per un PPF, a meno delle apparecchiature ARV.

Le considerazioni fatte sulla architettura dei PJ2 e sui sistemi interfacciati, valgono per tutti i punti di interconnessione della MI-GE sopra in elenco, a meno del PJ1/PJ2 Raccordo Tecnico.

I vari sistemi e servizi gestiti all'interno del PPF/PJ2 s'interfacciano alle apparecchiature del sistema D&M del posto tecnologico interessato tramite collegamento Ethernet.

Per completezza esplicativa, sono elencati le tipologie di sistemi. che si possono incontrare nei PPF.

- Antintrusione;
- Antincendio (locali non di galleria);
- Riscaldamento e Condizionamento ( locali non di galleria);
- Sistema di Alimentazione PPF (SIAP);
- Quadri di distribuzione alimentazione (quadri Automazione, Segnalamento, Scaldiglie);
- Monitoraggio Carichi Dinamici;
- Riscaldamento Elettrico Deviatoi.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 62 di 301

#### 5.7.5.2.4 Posti Gestione Emergenza Periferici

Postazioni PGEP per la gestione periferica delle emergenza della galleria Pozzolo sono presenti nei seguenti fabbricati:

- Fabbricato Tecnologico Pozzolo Sud (PGEP primario Galleria Pozzolo);
- Fabbricato Tecnologico Pozzolo Nord (PGEP secondario Galleria Pozzolo).

#### 5.7.6 **Telecomando posti periferici TE**

Questi sistemi sono dedicati alla supervisione, al comando ed alla diagnostica di:

- Organi di sezionamento della linea di contatto.
- Enti MATS

Gli enti sottoposti al DOTE (Dirigente Operativo Trazione Elettrica) verranno di seguito indicati come “enti periferici di telecomando”.

I sistemi di automazione e diagnostica locale descritti in questa specifica e nei documenti di riferimento oltre alle funzioni di comando, controllo e diagnostica locale svolgono anche le funzioni di postazioni remote di telecomando TE.

La funzione di telecomando TE si avvale di un complesso di apparecchiature che consentono di eseguire, da un posto centrale di controllo, la supervisione di un’area geografica comunque estesa, e di inviare i comandi ai relativi organi elettrici posti sotto la giurisdizione dell’operatore del Posto Centrale (DOTE).

Queste apparecchiature appartengono a tre sottosistemi diversi:

- DOTE (Dirigente Operativo Trazione Elettrica)
- Telecomunicazioni (TLC-LD)
- Sistemi periferici di automazione e diagnostica locale

I terminali periferici che interfacceranno i sistemi PLC MATS saranno dotati di doppia CPU in configurazione hot-stand by e di doppio alimentatore cestello elettronica di teleoperazioni.

#### 5.7.7 **Telecomando sistema MATS**

Per il comando e il controllo degli enti di messa a terra di sicurezza e delle relative apparecchiature a corredo sarà previsto l'utilizzo di un opportuno di un sistema elettronico programmabile basato su logica PLC.

I moduli di Ingresso / Uscita (I/O) del sistema PLC sono collegati agli enti per la messa in sicurezza della linea di contatto in galleria. Le unità periferiche remote e gli switch industriali d’interfaccia con la rete Ethernet TLC saranno contenute in appositi quadri denominati  $Q_{PLC}$ , ubicati al fianco del relativo quadro di interfaccia con i sezionatori denominato  $Q_{MAT}$ . Il PLC di comando, controllo e diagnostica sarà

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC	Foglio 63 di 301

posizionato invece nel fabbricato tecnologico, definito all'interno di un quadro denominato  $Q_{GPLC}$ .

Per mezzo dell'interfacciamento tra il sistema PLC (quadro  $Q_{GPLC}$ ) e il terminale periferico di telecomando TE (RTU di TP), gli enti per la messa in sicurezza della galleria saranno comandati, in condizioni di normale funzionamento, dal posto centrale di comando DOTE.

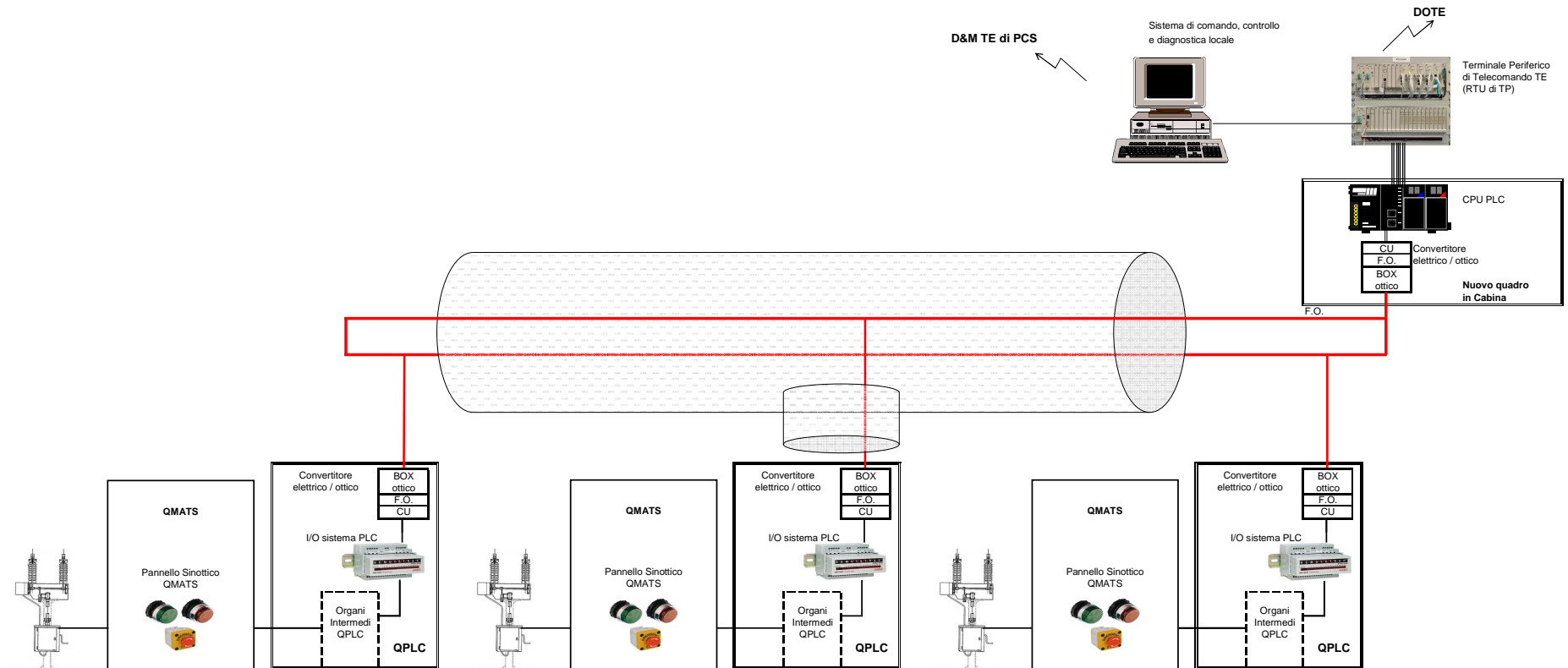
L'interfacciamento tra il sistema PLC e il terminale periferico di telecomando sarà di tipo ethernet, per la comunicazione tra sistema PLC e Terminale periferico di telecomando TE sarà utilizzato il protocollo IEC 60870-5-104

In caso di mancato funzionamento del sistema DOTE o d'interruzione delle linee di comunicazione tra quest'ultimo e i terminali periferici di telecomando, sarà possibile comandare gli enti per la messa a terra in sicurezza delle gallerie, con impianto configurato in Telecomando Escluso, dai sistemi di comando, controllo e diagnostica locale, relativi ai terminali periferici di telecomando di riferimento. In caso di mancato funzionamento del sistema di telecomando, o in caso di emergenza, la messa in sicurezza della galleria potrà avvenire anche per mezzo di comandi diretti sui quadri " $Q_{MAT}$ " opportunamente posizionati lungo la tratta. Ogni pannello di interfaccia comanderà solo ed esclusivamente gli enti di messa a terra TE a lui collegati e visualizzati sul pannello sinottico di ogni quadro.

Il sistema integrato di comando, controllo e diagnostica (Terminale periferico di telecomando, postazione locale di comando, controllo e diagnostica enti TE e sistema PLC) si occuperà inoltre di sviluppare, per tutti gli enti in oggetto, i calcoli diagnostici che saranno disponibili sia localmente sala quadri del fabbricato tecnologico, sia agli operatori di PCS e di D&M, ognuno per quanto di competenza.

Per il collegamento alla rete Ethernet TLC alla fibra ottica di galleria, tutti i quadri  $Q_{PLC}$  e  $Q_{GPLC}$  saranno dotati di switch Ethernet di tipo industriale.

In Figura è rappresentato lo schema a blocchi dell'architettura del sistema sopra descritta:





GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 65 di 301

## 5.7.8 Impianti antintrusione, controllo accessi e di videosorveglianza

### 5.7.8.1 Caratteristiche generali

Il sottosistema Antintrusione assolve le funzioni di base per la sorveglianza da remoto e la protezione delle strutture periferiche della linea III Valico dei Giovi.

Esso è costituito da:

- un impianto di telesorveglianza TVCC;
- impianti di protezione di aree specifiche (PPF, SSE, ).
- impianti di controllo dell'accesso ai siti da parte del personale autorizzato.

L'impianto antintrusione, controllo accessi e TVCC prevede la sorveglianza dei fabbricati tecnologici (PPF, SSE, ..) e degli imbocchi della galleria.

L'impianto antintrusione è realizzato tramite la gestione da centrale locale della sensoristica presente.

Tutti i sensori ed attuatori saranno collegati ad una "centrale antintrusione" locale.

Sono previsti contatti magnetici per la protezione delle porte controllate, per i cancelli d'accesso carrabile e pedonale si impiegheranno sensori magnetici da esterno.

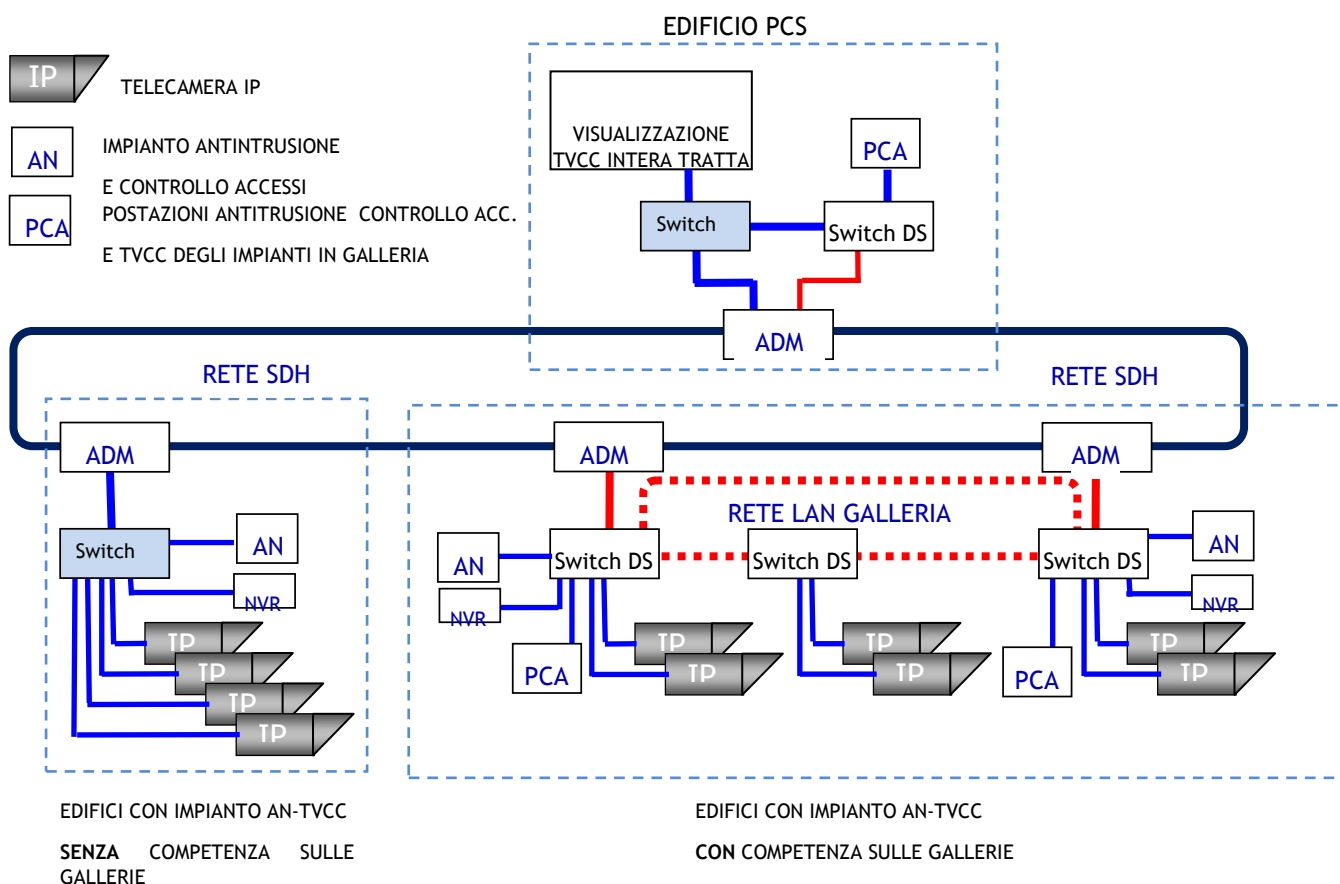
Gli elementi terminali dell'impianto Antintrusione, Controllo Accessi e TVCC quali telecamere, centrali antintrusione, controllo accessi e sensori sono omogenei in tutti gli edifici della tratta.

Con riferimento ai sistemi di supervisione degli impianti e recependo i contenuti sistemistici della specifica TT603 B gli impianti antintrusione e TVCC si possono dividere in :

- Impianti AN-TVCC relativi a fabbricati e aree con competenza sulle gallerie della tratta III Valico dei Giovi;
- Impianti AN-TVCC relativi a fabbricati e aree senza competenza sulle gallerie della tratta III Valico dei Giovi.

La figura seguente rappresenta in modo schematico quanto appena descritto; la differenza principale consiste nell'utilizzo da parte degli impianti AN-TVCC relativi ai fabbricati / aree con competenza sulle gallerie della "Rete Dati di Galleria" realizzata dalla tecnologia DS.

Gli impianti AN-TVCC relativi ai fabbricati / aree senza competenza sulle gallerie utilizzano come supporto trasmissivo la rete dati realizzata dalla tecnologia GD/TLC.



Nei PGEP primari sarà presente una postazione Server del sistema Protezione Controllo Accessi (PCA) per la gestione degli impianti Antintrusione e TVCC della galleria di competenza e per l'interfaccia con il sistema SPVI.

Alla postazione Server faranno riferimento le postazioni Client del Sistema PCA, costituite da un Personal Computer con relativo monitor VGA.

Il sistema di gestione PCA previsto per le gallerie della tratta permette :

- la supervisione delle centraline AN, permettendo la gestione centralizzata delle segnalazioni di allarme acquisite
- l'acquisizione delle segnalazioni di allarme concernenti il sottosistema TVCC concernente sempre la tecnologia AN
- la gestione della componente TVCC per le funzionalità proprie di questa tecnologia
- l'inoltro dello stato diagnostico acquisito al corrispondente sistema SPVI.

La postazione di "gestione" AN prevista nelle SSE per la tratta, permette:

- la supervisione delle centraline AN, permettendo la gestione centralizzata delle segnalazioni di allarme acquisite;

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>Codifica Documento</p> <p>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</p>	<p>Foglio</p> <p>67 di</p> <p>301</p>

- l'acquisizione delle segnalazioni di allarme concernenti il sottosistema TVCC concernente sempre la tecnologia AN;
- la gestione della componente TVCC per le funzionalità proprie di questa tecnologia.

Presso il PCS è prevista una postazione di controllo per l'impianto TVCC dell'intera tratta, le sue funzioni saranno :

- Richiamare / visualizzare / esportare le immagini registrate sugli NVR periferici
- Indirizzare le immagini sui decodificatori video presenti al PCS
- Gestione delle immagini visualizzate sulla video parete.

#### **5.7.8.2 Dotazioni nei singoli impianti galleria Pozzolo**

Nel seguito sono riassunti gli impianti AN risultanti dal presente PD.

In analogia all'impianto in esercizio per la tratta AV/AC Bologna-Firenze, nei locali "adduzione ENEL" non è previsto alcun impianto antintrusione, controllo accessi, videosorveglianza e rilevamento intrusione.

Non è previsto nessun intervento AN in fabbricati o aree RFI esistenti.

#### **FABBRICATI SICUREZZA POZZOLO NORD E POZZOLO SUD**

Per i Fabbricati Sicurezza è prevista la realizzazione di un impianto antintrusione, controllo accessi, videosorveglianza e rilevamento intrusione.

Le telecamere TVCC e le centraline AN saranno riportate al sistema PCA della galleria di competenza, mediante collegamento allo switch della rete dati di galleria presente nei fabbricati.

Nei fabbricati sopra elencati saranno previsti:

- sensori rottura vetri,
- sensori volumetrici,
- contatti magnetici per porte / finestre,
- lettore di badge all'ingresso,
- N. 2 o 4 telecamere per vedere tutto il fabbricato.

Tutti i sensori e i lettori di badge sono gestiti localmente da una centrale locale controllata dal PCS.

#### **FABBRICATO CABINA TE POZZOLO**

In questi sito, è prevista la realizzazione di un impianto controllo accessi e rilevamento intrusione. Come da PD di AI non è previsto impianto TVCC.

Il fabbricato Cabina TE è dotato di centraline AN proprie, che sono riportate all'host D&M del PPF più vicino.

In questo sito saranno previsti:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 68 di 301

- sensori volumetrici;
- contatti magnetici per porte e finestre;
- lettore di badge all'ingresso,

## IMBOCCHI DELLA GALLERIA

E' prevista una sola telecamera per la sorveglianza gli imbocchi della galleria.

Le telecamere TVCC agli imbocchi delle gallerie sono riportate al rispettivo sistema PCA, mediante collegamenti agli switch della rete dati di galleria più vicini.

## USCITE DI EMERGENZA

Per queste uscite si prevede impianto antintrusione per monitorare lo stato delle porte di uscita.

Non sono previste telecamere TVCC.

Le centraline AN sono riportate al sistema PCA della galleria, mediante collegamenti agli switch della rete dati di galleria presenti alle uscite.

### 5.7.9 Sistema di segnalamento SGSS

L'interconnessione di Bivio Corvi – Bivio Principe Porti sarà realizzata tramite la modifica del futuro PPM di Bivio/PC Corvi (realizzato nell'ambito del nuovo ACC-M di Genova), che assumerà anche la funzione di PJ2, con l'innesto della linea AC/AV nella futura 'Bretella di Genova Voltri' alla pk 9+197 (binario Dispari) e 8+976 (binario Pari).

Sul tratto di interconnessione fra PJ2 Bivio Corvi (situato sulla linea Tradizionale) e PJ1 Bivio Principe Porti (situato sulla linea AC/AV) verrà realizzato il passaggio di sistema tra il livello tradizionale BAcc (LT) con sistema SCMT e il sistema ERTMS di livello 2 (L2) e viceversa.

Il Sistema di Segnalamento Alta Velocità è costituito da una struttura gerarchica che da un posto di controllo e supervisione centralizzato si dirama via via fino ad arrivare agli enti di piazzale.

Il Sistema proposto vuole infatti sposare i criteri di economicità tipici dei sistemi centralizzati, non rinunciando alla sicurezza e alla disponibilità e proseguendo nel progresso tecnologico, privilegiando automatismi e funzionalità con un governo diretto da Posto Centrale.

Gli enti di linea sono pertanto centralizzati, mediamente ogni 12 Km, nei Posti Periferici Fissi (PPF) suddivisi in 4 tipologie principali :

- PM - Posto di movimento con binari di precedenza e passaggio pari/dispari;
- PC - Posto di comunicazione per passaggio pari/dispari;
- PT - Posto tecnologico per la concentrazione delle apparecchiature di linea;
- PJ - Posto di interconnessione con la linea lenta.

più eventuali altre, "derivate" dalle precedenti in quanto :

- relative ad attrezzaggi parziali (es. PM senza binari di precedenza) ;

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 69 di 301

- conseguenza dell'accorpamento sotto un unico apparato di più tipologie principali (es. PC/PJ).

Il sistema integrato proposto a supporto dell'esercizio ferroviario della linea AV/AC Milano-Genova –Terzo Valico dei Giovi è strutturato su 2 livelli :

il primo comprende la supervisione ed il controllo della circolazione;

il secondo include tutte le funzioni di sicurezza di segnalamento ed è costituito da un unico Apparato Centrale Statico ubicato nel Posto Centrale di Genova-Teglia che governa i Posti Periferici dislocati nelle stazioni.

Il collegamento tra il Posto Centrale di Genova-Teglia e le località di servizio viene realizzato tramite una rete geografica ad alta velocità (4 Mbit/s) su fibra ottica, consentendo la gestione delle interfacce operatore locali e la distribuzione delle informazioni diagnostiche in tutti i locali tecnologici della linea.

Il sistema di segnalamento, di seguito denominato come “MultiStazione” , è quello già in esercizio in altre tratte AC/AV italiane ( Milano - Bologna e Bologna - Firenze). La logica di gestione utilizza come base quella già in uso nei sistemi ACS sulla rete nazionale, integrando le particolarità specifiche delle linee AV.

#### **5.7.9.1 Sistema ERTMS**

La linea è attrezzata con il sistema ERTMS (European Rail Management System) Livello 2, sistema all'avanguardia per la gestione e il controllo della distanza di sicurezza dei treni sulle linee dedicate all'Alta Velocità/Alta Capacità.

Il sistema, che garantisce la circolazione sulle linee alta Velocità/Alta Capacità dei treni europei, “dialogando” con un linguaggio comune, si basa sulla radiotrasmissione dei dati e delle informazione permettendo di seguire la marcia del treno istante per istante.

Il sistema consente un controllo continuo di velocità da computer in sicurezza di bordo e comando di frenatura per velocità oltre quella consentita.

Esso permette la visualizzazione, su schermo in cabina di guida, dei dati di velocità consentita e della distanza dall'ostacolo per il macchinista.

Il Livello 2 è un livello ERTMS/ETCS che utilizza la radio per inviare un'autorizzazione al movimento al treno e che usa sistemi/dispositivi convenzionali per avere informazioni sulla presenza di un treno in linea.

#### **5.7.9.2 Sistema SCMT**

Il Sistema Controllo Marcia Treno (SCMT) è il sistema tradizionale per la protezione della marcia dei treni, rispondente a standard nazionali che prevedono la simultanea utilizzazione delle informazioni continue trasmesse a bordo dalle correnti codificate circolanti nel binario e dalle informazioni discontinue fornite dai punti informativi (boe) ubicati in punti singolari della linea. Il sottosistema di bordo del SCMT confronterà istante per istante la velocità reale del treno con la curva di frenatura sviluppata in funzione delle seguenti informazioni trasmesse a bordo dalle correnti codificate o dai punti informativi:

- posizione del treno;

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 70 di 301

- velocità massima consentita rispetto ai segnali luminosi;
- velocità massima consentita dalla linea;
- velocità massima rispetto a eventuali rallentamenti;
- velocità massima ammessa dal materiale rotabile.

### 5.7.9.3 Sottosistema di Gestione della Via

Il SS GdV è il sistema di segnalamento in sicurezza che interagisce con i dispositivi di stazione e di linea ed ha il compito di:

- controllare e comandare la linea per la tratta di competenza;
- controllare e comandare i movimenti in corso sul piazzale;
- controllare e comandare singolarmente i dispositivi (enti) delle stazioni.

Esso svolge le seguenti **funzioni di sicurezza**:

- logica di stazione;
- gestione dell'interfaccia operatore;
- comunicazioni verso RBC ed SCC;
- logica di attuazione di piazzale e di linea.

Il sistema GdV verrà realizzato con l'architettura MultiStazione con logica allocata nel Posto Centrale (NVC).

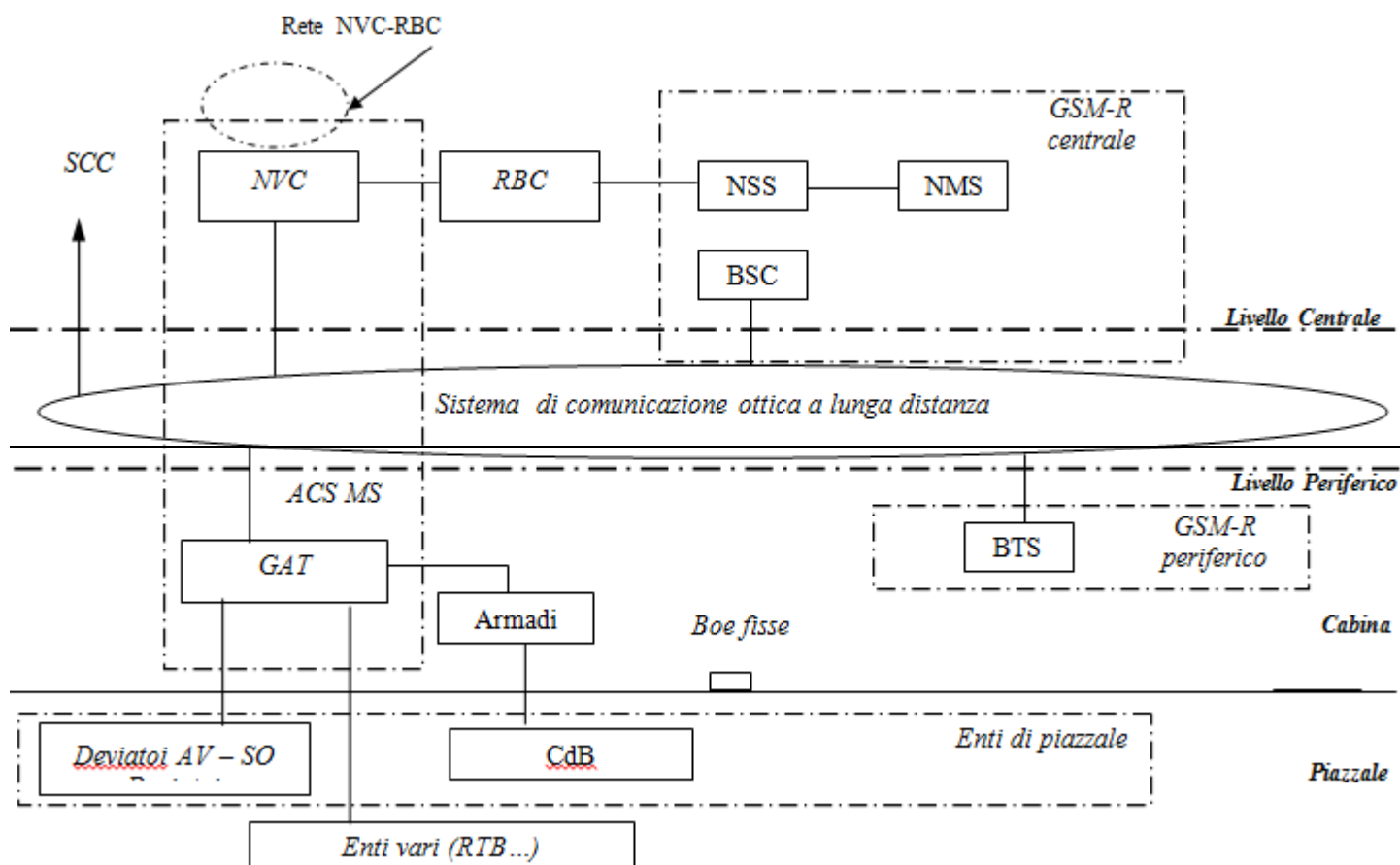
### 5.7.9.4 Sottosistema di Distanziamento

Il SS DST è il sottosistema che ha il compito di governare in sicurezza la marcia dei treni garantendone la separazione in funzione delle limitazioni imposte dall'infrastruttura, delle caratteristiche del materiale rotabile e delle condizioni della linea e degli apparati di stazione gestite e comunicate dal SS Gestione della Via.

Il SS DST viene realizzato tramite Radio Block Center e con il supporto di Punti Informativi realizzati mediante Boe Eurobalise, ed implementa le specifiche del sistema europeo ERTMS Livello 2.

### 5.7.9.5 Sottosistema di Gestione delle Comunicazioni

Il SS TLC garantisce la connessione e comunicazione tra i sottosistemi del sistema AV. La comunicazione tra GdV e DST viene realizzata tramite una rete interna al PCS, dove sono collocati gli elaboratori in sicurezza dei due sottosistemi GdV e DST.



Architettura Sistema di Segnalamento

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 72 di 301

## 5.7.10 Elettrificazione

### 5.7.10.1 Generalità

L'alimentazione della linea ferroviaria avviene a mezzo di linea di contatto a 3 KV c.c. con catenaria da 540 mm<sup>2</sup> ed alimentatori lungo linea in parallelo, a sua volta alimentata da quattro sottostazioni di conversione a 132/3 KV c.c.

Le quattro sottostazioni che trasformano la corrente da 132 KV a 3 KV c.c. sono le seguenti:

- S.S.E. Bivio Corvi, all'imbocco dell'esistente finestra Borzoli.
- S.S.E. di Castagnola, all'imbocco della finestra omonima.
- S.S.E. di Arquata, di nuova costruzione.
- S.S.E. di Novi Ligure, da costruirsi in un'area limitrofa a quella esistente.

La parte terminale della linea, verso Milano, è alimentata dalla S.S.E. di Tortona esistente.

Sono inoltre previste tre cabine T.E. di equipotenzialità e protezione: Polcevera, Serravalle e Pozzolo.

### 5.7.10.2 Linea di contatto

La linea di contatto è costituita da due fili di contatto di rame all'argento di sezione 150 mm<sup>2</sup> ciascuno e da due corde di rame della sezione di 120 mm<sup>2</sup> ciascuna. Sono inoltre previsti, limitatamente ad alcuni tratti di linea, alimentatori in parallelo in Alluminio/Acciaio di sezione 307,7 mm<sup>2</sup> ciascuno.

L'altezza del piano di contatto dal piano del ferro è di 5,30 m. La lunghezza massima della campata all'aperto è di 60 m, in galleria di 47 m.

Il circuito di messa a terra è quello standard R.F.I. in presenza di segnalamento con blocco automatico; i sostegni della T.E. sono collegati da due funi IN lega di alluminio di sezione 150 mm<sup>2</sup>; ogni due circuiti di binario, in corrispondenza di un giunto isolato delle rotaie, è interposto un isolatore. Il circuito di terra è quindi suddiviso in tante sezioni lunghe quanto due circuiti di binario.

I sostegni per la T.E. sono in acciaio zincato a caldo e sono dello stesso tipo di quelli utilizzati per le linee A.V.

All'aperto sono utilizzati i pali del tipo da LS14 a LS22, fissati alle fondazioni con tirafondi imbullonati. Gli ormeggi hanno tirante a terra.

In galleria i fili di contatto sono fissati a penduli imbullonati a strutture ad L fissate alle gallerie.

Le sospensioni utilizzate sono quelle per le linee A.V.

In galleria sono utilizzate quelle usate per il rinnovamento della Direttissima Firenze-Roma, modificate per consentire l'aumento della lunghezza della campata.



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 73 di 301

La sospensione per il conduttore in parallelo è identica a quella per la linea A.V.

Con la specifica RFIDTCDNSEESPIFS177A “Sezionamento della linea di contatto e messa a terra di sicurezza per gallerie ferroviarie (DM28.10.2005)” RFI ha disciplinato le modalità di messa a terra della LC per soddisfare i requisiti 4.2.3.1 e 4.2.3.2 della STI “Sicurezza in Galleria” ed i requisiti minimi 1.4.8 e 1.4.9 del DM 28.10.2005.

Per ogni accesso disponibile alle squadre di emergenza alle gallerie ferroviarie saranno previste specifiche apparecchiature elettromeccaniche per mettere le condutture della LC a terra (sezionatori MAT) corredate dai quadri di comando/controllo locali. Sarà realizzato l'interfacciamento con la postazione DOTE di riferimento (che dovrà di conseguenza essere modificato) per il comando/controllo da remoto.

I sezionamenti della linea di contatto per la messa a terra di sicurezza della galleria Pozzolo sono di seguito elencati:

- progressiva 37+780 Pozzolo (sezionamenti all'aperto);
- progressiva 44+000 Pozzolo (sezionamenti all'aperto).

I dispositivi per l'interruzione e la messa a terra della linea di contatto sono posizionati in prossimità degli imbocchi, in modo da consentire l'accesso delle squadre di soccorso in galleria.

### 5.7.11 Riserva idrica

La galleria artificiale di Pozzolo, nella tratta di pianura, non è dotata di impianto idrico antincendio in quanto di lunghezza inferiore a 2 km e quindi deterministicamente non necessario per il DM. La riserva idrica sarà assicurata dalle autobotti dei VVF e dai corsi d'acqua nei pressi, garantendo 800 l/min per 2 ore, come previsto delle STI.

### 5.7.12 Impianto controllo fumi

#### 5.7.12.1 Impianto di pressurizzazione uscite di sicurezza

Per una corretta strategia di controllo fumi delle uscite di sicurezza della galleria Pozzolo, essa saranno dotate di una opportuna zona filtro equipaggiata di impianto di pressurizzazione in modo tale da realizzare una condizione di sovrappressione contrastando l'ingresso dei fumi nel luogo sicuro.

Ogni uscita di sicurezza è dotata di due ventilatori assiali monostadio con variatore di velocità e silenziatore, completi di griglie per l'aria e di serrande di sovrappressione motorizzate; vi sarà inoltre una serranda tagliafuoco a dispositivo di sgancio termico con griglia per l'aria.

L'impianto di pressurizzazione sarà fornito di una logica che ne regoli il funzionamento nelle diverse condizioni di apertura delle porte, oltre che di una serranda di sovrappressione di sicurezza.

### 5.7.13 Telecomunicazioni

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 74 di 301

Gli impianti di telecomunicazione rispondono alle esigenze di scambio di informazioni di vario genere tra le diverse entità preposte alla gestione, esercizio, controllo e manutenzione della tratta ferroviaria e tra queste ed il mondo esterno.

Rispetto al progetto definitivo l'impianto recepisce gli adeguamenti per le specifiche già citate precedentemente per l'introduzione del sistema di segnalamento ERTMS e per gli adeguamenti tecnologici in accordo a più recenti richieste, prescrizioni e specifiche tecniche RFI/Italferr.

Rispetto al progetto definitivo l'impianto sarà conformità alla seguente normativa:

- RFI TCTS ST TL 05 003 B "Impianti di telecomunicazioni per la sicurezza nelle gallerie ferroviarie" che descrive l'architettura da adottarsi per la realizzazione del sistema telefonico di emergenza ed il back bone per la veicolazione dei dati (controllo/diagnostica) di tutti gli impianti
- RFI DMA IM OC SP IFS 002 A "Sistemi di supervisione degli impianti di sicurezza delle gallerie ferroviarie", che prevede una specifica architettura dell'infrastruttura TLC a servizio degli impianti preposti alla gestione dell'emergenza in galleria.

I sottosistemi previsti e le loro funzionalità sono brevemente illustrati nel seguito.

Sono classificati in diversi sottosistemi, di cui si dà di seguito una prima perimetrazione.

Per la supervisione integrata dei sottosistemi LD-ST e TT viene realizzato il sottosistema gestione dati TLC (GD/TLC); esso è un'infrastruttura ICT (Information and Communication Technology) che consente la gestione e la supervisione integrata dell'impianto TLC, con architettura e funzionalità applicative integrate al sistema di Diagnostica e Manutenzione (D&M) AC/AV della linea.

#### **5.7.13.1 Sottosistema tlc lunga distanza (ld)**

Il sottosistema LD è una rete di telecomunicazione, realizzata in fibra ottica con tecnologia SDH, che costituisce la rete trasmissiva tra gli edifici lungo linea (PPF, Fabbricati Sicurezza, PJ2 e SSE) ed il Posto Centrale.

Comprende l'insieme dagli apparati (rete di trasporto SDH e rete di accesso MUX-F) e dei portanti (cavi in fibra ottica) che consentono la multiplazione e la trasmissione di flussi su cavo ottico.

A questo sottosistema appartengono inoltre gli orologi per la generazione dei segnali di sincronismo per la rete di trasporto SDH.

Per gli impianti TLC del III Valico dei Giovi il sottosistema TLC Lunga Distanza comprende anche la rete dei cavi f.o. necessari per gli impianti di emergenza delle gallerie.

La rete SDH LD del III Valico dei Giovi è basata su una struttura ad anello con doppia richiusura, una realizzata su f.o. del cavo posato sul binario dispari della ferrovia AC/AV e l'altra come predisposizione per richiusura esterna alla tratta, realizzabile da RFI su f.o. rese disponibili a sua cura.

#### **5.7.13.2 Sottosistema tlc telefonico (st)**

Comprende la rete cavi TLC a coppie di rame ed i seguenti impianti:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 75 di 301

- Telefonia selettiva: è l'insieme degli equipaggiamenti e dei portanti fisici che realizzano la telefonia selettiva di servizio.
- Telefonia commutata: realizza il servizio di telefonia commutata automatica (telefonia di base e facsimile) nei principali siti della tratta.
- Sincronizzazione oraria: ha il compito di sincronizzare gli orologi e gli elaboratori della tratta con un riferimento orario di adeguate caratteristiche.
- Sistema Telefonia Integrata: sistema di telecomunicazioni che, nell'ambito dell'SCC, rende disponibile a operatori addetti alla gestione dei servizi di controllo e gestione più diversi sistemi di comunicazione.

### 5.7.13.3 Sottosistema tlc terra-treno (tt)

Comprende i seguenti impianti:

#### **Impianto radio GSM-R**

Il GSM-R è un sistema radiomobile dedicato alle comunicazioni ferroviarie basato sullo standard trasmissivo GSM.

Il sistema GSM-R costituirà il supporto trasmissivo di tutte le comunicazioni ferroviarie di servizio di tipo fonia. Sarà realizzata la ridondanza di copertura radio. L'impianto GSM-R sarà omogeneo con quello delle altre tratte adiacenti e per metterà la comunicazione radio tra il personale a bordo dei treni e il centro di controllo.

#### **Estensori cellulari multiservizio per gallerie**

Sono gli impianti per estendere nelle gallerie i servizi della radiotelefonia GSM nella banda a 900 MHz dei gestori pubblici.

E' prevista una rete di radiopropagazione in grado di garantire la copertura GSM all'interno delle gallerie ferroviarie. La prevista rete GSM garantirà le comunicazioni con il normale servizio di telefonia cellulare, dei principali gestori del servizio pubblico, all'interno delle gallerie, sia nei confronti dei viaggiatori che per le eventuali squadre di soccorso in caso di incidente.

#### **Impianti ausiliari: shelter, tralicci, alimentazione, supervisione e condizionamento**

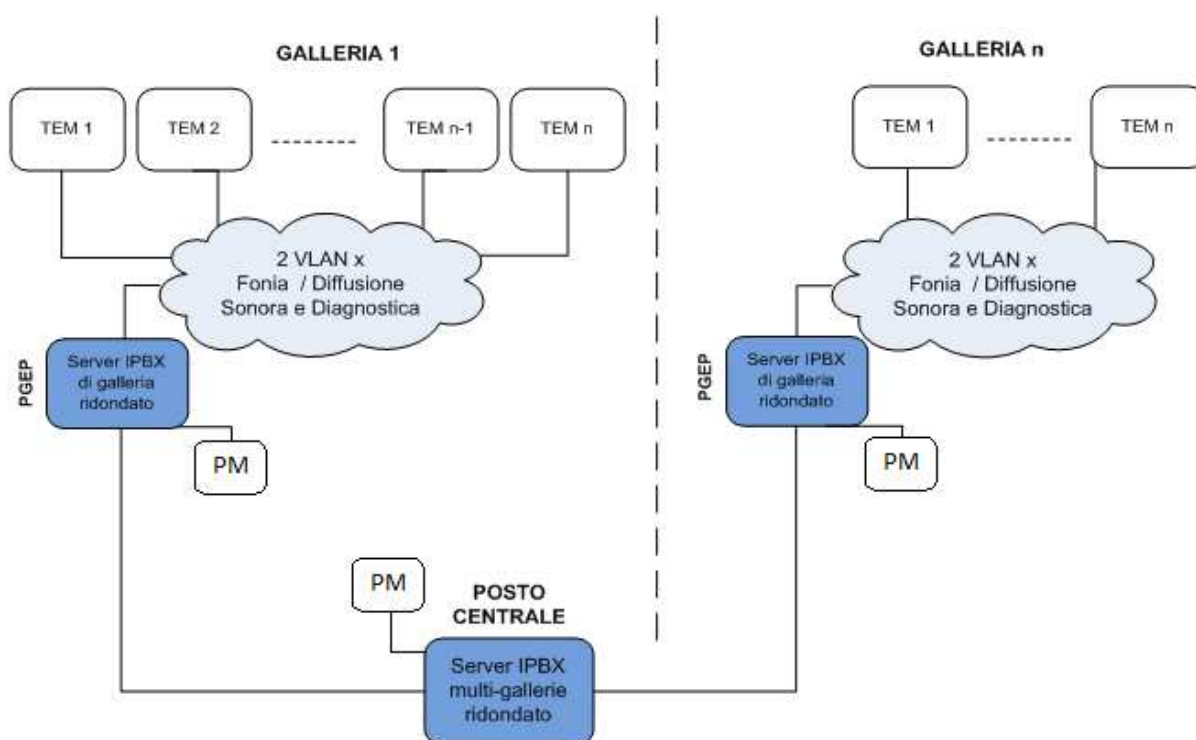
Ove necessario, lungo linea sono previsti shelter condizionati per l'alloggiamento degli apparati del Sottosistema Terra – Treno (BTS GSM-R ed Estensori Cellulari Multiservizio), corredati dai tralicci necessari per il sostegno delle antenne e di impianti di condizionamento e supervisione.

All'interno di tali shelter sono installati anche apparati di alimentazione che forniscono l'energia elettrica, con caratteristiche adeguate, agli apparati TT.

Per l'alimentazione degli impianti radio di galleria, sono previsti quadri locali di conversione delle alimentazioni necessarie.

### 5.7.14 Sistema telefonico di emergenza e diffusione sonora

L'architettura del sistema di telefonia di emergenza e diffusione sonora in galleria è schematicamente rappresentata nella figura seguente:



Schema generale del sistema di telefonia emergenza e diffusione sonora in galleria

Gli elementi costitutivi del sistema sono:

- Telefoni di emergenza (TEM): dispositivi viva voce dotati di pulsante a fungo ed interruttore a chiave FS 47/1, collocati negli armadi colonnino in galleria che consentono di effettuare le chiamate di emergenza e attivazione di diffusione sonora.
- Postazioni microfoniche centrale (PC) e locali (PGEP): consolle telefoniche impiegate per la ricezione delle chiamate dai telefoni di emergenza; sono configurate in modo da essere destinatarie delle chiamate dei vari TEM in base alla modalità di gestione dell'emergenza (concetto di consolle "operativa"). Sono equipaggiate con telefoni VoIP, compatibili con lo standard SIP, che permettono di gestire la telefonia di emergenza e/o la telediffusione sonora.
- Server: implementa l' IP-PBX ridondato. Presso il Posto Centrale si trova un server IP-PBX ridondato di livello superiore interconnesso con il o i server IPBX di galleria.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 77 di 301

Gli apparati dei vari sottosistemi di galleria (TEM/DS, BSS, LFM ...) sono connessi alla rete attraverso VLAN indipendenti:

- 1 Telefonia di Emergenza e Diffusione Sonora
- 2 Diagnostica e Manutenzione Impianti TEM/DS
- 3 Impianti elettrici LFM
- 4 Impianti di antincendio (controllo fumi, idrico, rivelazione incendi, etc.)
- 5 Impianti di security (controllo accessi, antintrusione, etc.)
- 6 Impianti TVCC
- 7 Impianto Sistema di Supervisione Integrata (SPVI)
- 8 TBD
- 9 TBD

#### **5.7.14.1 Principio di funzionamento**

##### **5.7.14.1.1 Operatività delle consolle**

In condizioni normali (PGEP non presenziate se non in emergenza, in prossimità della galleria) tutte le chiamate di emergenza vengono inoltrate alla postazione microfonica centrale di pertinenza (sempre presenziata ma ad una certa distanza dalla galleria) che è l'unica postazione operativa.

In caso di emergenza è possibile promuovere ad operativa una PGEP che si trovi in prossimità della galleria. In questo caso la PGEP diventerà il destinatario delle chiamate per i telefoni di emergenza di competenza (tipicamente tutti i colonnini della galleria).

Ogni consolle operativa è in grado di:

- Individuare l'identità del chiamante (numero/posizione colonnino, identificativo consolle)
- Effettuare una telediffusione sonora su una tratta di galleria (DS singola), gruppi predefiniti di tratte o su tutte le tratte di pertinenza (DS generale)
- Effettuare una DS con attivazione di un messaggio registrato. L'IP-PBX eseguirà in automatico questa sequenza di operazioni (possono essere annullate mediante la chiusura della chiamata):
  - Attivazione DS
  - Attivazione messaggio
  - Chiusura DS
- Ascoltare un messaggio senza diffusione (anche per una consolle non operativa)
- Chiamare altre consolle telefoniche (anche per una consolle non operativa)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 78 di 301

- Chiamare un determinato Telefono di Emergenza per effettuare un ascolto ambientale ed eventualmente parlare agli operatori presenti nelle vicinanze

Il Posto Centrale può decidere di ripartire l'operatività tra più PGEP, in base alla galleria di pertinenza.

#### 5.7.14.1.2 Chiamate di emergenza

In caso di pressione del pulsante a fungo il telefono di emergenza invia una segnalazione alla postazione telefonica operativa (centrale o locale in base allo stato di gestione dell'emergenza). Il sistema risponde inviando un messaggio preregistrato di rassicurazione in più lingue che avvisa il chiamante dell'avvenuta ricezione della chiamata ed avvisa l'operatore della postazione mediante segnalazione visiva e allarme sonoro tacitabile. Il pulsante a fungo si accende alla pressione e rimane acceso fino all'interruzione della conversazione (da parte dell'operatore remoto) oppure, in caso di mancata risposta, dopo un tempo di timeout.

In caso di mancata risposta da parte di una postazione al PGEP la chiamata di emergenza viene inoltrata alla postazione centrale; se questo operatore non risponde entro un determinato tempo la chiamata viene persa.

#### 5.7.14.1.3 Diffusione sonora

Per effettuare una diffusione sonora da un colonnino posto in galleria l'operatore dovrà:

Posizionare l'interruttore su "Diffusione sonora" (rotazione della chiave in senso antiorario), il colonnino viene automaticamente abilitato alla diffusione sonora sulla propria tratta di pertinenza. L'operatore, dopo un "DIN-DON" iniziale (opzionale), può trasmettere a voce il messaggio da diffondere direttamente dal microfono vivavoce del colonnino.

E' possibile effettuare la diffusione sonora contemporaneamente da più colonnini, purché avvenga su sezioni di diffusione sonora indipendenti.

#### 5.7.14.1.4 Tele diffusione sonora

Dalle postazioni microfoniche centrale/locali è possibile effettuare una (tele)diffusione sonora su una singola tratta di galleria, un gruppo predefinito di tratte o su tutte le tratte di pertinenza della postazione (diffusione sonora generale) ed effettuare annunci sia di tipo standard, precedentemente memorizzati, che annunci liberi.

Nel caso di contemporaneità di una DS effettuata localmente dal colonnino con una (tele)diffusione sonora attivata dalla postazione microfonica remota la priorità è sempre attribuita alla DS locale.

In caso di particolari esigenze le priorità possono essere invertite.

#### 5.7.14.1.5 Server

Il sistema di telefonia VoIP implementato si basa sull'utilizzo di un server (locale o centrale) che ospita tutte le risorse e gli applicativi fondamentali al suo funzionamento quali l'IP-PBX e il piano di numerazione. Per questo motivo il server è ridondato tramite una seconda macchina (cluster) con le stesse caratteristiche hardware e software. La corretta ridondanza di dati e servizi sui due server viene gestita da software di

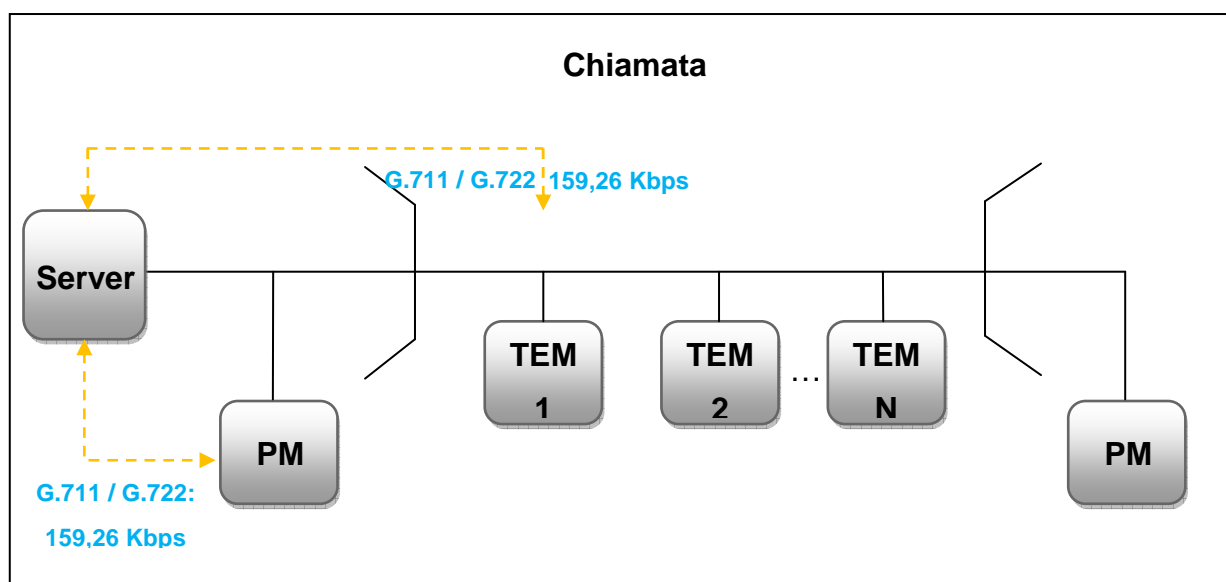
GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 79 di 301

sincronizzazione dati. Sul server è inoltre presente il software per la configurazione dei colonnini.

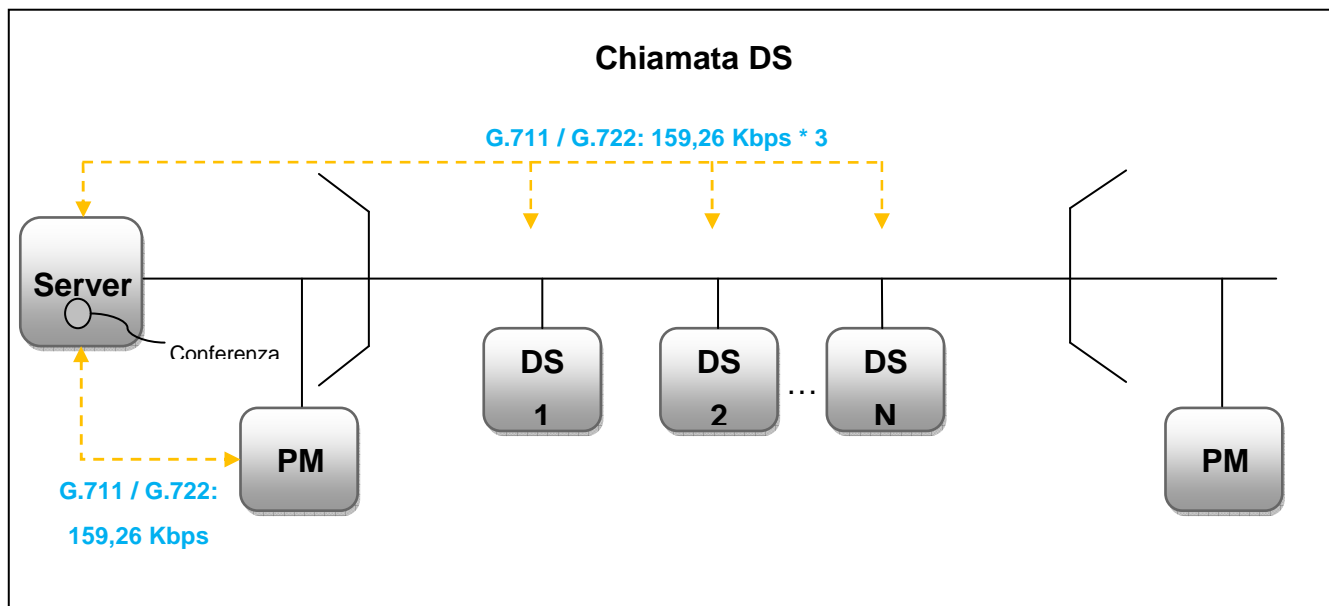
Inoltre, la doppia interfaccia di rete ethernet (se presente) dei server è costantemente monitorata dal sistema operativo (bond 1 - modalità Active/Backup) per garantire il flusso costante dei dati in caso guasto di una delle due porte o di interruzione del collegamento a monte (porta switch guasta).

#### 5.7.14.1.6 Descrizione funzionale

Di seguito è riportato schematicamente il flusso dei dati in galleria durante una chiamata VoIP SOS da un TEM verso una postazione locale al PGEP



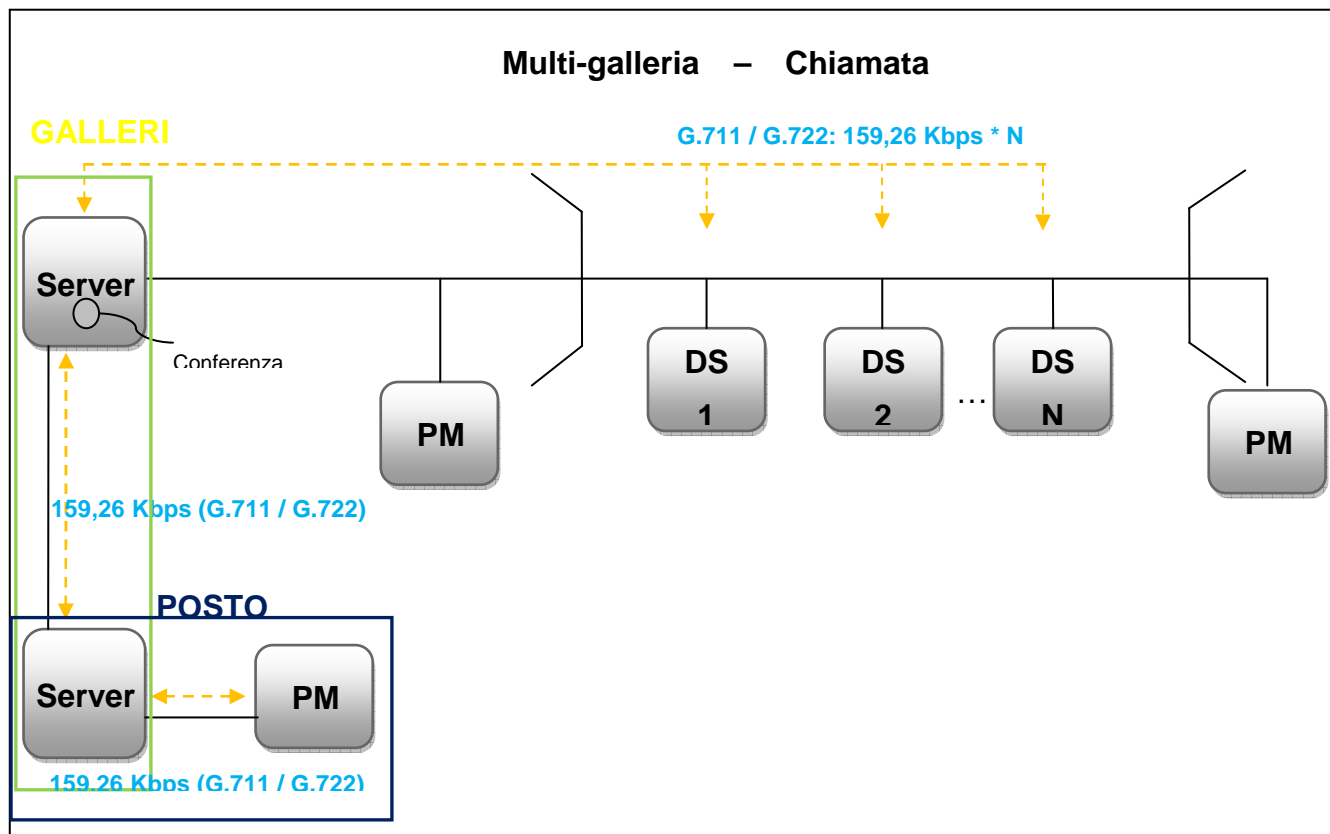
Nel caso di diffusione sono da una postazione locale al PGEP verso tutte le tratte di galleria (esempio 3 TEM), il flusso dati è il seguente:



Per la DS si utilizza la funzionalità “Conferenza” del protocollo SIP.

Nel caso di diffusione sonora dalla postazione di Posto centrale, la conferenza viene comunque creata dal server IP-PBX pertinente alla galleria di destinazione mantenendo così un solo canale VoIP verso il server IP-PBX di posto centrale e la postazione microfonica stessa:





#### 5.7.14.1.7 Ridondanza di rete e relative prestazioni

Gli apparati dei vari sottosistemi di galleria (TEM/DS, BSS, LFM ...) sono connessi alla rete attraverso VLAN indipendenti

#### 5.7.14.1.8 Diffusori a tromba

La diffusione sonora in galleria avviene mediante coppie di trombe contrapposte installate indicativamente ogni 10 metri ed all'altezza di 2,5 metri dal piano del ferro come indicato nelle linee guida di riferimento. Nei tratti di galleria a doppio binario le trombe sono installate su entrambi i lati della galleria.

Inoltre anche i telefoni Help Point posti all'esterno in corrispondenza degli imbocchi delle gallerie sono dotati di trombe per la diffusione sonora.

I diffusori sono provvisti di trasformatore per l'adattamento di impedenza e sono tutti collegati in derivazione alla linea.

#### 5.7.14.1.9 Disposizione apparati

I concentratori telefonici di imbocco e di PCS sono sostituiti da centralini IP/PBX previsti dalle nuove specifiche RFI, come le console operatore (TTPC, TTPL, CPC e CPL) sono sostituiti da telefoni VoIP.

Si prevede l'installazione di apparati TEM/DS lungo la galleria Pozzolo in precedenza non attrezzata, con colonnine SOS su entrambi i binari ogni 250 m, agli imbocchi primari e in corrispondenza delle uscite di sicurezza e apparati telefonici nei fabbricati della galleria.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 82 di 301

Per ogni imbocco primario si prevede l'installazione una colonnina SOS, le colonnine sono tutte dotate di una serie di diffusori a coppie.

### **5.7.15 Impianti di rivelazione e estinzione incendi**

E' prevista l'installazione degli impianti di rivelazione e spegnimento incendio (manuale ed automatico) negli edifici destinati alla Gestione e al Controllo del Traffico, oppure alla gestione e controllo degli impianti tecnologici destinati alla Sicurezza in Galleria, ubicati lungo la Linea Ferroviaria Alta Velocità Milano Genova.

Le indicazioni riportate nel seguito sono state ispirate da prescrizioni normative e da concetti di buona tecnica in grado di assicurare che l'intero Impianto Antincendio, nella sua globalità, garantisca la sicurezza di persone e beni, nonché la sua perfetta funzionalità.

#### **5.7.15.1 Sistema di protezione incendio**

Gli impianti di protezione antincendio, previsti a protezione degli edifici succitati, si suddividono in generale nei seguenti sottosistemi

- Sottosistema di rivelazione, segnalazione e allarme incendi.
- Sottosistema di spegnimento incendi.

Il sottosistema di spegnimento è costituito dai seguenti impianti:

- Estintori portatili e carrellati
- Impianti automatici a gas "Total flooding".(Argon)

In considerazione del fatto che la totalità degli edifici, in cui trovano posto gli apparati di comando e gestione degli impianti relativi sia alla circolazione ferroviaria che alla sicurezza in galleria, è normalmente impresenziata, il sistema di rivelazione è esteso a tutti i locali (ad esclusione dei servizi igienici ed ad eventuali con carico d'incendio limitato).

Lo stesso impianto sarà esteso nei soppalchi di contenimento delle macchine di condizionamento nei PPF di galleria.

Anche lo spegnimento manuale, effettuato tramite gli estintori portatili e carrellati è esteso a tutti i locali (ad esclusione dei servizi igienici ed ad eventuali locali con carico d'incendio limitato), mentre in alcuni locali/edifici, in ragione della maggior importanza delle apparecchiature in essi contenute, è stato previsto anche lo spegnimento automatico a gas (locale apparati)

#### **5.7.15.2 Sistema di rivelazione incendi**

La scelta degli apparecchi che maggiormente si addicono alla rivelazione è stata effettuata in base al tipo di focolaio, al tipo di fumo, alla geometria dell'ambiente, alle condizioni ambientali, e saranno sia di tipo ottico che termico, oltre ai rivelatori di gas.

La centrale di comando e controllo di ciascun impianto è normalmente installata in un locale protetto dall'impianto di rivelazione e possibilmente anche dallo spegnimento automatico e dove è garantita l'illuminazione di sicurezza.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 83 di 301

La centrale è del tipo a microprocessore programmabile, ed in grado di operare una costante supervisione dell'impianto per ciò che riguarda gli allarmi di incendio incipiente, gli intervalli di manutenzione sui sensori, i test automatici dei rilevatori ed il colloquio tramite porta seriale con supervisore (per ulteriori dettagli vedere paragrafo interfaccia). La centrale gestisce anche, tramite l'Unità di Spegnimento, le diverse fasi d'intervento del sistema di spegnimento automatico nei locali dove è previsto. Essa è inoltre interfacciata con il quadro di comando dell'impianto di condizionamento che pilota le macchine di condizionamento e le serrande taglia-fuoco e gli aspiratori di lavaggio dei locali dai gas residui, rispettivamente prima e dopo la fase di scarico dell'estinguente.

La centrale di rivelazione sarà programmata affinché possa gestire un livello di "PRE-ALLARME" qualora un singolo sensore sia in allarme e un livello di "ALLARME INCENDIO" qualora due sensori appartenenti alla stessa zona fisica siano effettivamente in allarme.

Per la comunicazione verrà adottato il "Protocollo di comunicazione seriale" tipo MODBUS oppure tipo RFI, secondo la norma tecnica TC.E/S.S.I./0001/002 edizione N.1/93 del 17/02/93 relativa al sistema di supervisione nazionale della circolazione treni.

Al supervisore, saranno inviate tutte le informazioni riguardanti il circuito di rivelazione incendi, gli stati d'allarme e preallarme, e saranno evidenziati i sensori e i locali interessati, gli eventi sulle apparecchiature o sui sensori e le necessità d'interventi di manutenzione.

Dal supervisore potranno essere inviati i comandi per l'attivazione/esclusione di sensori/zone.

Le modalità, le tipologie di colloquio, i comandi e controlli che intercorreranno tra il supervisore e la centrale antincendio verranno trattati in maniera puntuale in un apposito documento operativo.

La centrale antincendio s'interfaccerà tramite segnalazioni di tipo digitale con il quadro di controllo della ventilazione e con il quadro di controllo della TV a circuito chiuso.

All'impianto di condizionamento verranno inviate le segnalazioni di allarme incendio, discriminate per ogni singolo locale, tramite contatti digitali del tipo "normalmente chiuso".

Nel caso in cui avvenisse un incendio nei locali sorvegliati, il corrispondente contatto comanderà lo spegnimento delle macchine della ventilazione e condizionamento e la chiusura delle serrande, solo del locale interessato, passando dallo stato di "chiuso" a quello di "aperto".

Una segnalazione di allarme incendio generale per tutti i locali, e dello stesso tipo di quella prevista per la ventilazione, sarà inviata anche al sistema di TVCC, per permettere il puntamento delle telecamere esterne dell'edificio sull'entrata del locale interessato.

Nei locali dove è previsto il sistema di spegnimento automatico a gas, in caso d'allarme, la segnalazione d'incendio provocherà lo sgancio delle alimentazioni ai torrini di estrazione/immissione aria nei locali e la chiusura delle serrande tagliafuoco. La scarica del gas estinguente sarà effettuata dopo 30 secondi dall'inizio dello stato di allarme.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC	Foglio 84 di 301

### 5.7.15.3 Spegnimento automatico

Nei locali dove è previsto l'impianto di spegnimento automatico, sarà collocata l'unità di spegnimento (UDS).

L'unità è controllata direttamente dalla centrale di rivelazione incendi; essa ha il compito di azionare sia le valvole per il rilascio del gas estinguente, che le targhe ottiche/acustiche ubicate all'interno e all'esterno del locale, dove avviene lo spegnimento.

L'UDS è corredata di un pulsante a rottura vetro per mezzo del quale è possibile mettere in condizione di allarme la centrale e quindi far intervenire direttamente l'impianto di spegnimento nel tempo programmato di 30 secondi.

Il tempo di ritardo dello spegnimento, qualora fosse necessario, può essere cambiato in fase di programmazione, con dei limiti da 0 a 90 secondi e passo di 15 sec.

L'UDS tramite un selettore a chiave ha la possibilità di funzionamento in modo:

- **Automatico:** dove il controllo è demandato alla centrale di rivelazione
- **Manuale:** dove il controllo è sottoposto direttamente alla discrezione del personale (quando l'UDS è in questa modalità la centrale emette un evento di allarme)
- **Escluso:** dove l'UDS è completamente disabilitata, per permettere operazioni di manutenzione che potrebbero innescare il processo di estinzione automatica, (quando l'UDS è in questa modalità la centrale emette un evento di allarme).

### 5.7.15.4 Spegnimento manuale

E' importante che la protezione antincendio di un edificio o di un impianto sia considerata globalmente. I sistemi automatici con sostanze estinguenti gassose sono soltanto una parte, per quanto importante, degli impianti disponibili, ma l'averli adottati non elimina la necessità di utilizzare misure supplementari, quali gli estintori portatili od altre apparecchiature mobili, da usarsi per il pronto soccorso o emergenza

Per questo motivo, tutti i locali saranno muniti di estintori, in modo tale da consentire, in caso di incendio, un intervento rapido ed efficace da parte degli operatori in quel momento presenti il loco o dei Vigili del Fuoco stessi.

I tipi previsti sono:

- Estintore portatile manuale a polvere ABC ,di capacità estinguente non inferiore a 13A.89B.C.
- Estintore portatile manuale a gas ,di capacità estinguente non inferiore a 34B.C
- Estintore portatile carrellato a polvere da 50 Kg, di capacità estinguente non inferiore a 13A.89B.C.

Tra le dotazioni di sicurezza delle gallerie è prevista l'installazione di estintori.

## 5.8 Criteri generali di sicurezza in galleria

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>
	Foglio 85 di 301

Nelle gallerie dei sistemi ferroviari il conseguimento degli obiettivi di sicurezza è il risultato di una combinazione ottimale di requisiti di sicurezza applicati all'infrastruttura, al materiale rotabile ed alle misure organizzative ed operative che possono essere adottate.

L'ottenimento dell'adeguato livello di sicurezza può essere meglio assicurato se tutti i soggetti interessati aventi chiare e definite responsabilità sono coinvolti nell'analisi degli aspetti relativi alla sicurezza delle gallerie, partecipando inoltre alle esercitazioni secondo le modalità fissate dai piani di emergenza.

In particolare è auspicabile che in caso di incendio il treno possa essere arrestato fuori dalla galleria o comunque in luoghi opportunamente predisposti per l'esodo delle persone e l'intervento delle squadre di soccorso.

In particolare per le gallerie in esame l'arresto dei treni in punti stabiliti e opportunamente predisposti per l'esodo dei passeggeri è reso possibile in virtù dell'impianto di segnalamento, dettagliato nel capitolo precedente, attraverso le procedure di soccorso individuate nel piano di emergenza.

I requisiti e le misure di sicurezza sono quindi predisposizioni atte a conferire alcune funzioni essenziali al "sistema galleria", al fine di prevenire l'insorgere di situazioni di emergenza e mitigarne le eventuali conseguenze.

I requisiti di sicurezza servono per il perseguimento dei seguenti obiettivi:

- Previsione e prevenzione degli eventi incidentali;
- Protezione dei soggetti esposti e mitigazione delle conseguenze;
- Facilitazione dell'esodo delle persone e dell'intervento delle squadre di soccorso.
- Tali obiettivi possono essere raggiunti mediante l'adozione di:
- Requisiti minimi;
- Requisiti integrativi.

I requisiti minimi rappresentano le predisposizioni di sicurezza che devono essere messe in atto in tutte le gallerie cui si applica il DM 28/10/2005.

La presente analisi di rischio è stata redatta analizzando l'intero sistema galleria di Valico – Interconnessione di Voltri – galleria Campasso.

Nelle successive tabelle sono stati sintetizzati i requisiti minimi di sicurezza in funzione della classe di lunghezza alla quale appartiene il sistema galleria.

Rif. All. II D.M. 28-10-2005	Requisiti Minimi di Sicurezza	Lunghezza del Sistema Galleria [km]						
		0.5 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	> 5	
1.1	INFRASTRUTTURA Prevenzione Incidenti							
1.1.1	Sistema di radiocomunicazione							
1.1.2	Limitazione deviatoti in galleria							
1.1.3	Controllo sistematico dello stato del							

Rif. All. II D.M. 28-10- 2005	Requisiti Minimi di Sicurezza	Lunghezza del Sistema Galleria [km]					
		0.5 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	> 5
	binario						
1.1.4	Protezione e controllo accessi						
1.1.5	Ispezione regolare dello stato della galleria						
1.1.6	Piano manutenzione galleria						
1.2	INFRASTRUTTURA Mitigazione Conseguenze Incidenti	0.5 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	> 5
1.2.1	Requisiti di resistenza e reazione al fuoco: generali						
1.2.1	Requisiti di resistenza e reazione al fuoco: R > 120						
1.2.2	Affidabilità delle installazioni elettriche						
1.2.3	Impianto idrico antincendio						
1.3	INFRASTRUTTURA Facilitazione Esodo	0.5 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	> 5
1.3.1	Marciapiede: larghezza > 50 cm						
1.3.1	Marciapiede: larghezza > 90 cm						
1.3.2	Corrimano						
1.3.3	Segnaletica di emergenza						
1.3.4	Illuminazione di emergenza nella galleria						
1.3.5	Uscite/accessi: collegamenti trasversali ogni 500 m in gallerie a doppia canna						
1.3.5	Uscite/accessi: accessi non carrabili ogni 2 km in aree urbane						
1.3.5	Uscite/accessi: finestre carrabili ogni 4 km						
1.3.6	Realizzazione uscite/accessi						
1.3.6	Realizzazione uscite/accessi: accessi intermedi carrabili con percorsi pedonali di larghezza utile tra 90 e 120 cm						
1.3.7	Sistema di controllo fumi nelle vie di						

Rif. All. II D.M. 28-10- 2005	Requisiti Minimi di Sicurezza	Lunghezza del Sistema Galleria [km]					
		0.5 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	> 5
	esodo						
1.3.8	Impianto telefonico di emergenza e di diffusione sonora						
1.4	<b>INFRASTRUTTURA</b> Facilitazione Soccorso	0.5 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	> 5
1.4.1	Piazzale di emergenza						
1.4.2	Area di triage						
1.4.3	Piazzole per l'elisoccorso						
1.4.4	Strade di accesso						
1.4.5	Impianto di radiopropagazione in galleria per i soccorsi						
1.4.6	Disponibilità di energia elettrica per le squadre di soccorso						
1.4.7	Postazioni di controllo						
1.4.8	Sezionamento linea di contatto						
1.4.9	Sistema di interruzione e messa a terra linea di contatto						
2.1	<b>MATERIALE ROTABILE</b> Prevenzione e Mitigazione	0.5 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	> 5
2.1.1	Misure di protezione dal fuoco (materiali di motrici/carrozze)						
2.1.2	Rilevatori di incendio a bordo (motrici, carrozze notte, ristorante, passeggeri)						
2.1.3	Dispositivi manuali di allarme						
2.1.4	Neutralizzazione freno di emergenza						
2.1.5	Mantenimento della capacità di movimento						
2.1.6	Estintori portatili a bordo						
2.1.7	Impianti fissi di estinzione						

Rif. All. II D.M. 28-10- 2005	Requisiti Minimi di Sicurezza	Lunghezza del Sistema Galleria [km]					
		0.5 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	> 5
2.1.8	Comando centralizzato spegnimento aria condizionamento						
2.1.9	Illuminazione d'emergenza						
2.1.10	Equipaggiamento di primo soccorso a bordo						
2.2	MATERIALE ROTABILE Facilitazione Esodo	0.5 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	> 5
2.2.1	Dimensionamento per l'esodo						
3.1	PROCEDURE OPERATIVE Prevenzione e Mitigazione	0.5 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	> 5
3.1.1	Arresto per emergenza						
3.2	PROCEDURE OPERATIVE Facilitazione Esodo	0.5 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	> 5
3.2.1	Formazione del personale						
3.2.2	Informazioni di sicurezza e istruzioni sul comportamento in caso di emergenza						
3.3	PROCEDURE OPERATIVE Facilitazione Soccorso	0.5 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	> 5
3.3.1	Piani di emergenza e soccorso						
3.3.2	Esercitazioni periodiche con le squadre di soccorso						
3.3.3	Mezzi di soccorso (mezzo bimodale)						
3.3.4	Informazioni sul trasporto di merci pericolose						
3.3.5	Disponibilità attrezzature di soccorso						

Sono considerati invece requisiti (o misure) integrativi tutti quei requisiti di sicurezza di un sistema galleria che contribuiscono al perseguimento degli obiettivi di sicurezza precedentemente citati ma che non sono contemplati come requisiti minimi, a meno che questi ultimi vengano resi più cautelativi o adottati per gallerie di lunghezza inferiore alla soglia indicata allo specifico requisito minimo.





Nella successiva tabella sono stati elencati i requisiti integrativi di sicurezza indicati dal DM 28/10/2005. Naturalmente tale elenco rappresenta un riferimento indicativo ma non esaustivo, in quanto il progettista ha la possibilità di individuare misure integrative alternative per garantire un adeguato livello di sicurezza, a seguito dell'analisi di rischio di cui all'art.13 del Decreto.

Rif. All. II D.M. 28-10-2005	Requisiti Integrativi di Sicurezza
1.1	INFRASTRUTTURA – Prevenzione Incidenti
1.1.1	Monitoraggio della velocità/sistema di segnalamento
1.1.2	Individuazione del treno (conta assi, circuito binario)
1.1.3	Impianti fissi per il controllo dello stato del treno
1.1.4	Indipendenza dei binari in galleria
1.2	INFRASTRUTTURA – Mitigazione delle conseguenze degli incidenti
1.2.1	Requisiti di resistenza e reazione al fuoco (cavi elettrici)
1.2.2	Uscite/accessi
1.2.3	Sezione collegamenti trasversali
1.2.4	Rivelazione di incendio, fumo e gas nei locali tecnici
1.2.5	Sistemi di controllo a distanza TVCC
1.2.6	Sistemi di estinzione incendio
1.2.7	Sistemi di estrazione fumi/sistema di ventilazione
1.3	INFRASTRUTTURA – Facilitazione dell'esodo
1.3.1	Nicchie
1.3.2	Galleria parallela di servizio e di sicurezza
1.4	INFRASTRUTTURA – Facilitazione del soccorso
1.4.1	Accessibilità per veicoli stradali
1.4.2	Mezzi di soccorso
2.1	MATERIALE ROTABILE – Facilitazione dell'esodo
2.1.1	Equipaggiamento delle carrozze per facilitare l'esodo dei passeggeri e l'accesso delle squadre di soccorso
3.1	PROCEDURE OPERATIVE – Prevenzione Incidenti
3.1.1	Orario/programma di esercizio (specialmente treni passeggeri/ treni merci pericolose)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 90 di 301

3.1.2	Regolamenti per il trasporto di merci pericolose
-------	--

## 5.9 Requisiti Minimi di Sicurezza

La verifica effettuata nel presente paragrafo ha lo scopo di individuare eventuali deficit rispetto ai Requisiti Minimi prescritti dal DM 28/10/2005 nel Progetto Definitivo della galleria Pozzolo. La numerazione dei Requisiti Minimi successivi rispecchia la numerazione dell'all. II del Decreto.

Il sistema galleria risulta dotato delle seguenti caratteristiche principali:

- galleria artificiale lunga m 1984 da (pk 40+794 a pk 42+778) a forma scatolare a una canna e doppio binario;
- il flusso di traffico della galleria Pozzolo è previsto nel 2021 pari a 97 treni/giorno, come descritto nel paragrafo 5.5.2;
- assenza di deviatori in galleria;
- presenza di uscite di sicurezza;
- assenza di fermate o stazioni lungo la linea;
- assenza di inversione di pendenza;
- presenza di aree a rischio specifico in prossimità degli imbocchi;

Le dotazioni di sicurezza previste per la galleria Pozzolo sono descritte nei paragrafi precedenti.

Il sistema galleria è classificabile come galleria di lunghezza minore di 2 km.

## 1 INFRASTRUTTURA

### 1.1 Prevenzione incendi

#### 1.1.1 Sistema di radiocomunicazione

Deve essere previsto un sistema che consenta la comunicazione radio tra il personale a bordo dei treni e tra questo e il centro di controllo.

#### REQUISITO SODDISFATTO

Rispetto al progetto definitivo l'impianto sarà conformità alla seguente normativa:

- RFI TCTS ST TL 05 003 B "Impianti di telecomunicazioni per la sicurezza nelle gallerie ferroviarie" che descrive l'architettura da adottarsi per la realizzazione del sistema telefonico di emergenza ed il back bone per la veicolazione dei dati (controllo/diagnostica) di tutti gli impianti
- RFI DMA IM OC SP IFS 002 A "Sistemi di supervisione degli impianti di sicurezza delle gallerie ferroviarie", che prevede una specifica architettura dell'infrastruttura TLC a servizio degli impianti preposti alla gestione dell'emergenza in galleria.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 91 di 301

Il sistema GSM-R costituirà il supporto trasmissivo di tutte le comunicazioni ferroviarie di servizio di tipo fonia. Sarà realizzata la ridondanza di copertura radio. L'impianto GSM-R sarà omogeneo con quello delle altre tratte adiacenti e per metterà la comunicazione radio tra il personale a bordo dei treni e il centro di controllo.

Inoltre è prevista una rete di radiopropagazione in grado di garantire la copertura GSM all'interno delle gallerie ferroviarie. La prevista rete GSM garantirà le comunicazioni con il normale servizio di telefonia cellulare, dei principali gestori del servizio pubblico, all'interno delle gallerie, sia nei confronti dei viaggiatori che per le eventuali squadre di soccorso in caso di incidente.

#### 1.1.2 Limitazione deviatoi in galleria

Deve essere limitato per quanto possibile il posizionamento di deviatoi in galleria. Eventuali deviatoi sui binari di corsa dovranno essere preferibilmente a cuore mobile.

#### REQUISITO SODDISFATTO

Non sono presenti deviatoi in galleria.

#### 1.1.3 Controllo sistematico dello stato del binario

Devono essere previsti controlli dello stato del binario nella galleria al fine di rilevare il mantenimento della geometria, le condizioni di usura e la stabilità, individuando tempestivamente le eventuali necessità di intervento, secondo le modalità di cui all'art. 6 comma 3 del Decreto.

#### REQUISITO DI COMPETENZA DEL GESTORE

Il requisito sarà soddisfatto al momento dell'attivazione in virtù delle procedure in vigore presso il Gestore dell'Infrastruttura, che nomina un responsabile di galleria ed il suo sostituto, i quali devono garantire il mantenimento di efficienza dell'infrastruttura e dei dispositivi di sicurezza durante l'esercizio ai sensi dell'art. 6 del DM 28/10/2005. Le procedure dovranno essere dettagliate nel Piano di Manutenzione incluso nella Documentazione di Sicurezza della galleria in fase di esercizio come dettagliato nell'all. IV del Decreto.

#### 1.1.4 Protezione e controllo accessi

Devono essere previsti opportuni accorgimenti in corrispondenza degli accessi intermedi alle gallerie e in corrispondenza delle aree di pertinenza eventualmente presenti sia agli imbocchi che ai suddetti accessi intermedi (ad es. piazzali, viabilità, ecc.)

#### REQUISITO SODDISFATTO

Per i Fabbricati Sicurezza Pozzolo Nord e Pozzol Sud è prevista la realizzazione di un impianto antintrusione, controllo accessi, videosorveglianza e rilevamento intrusione.

Nel fabbricato Cabina TE è prevista la realizzazione di un impianto controllo accessi e rilevamento intrusione. Come da PD di AI non è previsto impianto TVCC.

E' prevista una sola telecamera per la sorveglianza gli imbocchi della galleria.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 92 di 301

Le telecamere TVCC agli imbocchi delle gallerie sono riportate al rispettivo sistema PCA, mediante collegamenti agli switch della rete dati di galleria più vicini.

Per le uscite di sicurezza si prevede impianto antintrusione per monitorare lo stato delle porte di uscita.

Non sono previste telecamere TVCC.

Le centraline AN sono riportate al sistema PCA della galleria, mediante collegamenti agli switch della rete dati di galleria presenti alle uscite.

#### 1.1.5 Ispezione regolare dello stato della galleria

Devono essere previste visite ispettive delle gallerie e dei relativi impianti ferroviari nonché delle predisposizioni di sicurezza eventualmente previste all'esterno (strade, locali tecnici, ecc.). Tali visite ispettive andranno effettuate a cadenze prestabilite, secondo le modalità di cui all'art. 5 comma 3 del Decreto.

#### REQUISITO DI COMPETENZA DEL GESTORE

Il requisito sarà soddisfatto al momento dell'attivazione dal Gestore dell'Infrastruttura, il quale dovrà elaborare un Piano di Manutenzione contenente le procedure delle ispezioni periodiche e garantire sotto la propria responsabilità che le stesse vengano effettuate ai sensi dell'art. 5 del DM 28/10/2005. Il Piano di Manutenzione dovrà essere incluso nella Documentazione di Sicurezza della galleria in fase di esercizio come dettagliato nell'all. IV del Decreto.

#### 1.1.6 Piano di manutenzione della galleria

Deve essere predisposto, a cura del Gestore dell'Infrastruttura, su proposta del Responsabile della galleria, in accordo con il Responsabile della Sicurezza, un Piano della Manutenzione nell'ambito del quale devono essere indicate le procedure per una corretta manutenzione della galleria.

#### REQUISITO DI COMPETENZA DEL GESTORE

Il requisito sarà soddisfatto al momento dell'attivazione dal Gestore dell'Infrastruttura. Il Piano di Manutenzione dovrà essere incluso nella Documentazione di Sicurezza della galleria in fase di esercizio come dettagliato nell'all. IV del Decreto, e dovrà considerare sia gli impianti che la struttura.

### **1.2 Mitigazione delle conseguenze di incidenti**

#### 1.2.1 Resistenza e reazione al fuoco

Per le gallerie di lunghezza superiore a 2000 m, le strutture delle opere in sotterraneo dovranno avere le caratteristiche di resistenza al fuoco non inferiore a R 120, da valutare con la curva di incendio (UNI 11076).

I materiali impiegati per le strutture devono essere di classe di reazione al fuoco 0.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC	Foglio 93 di 301

I materiali in vista, con esposizione diretta al fuoco, devono avere classe di reazione al fuoco non superiore a 1 ed in ragione massima del 30% della superficie totale delle pareti della galleria. Per la restante parte deve essere impiegato materiale di classe 0.

Tutti i materiali costituenti apparecchiature e impianti con esposizione diretta al fuoco devono avere classe di reazione al fuoco non superiore a 2.

#### REQUISITO SODDISFATTO ANCHE SE NON RICHIESTO\*

Nel progetto definitivo di base sono state verificate le seguenti non conformità:

- uscite di sicurezza compartimentate REI 60;
- locali centrali antincendio (con i relativi serbatoi), e i locali delle nicchie tecnologiche sono realizzati con porte e compartimentazioni REI 60.

\*Nell'ambito del nuovo progetto sono state eseguite le verifiche al fuoco delle strutture secondo la norma UNI ENV 1992-1-2. Sono necessari ulteriori approfondimenti in tema di resistenza al fuoco delle strutture, in accordo sia al DM 28/10/2005 sia alle STI, relativamente ai criteri di valutazione (curve di incendio, criteri di resistenza) ed all'integrità strutturale in caso di incendi di elevata magnitudo e ridotti tempi di crescita (fenomeno dello spalling).

#### 1.2.2 Affidabilità delle installazioni elettriche (resistenza ed autonomia)

I componenti elettrici destinati all'alimentazione dei vari impianti di emergenza (luce e forza motrice) devono risultare protetti da guasti e per quanto possibile da danni conseguenti ad eventi accidentali.

Gli impianti di alimentazione elettrica a servizio dei dispositivi di emergenza devono, inoltre, prevedere opportune configurazioni o ridondanze tali da garantire, in caso di guasto singolo, la sola perdita di brevi tratti di impianto in galleria, comunque non superiori a 500 m.

#### REQUISITO SODDISFATTO

La distribuzione principale dei sistemi LFM in galleria è prevista, a partire dai piazzali esterni, per mezzo di tubazioni annegate nel calcestruzzo, costituente il marciapiede di evacuazione di ogni canna.

La collocazione degli impianti di emergenza garantisce:

- resistenza al fuoco all'interno delle gallerie
- adeguata protezione meccanica da urti derivanti da eventuali incidenti (svii, etc.)
- protezione meccanica ed elettrica da possibili contatti con linee elettriche in caso di rottura di queste ultime.

Le tubazioni saranno interrotte, da opportuni pozzetti di ispezione e chiusino atti a garantire una resistenza al fuoco pari ad almeno REI 120.

Gli impianti di alimentazione elettrica a servizio dei dispositivi di emergenza hanno configurazioni e ridondanza tali da garantire in caso di guasto singolo la sola perdita di un tratto di impianto di galleria non superiore a 500 m. Infatti i quadri di tratta sono ubicati in galleria con passo 250 m e per ciascuno dei due binari. A tali quadri è demandata

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>Codifica Documento</p> <p>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</p>	<p>Foglio</p> <p>94 di 301</p>

l'alimentazione delle utenze nell'ambito di un tratto di galleria pari al passo (250 m), al fine di limitare il fuori servizio in caso di guasto.

Nel caso di perdita di una cabina a 15kV, quella adiacente va in soccorso alimentando le utenze che la cabina guasta stava alimentando. Le dorsali potranno essere alimentate alternativamente da una soltanto delle due cabine 15 kV poste a monte ed a valle della galleria.

### 1.2.3 Impianto idrico antincendio

Deve essere realizzato, all'interno delle gallerie di lunghezza superiore a 2000 m, un impianto idrico antincendio, con attacchi UNI 45 posizionati ogni 125 m, e corredati da cassetta UNI 45 al fine di contrastare l'eventuale sviluppo di incendi e di fumi.

L'impianto deve essere collegato ad un idoneo sistema di alimentazione che garantisca il funzionamento contemporaneo di 4 attacchi per almeno 60', assicurando una portata di 120 l/m a 2 bar per l'idrante posto nelle condizioni più sfavorevoli per altimetria e distanza. L'impianto può essere a secco o in pressione. In quest'ultimo caso la rete idrica, all'interno della galleria ferroviaria, dovrà essere adeguatamente protetta.

### REQUISITO NON RICHIESTO

In prossimità degli imbocchi sono previsti fabbricati tecnologici, mentre in corrispondenza dell'imbocco lato Genova si prevede una fonte di approvvigionamento idrico in grado di fornire l'erogazione idrica prevista dalle STI. La riserva idrica sarà assicurata dalle autobotti dei VVF e dai corsi d'acqua nei pressi, garantendo 800 l/min per 2 ore, come previsto delle STI.

## **1.3 Facilitazione dell'esodo**

### 1.3.1 Marciapiede

Lungo le gallerie devono essere realizzati marciapiedi per assicurare un rapido e sicuro esodo delle persone.

Nelle gallerie a doppio binario detti marciapiedi saranno previsti su entrambi i lati della galleria, mentre nelle gallerie a singolo binario potranno essere realizzati da un solo lato.

Per le gallerie di lunghezza superiore a 2000 m la larghezza dei marciapiedi non deve essere inferiore a 90 cm singolarmente, per le gallerie in progettazione, o complessivamente, per le gallerie in esercizio o costruzione, tenendo conto di camminamenti funzionalmente equivalenti, percorribili in assenza di circolazione ferroviaria, o anche con l'impiego di armamento senza ballast.

Per le gallerie di lunghezza inferiore tale larghezza non potrà in ogni caso essere minore di 50 cm.

### REQUISITO SODDISFATTO

I marciapiedi lungo la sezione corrente sono di larghezza 120 cm. E' quindi rispettato il minimo di 90 cm stabilito dal Decreto.

### 1.3.2 Corrimano

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>Codifica Documento</p> <p>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</p>	<p>Foglio</p> <p>95 di 301</p>

Per le gallerie di lunghezza superiore a 2000 m, in corrispondenza dei marciapiedi, deve essere realizzato un apposito corrimano.

#### REQUISITO SODDISFATTO ANCHE SE NON RICHIESTO

Lo scopo di applicazione del corrimano è quello di migliorare la sicurezza lungo le vie di fuga, garantendo anche la loro identificazione. E' presente, in progetto di adeguamento, un corrimano in corrispondenza dei marciapiedi ad 1m di altezza. Tale corrimano non era presente nel progetto definitivo.

#### 1.3.3 Segnaletica di emergenza

Al fine di favorire l'autosoccorso, per agevolare l'esodo e per consentire l'individuazione delle predisposizioni di emergenza presenti nella galleria, devono essere previsti appositi cartelli tali da fornire informazioni visive di immediata e chiara interpretazione.

In particolare devono essere posizionati lungo la galleria, almeno ogni 100 m, cartelli di tipo riflettente o luminescente che indichino la distanza e la direzione delle uscite più vicine.

I cartelli devono essere resi visibili attraverso una opportuna illuminazione.

#### REQUISITO SODDISFATTO

E' prevista la collocazione in galleria di cartelli segnalatori per favorire l'autosoccorso e per consentire l'individuazione delle predisposizioni di sicurezza.

In particolare sono previsti cartelli "per l'esodo" che indicano la distanza e la direzione dell'uscita più vicina. Tali cartelli, posizionati in galleria e nei percorsi di evacuazione, lungo un solo lato con passo di circa 50 m, hanno lo scopo di agevolare l'evacuazione delle persone in caso di emergenza (incidente e/o incendio).

Tutti i cartelli, non luminosi, saranno correttamente illuminati dall'impianto di illuminazione di riferimento e/o di emergenza e saranno del tipo fotoluminescente ovvero dotati di pellicola che consenta la visibilità dello stesso sia in condizioni normali di illuminazione come in condizioni oscurità.

In progetto definitivo il passo dei cartelli era circa 100 m, non conforme alle STI.

#### 1.3.4 Illuminazione di emergenza nella galleria

Deve essere previsto un impianto di illuminazione in galleria che garantisca lungo i percorsi di esodo un livello di illuminazione non inferiore a 5 lux medi a 1.0 m dal piano di calpestio e comunque assicurando 1 lux minimo.

#### REQUISITO SODDISFATTO

Verrà ottenuta tramite apparecchi illuminanti per lampade compatte. I corpi illuminanti per i marciapiedi saranno ubicati sul piedritto della galleria ad una altezza di circa 2,5 m dal piano di calpestio con un interasse uguale o inferiore a 12.5 m.

Una tale disposizione garantirà un livello di illuminazione non inferiore a 5 lux medi, a 1.0 m dal piano di calpestio e comunque assicurando 1 lux minimo.

L'impianto è non era previsto nel progetto di base.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 96 di 301

### 1.3.5 Uscite/accessi

Per garantire l'esodo delle persone dovranno essere presenti idonee vie di uscita/accessi secondo le indicazioni seguenti:

Gallerie a singola canna: finestre di accesso carrabili, ogni 4 km circa.

Gallerie a doppia canna: collegamenti tra le canne almeno ogni 500 m.

In aree urbanizzate ove le condizioni locali e morfologiche lo consentano, potranno essere previsti in alternativa accessi non carrabili ogni 2 km circa.

#### REQUISITO SODDISFATTO

Il progetto della galleria Pozzolo prevede due uscite di sicurezza, riservate soltanto all'esodo dei passeggeri.

Le progressive di ubicazione delle uscite di sicurezza sono riportate nella successiva tabella:

pk Binario Pari	pk Binario Dispari
41+785	41+785

### 1.3.6 Realizzazione uscite / accessi

Gli accessi intermedi (finestre, pozzi, ...) devono essere realizzati in modo tale da poter essere utilizzati sia come vie di esodo dei passeggeri sia come vie di accesso per i mezzi (se carrabili) e le squadre di soccorso.

Per rendere possibile l'esodo delle persone, gli accessi intermedi andranno opportunamente protetti e illuminati mantenendoli sicuri e fruibili anche in ordine alla eventuale presenza di fumi nella galleria ferroviaria.

Nell'ambito di tali accessi intermedi, deve essere individuato, e opportunamente segnalato, un percorso pedonale di larghezza utile pari a 120 cm, riducibile eccezionalmente a 90 cm.

#### REQUISITO SODDISFATTO\*\*

\*\*Non sono previsti accessi intermedi alle squadre di soccorso.

### 1.3.7 Sistemi di controllo fumi nelle vie di esodo

Deve essere prevista la messa in sovrappressione o la compartimentazione dei collegamenti tra una galleria ferroviaria ed un'altra, in caso di sezione a doppia canna o tra la galleria ferroviaria ed una galleria di servizio a questa parallela o tra la galleria ferroviaria e le uscite/accessi, per evitare che in presenza di un incendio si abbia propagazione di fumi.

#### REQUISITO SODDISFATTO

Il requisito è rispettato in quanto è prevista la messa in sovrappressione e la compartimentazione delle uscite di sicurezza onde evitare che in presenza di incendio nella galleria ferroviaria si abbia propagazione di fumi nelle vie di esodo.



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 97 di 301

### 1.3.8 Impianto telefonico di emergenza (viva/voce) e di diffusione sonora

Deve essere previsto un impianto di telefonia di emergenza/diffusione sonora al fine di consentire, durante un'eventuale emergenza, le comunicazioni dall'interno della galleria tra il personale di bordo o i viaggiatori e il centro di controllo nonché impartire le necessarie disposizioni al pubblico in caso di necessità da parte del personale ferroviario ovvero delle squadre di soccorso.

#### REQUISITO SODDISFATTO

Rispetto al progetto definitivo l'impianto sarà conformità alla seguente normativa:

- RFI TCTS ST TL 05 003 B "Impianti di telecomunicazioni per la sicurezza nelle gallerie ferroviarie" che descrive l'architettura da adottarsi per la realizzazione del sistema telefonico di emergenza ed il back bone per la veicolazione dei dati (controllo/diagnostica) di tutti gli impianti

L'impianto di telefonia di emergenza e diffusione sonora renderà disponibile sia al pubblico che al personale dell'Ente Gestore il collegamento telefonico tra postazioni telefoniche "viva-voce" distribuite lungo la galleria.

Inoltre, potranno essere irradiate comunicazioni di emergenza dirette ai viaggiatori e/o comunicazioni di servizio per il personale dell'Ente Gestore, per mezzo di appositi apparati di diffusione sonora, distribuiti anch'essi lungo la galleria.

In caso di emergenze o di anomalie che si verificassero durante l'esercizio ferroviario, il sistema permetterà di comunicare ai viaggiatori le istruzioni necessarie all'evacuazione della galleria e fornire le indicazioni necessarie a supportare e facilitare le eventuali operazioni di soccorso.

### **1.4 Facilitazione del soccorso**

#### 1.4.1 Piazzale di emergenza

Per le gallerie di lunghezza superiore a 5000 m, deve essere previsto almeno un piazzale di emergenza, posizionato in prossimità degli imbocchi, che deve costituire uno spazio adeguato per la sosta degli automezzi di soccorso e per l'impiego delle attrezzature necessarie all'emergenza.

Dal piazzale di emergenza deve essere possibile accedere alla sede ferroviaria attraverso la realizzazione di un piano a raso che consenta il posizionamento del mezzo bimodale sul binario e l'attraversamento dei binari da parte di mezzi gommati.

La superficie del piazzale deve essere almeno pari a 500 mq, riducibile a 300 mq per le gallerie in costruzione e in esercizio.

Il piazzale deve risultare opportunamente collegato con la viabilità stradale ordinaria di zona.

Dovrà essere dotato di illuminazione.

**REQUISITO SODDISFATTO ANCHE SE NON RICHIESTO**

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>Codifica Documento</p> <p>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</p>	<p>Foglio</p> <p>98 di</p> <p>301</p>

Previsto piazzale di ricovero in corrispondenza delle uscite di sicurezza, collegato ad una strada di collegamento delle uscite di sicurezza alla viabilità (strada statale) di lunghezza di circa 600 m ed avente le dimensioni di 500 mq

#### 1.4.2 Area di triage

Per le gallerie di lunghezza superiore a 5000 m, deve essere individuata in prossimità della galleria almeno un'area destinata al primo soccorso ed allo smistamento delle persone coinvolte in un eventuale incidente, che potrà essere utilizzata anche per diversi scopi a condizione che risulti sempre sgombra da attrezzature (campo sportivo, area picnic, ecc).

REQUISITO NON RICHIESTO

#### 1.4.3 Piazzole per l'elisoccorso

Per le gallerie, di lunghezza superiore a 5.000 m deve essere prevista una elisuperficie, in prossimità dei piazzali di emergenza.

REQUISITO NON RICHIESTO

#### 1.4.4 Strade di accesso

Per le gallerie in cui non sia previsto il piazzale di emergenza, dovrà essere previsto un collegamento viario percorribile da mezzi di soccorso tra almeno uno dei due imbocchi (o degli accessi/uscite intermedi, se presenti) e la viabilità stradale ordinaria di zona.

REQUISITO SODDISFATTO

Il piazzale di ricovero in corrispondenza delle uscite di sicurezza risulta accessibile alla viabilità stradale ordinaria di zona.

#### 1.4.5 Impianto di radiopropagazione in galleria per le operazioni di soccorso

Devono essere consentite comunicazioni radio all'interno delle gallerie, al fine di assicurare i collegamenti delle squadre di soccorso tra l'esterno e l'interno della galleria.

REQUISITO SODDISFATTO

Rispetto al progetto definitivo l'impianto sarà conformità alla seguente normativa:

- RFI TCTS ST TL 05 003 B "Impianti di telecomunicazioni per la sicurezza nelle gallerie ferroviarie" che descrive l'architettura da adottarsi per la realizzazione del sistema telefonico di emergenza ed il back bone per la veicolazione dei dati (controllo/diagnostica) di tutti gli impianti
- RFI DMA IM OC SP IFS 002 A "Sistemi di supervisione degli impianti di sicurezza delle gallerie ferroviarie", che prevede una specifica architettura dell'infrastruttura TLC a servizio degli impianti preposti alla gestione dell'emergenza in galleria.

Il sistema GSM-R costituirà il supporto trasmissivo di tutte le comunicazioni ferroviarie di servizio di tipo fonia. Sarà realizzata la ridondanza di copertura radio. L'impianto GSM-R sarà omogeneo con quello delle altre tratte adiacenti e per metterà la comunicazione radio tra il personale a bordo dei treni e il centro di controllo e consentire i collegamenti delle squadre di soccorso tra l'esterno e l'interno della galleria.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC	Foglio 99 di 301

Inoltre è prevista una rete di radiopropagazione in grado di garantire la copertura GSM all'interno delle gallerie ferroviarie. La prevista rete GSM garantirà le comunicazioni con il normale servizio di telefonia cellulare, dei principali gestori del servizio pubblico, all'interno delle gallerie, sia nei confronti dei viaggiatori che per le eventuali squadre di soccorso in caso di incidente.

#### 1.4.6 Disponibilità di energia elettrica per le squadre di soccorso

Per gallerie di lunghezza superiore a 2.000 m, deve essere prevista la possibilità di alimentare in galleria almeno ogni 500 m apparati elettrici in uso alle squadre di soccorso, in modo sicuro e affidabile.

#### REQUISITO SODDISFATTO ANCHE SE NON RICHIESTO

Presso ogni nicchione ed ogni uscita di sicurezza, ad interdistanza di 250m, si è previsto un quadro di soccorso che alimenta le apparecchiature in uso dalle squadre di soccorso.

In caso di perdita dell'alimentazione di una cabina, quella adiacente va in soccorso alimentando le utenze che la cabina guasta stava alimentando (tra le quali il quadro di soccorso).

In progetto definitivo i quadri prese per le squadre di soccorso erano previsti ogni 500 m circa.

#### 1.4.7 Postazioni di controllo

Per gallerie di lunghezza superiore a 5.000 m deve essere prevista una postazione per il comando, il controllo, la diagnostica e manutenzione delle predisposizioni di sicurezza.

Dalla postazione di controllo sono gestiti gli impianti sia durante le normali fasi di esercizio, sia in presenza di una emergenza. Una postazione di controllo può gestire più gallerie.

#### REQUISITO SODDISFATTO ANCHE SE NON RICHIESTO

Il Posto Centrale di Genova Teglia soprassiede alla gestione dell'intera tratta Milano-Genova.

Postazioni PGEP per la gestione periferica delle emergenza della galleria Pozzolo sono presenti nei seguenti fabbricati:

- Fabbricato Tecnologico Pozzolo Sud (PGEP primario Galleria Pozzolo);
- Fabbricato Tecnologico Pozzolo Nord (PGEP secondario Galleria Pozzolo).

#### 1.4.8 Sezionamento linea di contatto

Per gallerie di lunghezza superiore a 5.000 m devono essere previsti dei sezionamenti della linea di contatto opportunamente ubicati allo scopo di consentire la mobilità di treni accodati o precedenti quelli incidentati o semplicemente posti sotto una tratta di linea di contatto interessata da un corto circuito.

#### REQUISITO SODDISFATTO ANCHE SE NON RICHIESTO

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 100 di 301

Il requisito richiesto dal D.M. è rispettato in quanto la linea di contatto è opportunamente sezionata allo scopo di consentire la mobilità di treni accodati o precedenti quelli incidentati o ricadenti in una tratta di linea di contatto interessata da corto circuito.

I sezionamenti sono realizzati mediante Dispositivi di Sezionamento di Linea (IMS) agli imbocchi della galleria, atti ad interrompere, alla tensione nominale, la corrente nominale del proprio circuito TE, realizzando al termine della manovra di apertura il sezionamento elettrico. Tali dispositivi devono essere in grado di chiudere la massima corrente di corto circuito dell'impianto in cui sono installati.

Con la specifica RFIDTCDNSEESPIFS177A "Sezionamento della linea di contatto e messa a terra di sicurezza per gallerie ferroviarie (DM28.10.2005)" RFI ha disciplinato le modalità di messa a terra della LC per soddisfare i requisiti 4.2.3.1 e 4.2.3.2 della STI "Sicurezza in Galleria" ed i requisiti minimi 1.4.8 e 1.4.9 del DM 28.10.2005, per cui il sistema messa a terra della linea di contatto nel progetto di variante, è stato progettato per recepire la nuova normativa.

I sezionamenti della linea di contatto per la messa a terra di sicurezza della galleria Pozzolo sono di seguito elencati:

- progressiva 37+780 Pozzolo (sezionamenti all'aperto);
- progressiva 44+000 Pozzolo (sezionamenti all'aperto).

#### 1.4.9 Sistema di interruzione e messa a terra della linea di contatto

Deve essere installato un sistema che, in presenza di un incidente in galleria, consente la disalimentazione della linea di contatto e la relativa messa a terra di sicurezza, mediante dispositivi posizionati in prossimità degli imbocchi di accesso.

#### REQUISITO SODDISFATTO

La disalimentazione della linea di contatto e la relativa messa a terra di sicurezza sono realizzati mediante Dispositivi di Messa a Terra (MAT) posizionati agli imbocchi della galleria, atti a collegare la Linea di Contatto al Potenziale di Terra, tramite collegamento alla rotaia. Questi dispositivi devono essere in grado di chiudere la massima corrente di corto circuito dell'impianto in cui sono installati.

## **2 Materiale rotabile**

Il requisiti relativi al materiale rotabile, di seguito riportati, saranno soddisfatti dall'impresa ferroviaria ai sensi dell'art. 3 comma 7 e 8 DM 28/10/2005.

### **2.1 Prevenzione e mitigazione incidenti**

#### 2.1.1 Misure di protezione dal fuoco

#### 2.1.2 Rilevatori incendi a bordo

#### 2.1.3 Dispositivi manuali di allarme

#### 2.1.5 Mantenimento della capacità di movimento

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>Codifica Documento</p> <p>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</p>	<p>Foglio</p> <p>101 di</p> <p>301</p>

### 2.1.6 Estintori portatili a bordo

### 2.1.7 Impianti fissi di estinzione

### 2.1.8 Comando centralizzato spegnimento aria condizionata

### 2.1.9 Illuminazione di emergenza

### 2.1.10 Equipaggiamento di primo soccorso a bordo

## **2.2 Facilitazione dell'esodo**

### 2.2.1 Dimensionamento per l'esodo

## **3 PROCEDURE OPERATIVE**

### **3.1 Prevenzione e mitigazione incidenti**

#### 3.1.1 Arresto per emergenza

In presenza di un'emergenza con incendio a bordo in una galleria, i treni, compatibilmente con il sistema di distanziamento per essi previsto, verranno arrestati all'esterno della galleria, o nel caso di gallerie di rilevante lunghezza, in punti opportunamente individuati per favorire l'eventuale esodo. In presenza di un'emergenza i treni eventualmente presenti sulla linea dovranno essere arrestati prima del loro ingresso nella galleria stessa e i treni presenti fatti uscire eventualmente riducendo opportunamente la velocità. I treni accodati a quello incidentato devono essere fermati il prima possibile.

#### REQUISITO SODDISFATTO

E' presente un sistema di arresto del treno in emergenza.

Nella tratta si individua come sito per consentire l'arresto di un treno in emergenza, l'area di sicurezza Esterna di Arquata Libarna.

## **3.2 Facilitazione dell'esodo**

### 3.2.1 Formazione del personale

Il personale del Gestore dell'Infrastruttura e delle imprese ferroviarie deve essere opportunamente addestrato con continuità ed in base alle proprie funzioni e responsabilità in modo tale da essere in grado di operare e gestire eventuali emergenze.

#### REQUISITO DI COMPETENZA DEL GESTORE

Il requisito sarà soddisfatto al momento dell'attivazione dal Gestore dell'Infrastruttura. Il programma di formazione per il personale dovrà essere parte integrante del fascicolo di sicurezza incluso nella Documentazione di Sicurezza della galleria in fase di esercizio come dettagliato nell'all. IV del Decreto.

### 3.2.2 Informazioni di sicurezza e istruzioni sul comportamento in caso di emergenza

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 102 di 301

Devono essere fornite ai passeggeri opportune informazioni sulle dotazioni di sicurezza disponibili. Devono essere impartite specifiche istruzioni circa il comportamento da tenere in caso di emergenza in galleria.

### REQUISITO DI COMPETENZA DEL GESTORE

Il requisito sarà soddisfatto al momento dell'attivazione dal Gestore dell'Infrastruttura. L'elenco delle istruzioni specifiche di sicurezza dovrà essere parte integrante del fascicolo di sicurezza incluso nella Documentazione di Sicurezza della galleria in fase di esercizio come dettagliato nell'all. IV del Decreto.

## 3.3 Facilitazione del soccorso

### 3.3.1 Piani di emergenza e soccorso

Le autorità locali competenti devono approntare congiuntamente un piano di emergenza sulla scorta degli scenari incidentali ipotizzati che tenga conto delle indicazioni generali e specifiche al fine di definire, per i vari scenari, compiti e responsabilità dei vari enti coinvolti nelle operazioni di soccorso. Il piano di emergenza deve essere proposto fin dalla fase di progettazione.

### REQUISITO DI COMPETENZA DEL GESTORE CON IL COINVOLGIMENTO DELLE AUTORITA' PREPOSTE

Il requisito sarà soddisfatto al momento dell'attivazione dal Gestore dell'Infrastruttura. L'elenco delle istruzioni specifiche di sicurezza dovrà essere parte integrante del fascicolo di sicurezza incluso nella Documentazione di Sicurezza della galleria in fase di esercizio come dettagliato nell'all. IV del Decreto.

### 3.3.2 Esercitazione periodiche con le squadre di soccorso

Per le gallerie di lunghezza superiore a 5000m, devono essere svolte esercitazioni congiunte tra il personale ferroviario ed il personale delle squadre di soccorso al fine di assicurare un opportuno addestramento alla collaborazione, alla comunicazione e al coordinamento durante una eventuale emergenza. Le esercitazioni devono inoltre aumentare l'efficienza del soccorso e ridurre i tempi di intervento.

### REQUISITO NON RICHiesto DI COMPETENZA DEL GESTORE CON IL COINVOLGIMENTO DELLE AUTORITA' PREPOSTE

Il requisito sarà soddisfatto al momento dell'attivazione dal Gestore dell'Infrastruttura con il coinvolgimento delle autorità competenti. La Documentazione di Sicurezza della galleria in fase di esercizio, come dettagliato nell'all. IV del Decreto, dovrà includere un Piano di Emergenza contenente il programma delle esercitazioni di soccorso, corredato di registro per l'annotazione delle esercitazioni svolte e predisposto per l'analisi sui ritorni di esperienza.

### 3.3.3 Mezzi di soccorso (mezzo bimodale)

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>Codifica Documento</p> <p>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</p>	<p>Foglio</p> <p>103 di 301</p>

Per l'accesso delle squadre di soccorso in gallerie di lunghezza superiore a 5000 m dovrà essere previsto un mezzo speciale che, affidato in dotazione ai distaccamenti VV.F., competenti per il territorio in cui è situata la galleria, presenti caratteristiche tali da poter circolare sia su strada che su ferrovia passando da una modalità all'altra con il solo ausilio di un breve tratto di linea ferroviaria reso carrabile.

#### REQUISITO NON RICHiesto DI COMPETENZA DEL GESTORE CON IL COINVOLGIMENTO DELLE AUTORITA' PREPOSTE

Il requisito sarà soddisfatto al momento dell'attivazione dal Gestore dell'Infrastruttura con il coinvolgimento delle autorità competenti.

#### 3.3.4 Informazioni sul trasporto di merci pericolose

Le informazioni sulle merci pericolose devono essere rese disponibili al personale di macchina ed alle squadre di soccorso chiamate ad intervenire in un'emergenza. Le informazioni devono essere complete e accurate nonché contenere le necessarie indicazioni sulle misure di prevenzione e protezione che le squadre di soccorso dovranno prendere nell'intervento.

#### REQUISITO DI COMPETENZA DEL GESTORE

Il requisito sarà soddisfatto al momento dell'attivazione dal Gestore dell'Infrastruttura. Si suggerisce la gestione del traffico delle merci pericolose negli orari di chiusura delle stazioni.

#### 3.3.5 Disponibilità attrezzature di soccorso

Per le gallerie di lunghezza superiore a 3000m, devono essere disposte lungo la galleria, almeno in postazioni ogni 500m, attrezzature d'emergenza a disposizione delle squadre di soccorso e/o dei passeggeri.

#### REQUISITO NON RICHiesto SODDISFATTO

L'impianto sarà conforme alla specifica LF610 di RFI.

Presso ogni nicchione ed ogni uscita di sicurezza (interdistanza di 250m) si è previsto un armadio contenente l'attrezzatura di emergenza per le squadre di soccorso con treppiede, proiettore, avvolgicavo oltre un quadretto prese industriali.

Ad ogni uscita di sicurezza (interdistanza di 500m) si è previsto un armadio dispositivi di protezione per i viaggiatori contenente dispositivi di protezione come mascherine antifumo, etc.

### **5.10 Requisiti integrativi**

Per la galleria Pozzolo sono previsti inoltre dei requisiti di sicurezza che ai sensi del DM del 28/10/2005 risultano essere requisiti integrativi.

## **1 INFRASTRUTTURA**

### **1.1 Prevenzione incidenti**

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>Codifica Documento</p> <p>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</p>	<p>Foglio</p> <p>104 di 301</p>

### 1.1.1 Monitoraggio della velocità/sistema di segnalamento

Il sistema di Segnalamento presente sulla linea soddisfa i requisiti richiesti, in quanto impedisce da parte del treno il superamento dei segnali a via impedita ad eccessiva velocità. Per quanto riguarda invece l'arresto dei treni in galleria, vista la tipologia di linea in massima parte in galleria, il sistema fa fermare il convoglio in punti prestabiliti individuati per favorire l'esodo dei viaggiatori ed il raggiungimento del treno da parte delle squadre di soccorso.

Il sistema di segnalamento permette una riduzione di un fattore della probabilità di accadimento di eventi di deragliamento e collisione entrambe legati alla velocità di percorrenza.

### 1.1.2 Individuazione del treno (conta assi, circuito binario)

Il sistema di segnalamento e di distanziamento prevede apparati di sicurezza statici e sistema di distanziamento ERTMS Livello 2.

Il Livello 2 è un livello ERTMS/ETCS che utilizza la radio per inviare un'autorizzazione al movimento al treno e che usa sistemi/dispositivi convenzionali per avere informazioni sulla presenza di un treno in linea.

Il sistema di segnalamento permette una riduzione di un fattore della probabilità di accadimento di eventi di deragliamento e collisione entrambe legati alla velocità di percorrenza.

### 1.1.3 Impianti fissi per il controllo dello stato del treno

E' previsto l'impianto di Rilevamento della Temperatura delle Boccole (RTB).

Il sistema RTB aumenta il livello di sicurezza riducendo il permette una riduzione di un fattore della probabilità di accadimento di eventi di deragliamento del sistema galleria, dato che gli assi surriscaldati ed i freni bloccati sono le cause principali di situazioni immediatamente pericolose per la sicurezza di marcia. Un surriscaldamento può provocare la rottura del cuscinetto e causare quindi un deragliamento.

## **1.2 Mitigazione conseguenze incidenti**

### 1.2.1. Requisiti di resistenza e reazioni al fuoco (cavi elettrici)

La distribuzione principale dei sistemi LFM in galleria è prevista per mezzo di tubazioni annegate nel calcestruzzo, costituente il marciapiede di evacuazione di ogni canna, quindi in sede protetta.

La distribuzione secondaria viene realizzata per mezzo di tubazioni metalliche in acciaio, ove verranno posti cavi isolati con guaine non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di fumi, gas tossici e corrosivi a servizio delle varie utenze di galleria.

La posa dei cavi in sede protetta e l'uso di cavi non propaganti l'incendio e cavi resistenti alla fuoco ritardano lo sviluppo dell'incendi che coinvolgono cavi del sistema LFM, di conseguenza l'affidabilità dei sistemi di sicurezza è incrementata riducendo la probabilità di malfunzionamento dei sistemi di sicurezza alimentati da rete elettrica.



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>Codifica Documento</p> <p>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</p>	<p>Foglio</p> <p>105 di 301</p>

#### 1.2.4. Rivelazione di incendio, fumo e gas nei locali tecnici

Si prevede la realizzazione di impianti di rivelazione incendio distribuiti nei locali tecnici sensibili allo scopo di segnalarne tempestivamente l'insorgenza, su postazioni di controllo locali/remote.

Il sistema di rivelazione avrà i seguenti principali elementi:

- rivelatori puntuali di fumo/incendio di tipo indirizzato;
- pulsanti d'allarme di tipo indirizzato;
- dispositivi di segnalazione ottico – acustica all'esterno;
- centrali rivelazione incendi a servizio esclusivo dei locali di cabina;
- centrali rivelazione incendi a servizio dei locali tecnici in galleria.

La rilevazione precoce di eventuali situazione di pericolo riduce i tempi di intervento da parte dei servizi di soccorso.

#### 1.2.5. Sistemi di controllo a distanza TVCC

Si prevede la realizzazione di impianti TVCC per la videosorveglianza degli imbocchi delle gallerie controllabili dal PCS di Genova.

I sistemi consentono di individuare tempestivamente e gestire situazioni di pericolo sia in condizioni di pericolo che di emergenza incrementando l'efficacia della rilevazione e delle comunicazioni.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>
	Foglio 106 di 301

### 5.11 Tabella riepilogativa dei requisiti minimi ed integrativi

RISPONDENZA DELLE GALLERIE DEL III VALICO AL DM DEL 28/10/05		GALLERIA	POZZOLO
		BINARIO	BINARIO DISPARI
Paragrafo	Requisito	L > di	(L=1984m) Da km 40+794 a km 42+778
<b>REQUISITI MINIMI</b>			
	<b>1. INFRASTRUTTURA</b>		
	<b>1.1 Prevenzione incidenti</b>		
1.1.1 Sistema di radiocomunicazione	Deve essere previsto un sistema che consenta la comunicazione radio tra il personale a bordo dei treni e tra questo e il centro di controllo.	1000	<b>Requisito soddisfatto</b>
1.1.2 Limitazione deviatoli in galleria	Per le gallerie deve essere limitato per quanto possibile il posizionamento di deviatoli in galleria. Eventuali deviatoli sui binari di corsa dovranno essere preferibilmente a cuore mobile.	500	<b>Requisito soddisfatto</b>
1.1.3 Controllo sistematico dello stato del binario	Devono essere previsti controlli dello stato del binario nella galleria al fine di rilevare il mantenimento della geometria, le condizioni di usura e la stabilità, individuando tempestivamente le eventuali necessità di intervento, secondo le modalità di cui all'art. 6 comma 3 del Decreto.	500	<b>Requisito di competenza del Gestore</b>
1.1.4 Protezione e controllo accessi	Devono essere previsti opportuni accorgimenti in corrispondenza degli accessi intermedi alle gallerie e in corrispondenza delle aree di pertinenza eventualmente presenti sia agli imbocchi che ai suddetti accessi intermedi (ad es. piazzali, viabilità, ecc.)	1000	<b>Requisito soddisfatto</b>
1.1.5 Ispezione regolare dello stato della galleria	Devono essere previste visite ispettive delle gallerie e dei relativi impianti ferroviari nonché delle predisposizioni di sicurezza eventualmente previste all'esterno (strade, locali tecnici, ecc.).  Tali visite ispettive andranno effettuate a cadenze prestabilite, secondo le modalità di cui all'art. 5 comma 3 del Decreto.	500	<b>Requisito di competenza del Gestore</b>

1.1.6 Piano manutenzione galleria	Deve essere predisposto, a cura del Gestore dell'Infrastruttura, su proposta del Responsabile della galleria, in accordo con il Responsabile della Sicurezza, un Piano della Manutenzione nell'ambito del quale devono essere indicate le procedure per una corretta manutenzione della galleria.	500	<b>Requisito di competenza del Gestore</b>
<b>1.2 Mitigazione delle conseguenze di incidenti</b>			
1.2.1 Requisiti di resistenza e reazione al fuoco	<p>Per le gallerie di lunghezza superiore a 2000 m, le strutture delle opere in sotterraneo dovranno avere le caratteristiche di resistenza al fuoco non inferiore a R 120, da valutare con la curva di incendio (UNI 11076). I materiali impiegati per le strutture devono essere di classe di reazione al fuoco 0. I materiali in vista, con esposizione diretta al fuoco, devono avere classe di reazione al fuoco non superiore a 1 ed in ragione massima del 30% della superficie totale delle pareti della galleria. Per la restante parte deve essere impiegato materiale di classe 0.</p> <p>Tutti i materiali costituenti apparecchiature e impianti con esposizione diretta al fuoco devono avere classe di reazione al fuoco non superiore a 2.</p>	2000	<b>Requisito soddisfatto anche se non richiesto*</b>
1.2.2 Affidabilità delle installazioni elettriche (resistenza ed autonomia)	<p>I componenti elettrici a servizio dei vari impianti di emergenza (luce e forza motrice) devono risultare protetti da guasti e per quanto possibile da danni conseguenti ad eventi accidentali.</p> <p>Gli impianti di alimentazione elettrica a servizio dei dispositivi di emergenza devono inoltre prevedere opportune configurazioni o ridondanze tali da garantire, in caso di guasto singolo, la sola perdita di brevi tratti di impianto in galleria, comunque non superiori a 500 metri.</p>	1000	<b>Requisito soddisfatto</b>

1.2.3 Impianto idrico antincendio	Deve essere realizzato, all'interno delle gallerie di lunghezza superiore a 2000 m, un impianto idrico antincendio, con attacchi UNI 45 posizionati ogni 125 m, e corredati da cassetta UNI 45 al fine di contrastare l'eventuale sviluppo di incendi e di fumi.. L'impianto deve essere collegato a un idoneo sistema di alimentazione che garantisca il funzionamento contemporaneo di quattro attacchi per almeno 60 minuti, assicurando almeno una portata di 120 l/min a 2bar per l'idrante posto nelle condizioni più sfavorevoli per altimetria e distanza. L'impianto può essere a secco o in pressione. In quest'ultimo caso la rete idrica, all'interno della galleria ferroviaria, dovrà essere adeguatamente protetta.	2000	<b>Requisito non richiesto</b>
<b>1.3 Facilitazione dell'esodo</b>			
1.3.1 Marciapiede	<p>Lungo le gallerie devono essere realizzati marciapiedi per assicurare un rapido e sicuro esodo delle persone.</p> <p>Nelle gallerie a doppio binario detti marciapiedi saranno previsti su entrambi i lati della galleria.</p> <p>Nelle gallerie a singolo binario potranno essere realizzati da un solo lato.</p> <p>Per le gallerie di lunghezza superiore a 2000 m la larghezza del marciapiede non deve essere inferiore a 90 cm singolarmente, per le gallerie in progettazione, , o complessivamente, per le gallerie in esercizio o costruzione, tenendo conto di camminamenti funzionalmente equivalenti, percorribili in assenza di circolazione ferroviaria, o anche con l'impiego di armamento senza ballast. Per le gallerie di lunghezza inferiore tale larghezza non potrà in ogni caso essere minore di 50 cm.</p>	500	<b>Requisito soddisfatto</b>
1.3.2 Corrimano	Per le gallerie di lunghezza superiore a 2000 m, in corrispondenza dei marciapiedi, deve essere realizzato un apposito corrimano.	2000	<b>Requisito soddisfatto anche se non richiesto</b>
1.3.3 Segnaletica di emergenza	Al fine di favorire l'autosoccorso, per agevolare l'esodo e per consentire l'individuazione delle predisposizioni di emergenza presenti nella galleria, devono essere previsti appositi cartelli tali da fornire informazioni visive di immediata e chiara interpretazione.	500	<b>Requisito soddisfatto</b>

	<p>In particolare devono essere posizionati lungo la galleria, almeno ogni 100 m, cartelli di tipo riflettente o luminescente che indichino la distanza e la direzione delle uscite più vicine.</p> <p>I cartelli devono essere resi visibili attraverso una opportuna illuminazione.</p>		
1.3.4 Illuminazione di emergenza nella galleria	Deve essere previsto un impianto di illuminazione in galleria che garantisca un livello di illuminazione non inferiore a 5 lux medi a 1.0 m dal piano di calpestio e comunque assicurando 1 lux minimo.	500	<b>Requisito soddisfatto</b>
1.3.5 Uscite/accessi	<p>Per garantire l'esodo delle persone dovranno essere presenti idonee vie almeno secondo le indicazioni seguenti:</p> <p>Gallerie a singola canna: finestre di accesso carrabili, ogni 4 km circa. Gallerie a doppia canna: collegamenti tra le canne almeno ogni 500 m.</p> <p>In aree urbanizzate ove le condizioni locali e morfologiche lo consentano, potranno essere previsti in alternativa accessi non carrabili ogni 2 km circa.</p>	1000	<b>Requisito soddisfatto</b>
1.3.6 Realizzazione uscite/accessi	<p>Gli accessi intermedi (finestre, pozzi, ...) devono essere realizzati in modo tale da poter essere utilizzati sia come vie di esodo dei passeggeri sia come vie di accesso per i mezzi (se carrabili) e le squadre di soccorso.</p> <p>Per rendere possibile l'esodo delle persone, gli accessi intermedi andranno opportunamente protetti e illuminati mantenendoli sicuri e fruibili anche in ordine alla eventuale presenza di fumi nella galleria ferroviaria.</p> <p>Nell'ambito di tali accessi intermedi, deve essere individuato, e opportunamente segnalato, un percorso pedonale di larghezza utile pari a 120 cm, riducibile eccezionalmente a 90 cm.</p>	1000	<b>Requisito soddisfatto**</b>
1.3.7 Sistema di controllo fumi nelle vie di esodo	Deve essere prevista la messa in sovrappressione o la compartimentazione dei collegamenti tra una galleria ferroviaria ed un'altra, in caso di sezione a doppia canna o tra la galleria ferroviaria ed una galleria di servizio a questa parallela o tra la galleria ferroviaria e le uscite/accessi, per evitare che in presenza di un incendio si abbia propagazione di fumi.	1000	<b>Requisito soddisfatto</b>

1.3.8 Impianto telefonico di emergenza (viva/voce) e di diffusione sonora	Deve essere previsto un impianto di telefonia di emergenza/diffusione sonora al fine di consentire, durante un'eventuale emergenza, le comunicazioni dall'interno della galleria tra il personale di bordo o i viaggiatori e il centro di controllo nonché impartire le necessarie disposizioni al pubblico in caso di necessità da parte del personale ferroviario ovvero delle squadre di soccorso.	1000	<b>Requisito soddisfatto</b>
<b>1.4 Facilitazione del soccorso</b>			
1.4.1 Piazzale di emergenza	<p>Per le gallerie di lunghezza superiore a 5000 m, deve essere previsto almeno un piazzale di emergenza, posizionato in prossimità degli imbocchi, che deve costituire uno spazio adeguato per la sosta degli automezzi di soccorso e per l'impiego delle attrezzature necessarie all'emergenza.</p> <p>Dal piazzale di emergenza deve essere possibile accedere alla sede ferroviaria attraverso la realizzazione di un piano a raso che consenta il posizionamento del mezzo bimodale sul binario e l'attraversamento dei binari da parte di mezzi gommati.</p> <p>La superficie del piazzale deve essere almeno pari a 500 m<sup>2</sup> riducibile a 300 m<sup>2</sup> per le gallerie in costruzione e in esercizio.</p> <p>Il piazzale deve risultare opportunamente collegato con la viabilità stradale ordinaria di zona.</p> <p>Dovrà essere dotato di illuminazione.</p>	5000	<b>Requisito soddisfatto anche se non richiesto</b>
1.4.2 Area di triage	Per le gallerie di lunghezza superiore a 5000 m, deve essere individuata in prossimità della galleria almeno un'area destinata al primo soccorso ed allo smistamento delle persone coinvolte in un eventuale incidente, che potrà essere utilizzata anche per diversi scopi a condizione che risulti sempre sgombra da attrezzature (campo sportivo, area pic-nic, ecc).	5000	<b>Requisito non richiesto</b>
1.4.3 Piazzole per l'elisoccorso	Per le gallerie, di lunghezza superiore a 5.000 m deve essere prevista una elisuperficie, in prossimità dei piazzali di emergenza.	5000	<b>Requisito non richiesto</b>
1.4.4 Strade di accesso	Per le gallerie in cui non sia previsto il piazzale di emergenza, dovrà essere previsto un collegamento viario percorribile da mezzi di soccorso tra almeno uno dei due imbocchi (o degli accessi/uscite intermedi, se presenti) e la viabilità stradale ordinaria di zona.	1000	<b>Requisito soddisfatto</b>

1.4.5 Impianto di radiopropagazione in galleria per le operazioni di soccorso	Devono essere consentite comunicazioni radio all'interno delle gallerie, al fine di assicurare i collegamenti delle squadre di soccorso tra l'esterno e l'interno della galleria.	1000	<b>Requisito soddisfatto</b>
1.4.6 Disponibilità di energia elettrica per le squadre di soccorso	Per gallerie di lunghezza superiore a 2.000 m, deve essere prevista la possibilità di alimentare in galleria, almeno ogni 500 m, apparati elettrici in uso alle squadre di soccorso, in modo sicuro e affidabile.	2000	<b>Requisito soddisfatto anche se non richiesto</b>
1.4.7 Postazioni di controllo	Per gallerie di lunghezza superiore a 5.000 m deve essere prevista una postazione per il comando, il controllo, la diagnostica e manutenzione delle predisposizioni di sicurezza.  Dalla postazione di controllo sono gestiti gli impianti sia durante le normali fasi di esercizio, sia in presenza di una emergenza.  Una postazione di controllo può gestire più gallerie.	5000	<b>Requisito soddisfatto anche se non richiesto</b>
1.4.8 Sezionamento linea di contatto	Per gallerie di lunghezza superiore a 5.000 m devono essere previsti dei sezionamenti della linea di contatto opportunamente ubicati allo scopo di consentire la mobilità di treni accodati o precedenti quelli incidentati o semplicemente posti sotto una tratta di linea di contatto interessata da un corto circuito.	5000	<b>Requisito soddisfatto anche se non richiesto</b>
1.4.9 Sistema di interruzione e messa a terra della linea di contatto	Deve essere installato un sistema che, in presenza di un incidente in galleria, consente la disalimentazione della linea di contatto e la relativa messa a terra di sicurezza, mediante dispositivi posizionati in prossimità degli imbocchi di accesso.	1000	<b>Requisito soddisfatto</b>
<b>3. PROCEDURE OPERATIVE</b>			
<b>3.1 Prevenzione e mitigazione incidenti</b>			
3.1.1 Arresto per emergenza	In presenza di un'emergenza con incendio a bordo in una galleria, i treni, compatibilmente con il sistema di distanziamento per essi previsto, verranno arrestati all'esterno della galleria, o nel caso di gallerie di rilevante lunghezza, in punti opportunamente individuati, per favorire l'eventuale esodo.  In presenza di un'emergenza i treni eventualmente presenti sulla linea dovranno essere arrestati prima del loro ingresso nella galleria stessa e i treni presenti nella galleria fatti uscire eventualmente riducendo opportunamente la velocità.	1000	<b>Requisito soddisfatto</b>

	I treni eventualmente accodati a quello incidentato devono essere fermati il prima possibile.		
	<b>3.2 Facilitazione dell'esodo</b>		
3.2.1 Formazione del personale	Il personale del Gestore dell'Infrastruttura e delle imprese ferroviarie deve essere opportunamente addestrato con continuità ed in base alle proprie funzioni e responsabilità in modo tale da essere in grado di operare e gestire eventuali emergenze.	1000	<b>Requisito di competenza del Gestore</b>
3.2.2 Informazioni di sicurezza e istruzioni sul comportamento in caso di emergenza	Devono essere fornite ai passeggeri opportune informazioni sulle dotazioni di sicurezza disponibili. Devono essere impartite specifiche istruzioni circa il comportamento da tenere in caso di emergenza in galleria.	1000	<b>Requisito di competenza del Gestore</b>
	<b>3.3 Facilitazione del soccorso</b>		
3.3.1 Piani di emergenza e soccorso	Le autorità locali competenti devono approvare congiuntamente un piano di emergenza sulla scorta degli scenari di incidente ipotizzati che tenga conto delle indicazioni generali e specifiche al fine di definire, per i vari scenari, compiti e responsabilità dei vari enti coinvolti nelle operazioni di soccorso.  Il piano di emergenza deve essere proposto fin dalla fase di progettazione.	1000	<b>Requisito di competenza del Gestore con coinvolgim. autorità preposte</b>
3.3.2 Esercitazioni periodiche con le squadre di soccorso	Per le gallerie di lunghezza superiore a 5000m, devono essere svolte esercitazioni congiunte tra il personale ferroviario ed il personale delle squadre di soccorso al fine di assicurare un opportuno addestramento alla collaborazione, alla comunicazione e al coordinamento durante una eventuale emergenza. Le esercitazioni devono inoltre aumentare l'efficienza del soccorso e ridurre i tempi d'intervento.	5000	<b>Requisito non richiesto di competenza del Gestore con coinvolgim. autorità preposte</b>
3.3.3 Mezzi di soccorso (mezzo bimodale)	Per l'accesso delle squadre di soccorso in gallerie di lunghezza superiore a 5000m dovrà essere previsto un mezzo speciale che, affidato in dotazione ai distaccamenti VV.F., competenti per il territorio in cui è situata la galleria, presenti caratteristiche tali da poter circolare sia su strada che su ferrovia passando da una modalità all'altra con il solo ausilio di un breve tratto di linea ferroviaria reso carrabile.	5000	<b>Requisito non richiesto di competenza del Gestore con coinvolgim. autorità preposte</b>



3.3.4 Informazioni sul trasporto di merci pericolose	Le informazioni sulle merci pericolose devono essere rese disponibili al personale di macchina ed alle squadre di soccorso chiamate ad intervenire in un'emergenza. Le informazioni devono essere complete e accurate nonché contenere le necessarie indicazioni sulle misure di prevenzione che le squadre di soccorso dovranno prendere nell'intervento.	1000	<b>Requisito di competenza del Gestore</b>
3.3.5 Disponibilità attrezzature di soccorso, per le squadre di soccorso e i passeggeri, almeno ogni 500 m	Per le gallerie di lunghezza superiore a 3000m, devono essere disposte lungo la galleria, almeno in postazioni ogni 500m, attrezzature d'emergenza a disposizione delle squadre di soccorso e/o dei passeggeri.	3000	<b>Requisito soddisfatto anche se non richiesto</b>
<b>REQUISITI INTEGRATIVI</b>			
1.1.1 Monitoraggio della velocità/sistema di segnalamento	<p>I sistemi di segnalamento garantiscono la sicurezza della circolazione dei treni prevenendo collisioni e deragliamenti causati da un malfunzionamento degli apparati o da velocità eccessiva dei rotabili.</p> <p>Nei tratti in cui lo sviluppo in galleria risulti significativo, il sistema di segnalamento impedisce il superamento da parte del treno dei segnali di via impedita e eccessive velocità, non consentendo, per quanto possibile, l'arresto dei treni nelle gallerie anche nel normale esercizio ferro.</p>		<b>Requisito soddisfatto</b>
1.1.2 Individuazione del treno	Sistema di segnalamento che consente di identificare la posizione del treno lungo la linea e trasmette tale posizione ad un posto centrale.		<b>Requisito soddisfatto</b> <b>Requisito soddisfatto</b>
1.1.3 Impianti fissi per il controllo dello stato del treno	- Impianti di Rilevamento Temperatura Boccole (RTB) posizionati in modo opportuno lungo la tratta così da consentire, in caso anomalia, l'attivazione di una procedura d'emergenza.		<b>Requisito soddisfatto</b>
1.2.1. Requisiti di resistenza reazione al fuoco (cavi elettrici)	Cavi elettrici a servizio dei vari impianti di emergenza (luce e forza motrice), meccanicamente non protetti, isolati con guaine non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di fumi, gas tossici e corrosivi.		<b>Requisito soddisfatto</b>
1.2.4 Rivelazione di incendio, fumo, e gas nei locali tecnici	Rivelatori di incendio, fumo e gas, installati nei locali tecnici (cabine di trasformazione MT/BT, posti tecnologici per gli impianti IS e TLC) per l'individuazione di un principio di incendio e una immediata comunicazione al centro di controllo.		<b>Requisito soddisfatto</b>

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 114 di 301

1.2.5. Sistemi di controllo a distanza TVCC	Monitoraggio tramite impianto video dal centro di controllo degli accessi ubicati in zone di evidenziato alto rischio di intrusione (prevalentemente zone urbane).		<b>Requisito soddisfatto</b>
---	--	--	------------------------------

**Note:**

\*Nell'ambito del nuovo progetto sono state eseguite le verifiche al fuoco delle strutture secondo la norma UNI ENV 1992-1-2. Sono necessari ulteriori approfondimenti in tema di resistenza al fuoco delle strutture, in accordo sia al DM 28/10/2005 sia alle STI, relativamente ai criteri di valutazione (curve di incendio, criteri di resistenza) ed all'integrità strutturale in caso di incendi di elevata magnitudo e ridotti tempi di crescita (fenomeno dello spalling).

\*\*Non sono previsti accessi intermedi alle squadre di soccorso.

### 5.12 Direttiva 2008/163/CE (STI)

La direttiva 2008/163/CE: "Specifica tecnica di interoperabilità concernente la «sicurezza delle gallerie ferroviarie» nel sistema ferroviario transeuropeo convenzionale e ad alta velocità" e tutte le STI in essa richiamate si applicano alle gallerie di lunghezza superiore a 1 Km del sistema ferroviario transeuropeo convenzionale e ad alta velocità.

La normativa italiana per le gallerie ferroviarie (DM 28/10/2005) precede la decisione della commissione 2008/163/CE.

Quest'ultima rappresenta il riferimento comunitario per le tratte che devono essere rese interoperabili; la STI in alcune parti differisce rispetto alla normativa nazionale ma la possibilità di deroga può portare ad un'equivalenza in termini di sicurezza mentre in altre parti rimanda alle normative nazionali risultando in generale compatibile con la norma nazionale.

Inoltre non richiede una specifica documentazione di sicurezza né autorità di controllo, pertanto la conformità alla STI può essere inserita nell'ambito della documentazione di sicurezza prevista dal DM 28/10/2005 come ulteriore verifica non vincolante.

La citata STI è intesa a definire un insieme coerente di misure per quanto riguarda l'infrastruttura, l'energia, il controllo-comando e segnalamento, il materiale rotabile e i sottosistemi di esercizio e gestione del traffico, in modo da garantire nella maniera economicamente più efficiente un livello ottimale di sicurezza nella gallerie. Comunque l'obiettivo principale delle direttive di riferimento (96/48/CE e 2001/16/CE) è l'interoperabilità. Lo scopo è quello di armonizzare le misure di sicurezza e le norme tecniche attualmente in uso al fine di rendere possibile l'interoperabilità e di offrire ai passeggeri su tutto il territorio europeo una strategia simile in materia di sicurezza e di misure di sicurezza.

La STI «sicurezza delle gallerie ferroviarie» affronta gli aspetti relativi alla prevenzione e alla mitigazione degli incidenti e degli inconvenienti nelle gallerie, soprattutto quelli legati al rischio di incendi. In questo contesto la Direttiva europea tiene conto di tutti i rischi potenziali, ivi compresi quelli legati a deragliamenti, collisioni, incendi e fuoriuscite di sostanze pericolose.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b> Foglio 115 di 301

La STI definisce i requisiti essenziali e le specifiche funzionali e tecniche per ogni sottosistema e le sue interfacce verso gli altri sottosistemi, determina i componenti che sono necessari per realizzare l'interoperabilità del sistema ferroviario transeuropeo convenzionale, indica le procedure di valutazione della conformità o dell'idoneità all'impiego, indica la strategia di applicazione della STI, indica, per il personale interessato, i requisiti di qualifica professionale richiesti per l'esercizio del sottosistema in oggetto, e comprende anche, le regole di esercizio e manutenzione.

La STI prevede la possibilità di implementare soluzioni alternative, che offrano un livello di sicurezza minimo equivalente (punto 4.2.2.6.5 della STI). A tal riguardo prevede che venga intrapreso uno "studio tecnico" diretto a giustificare la soluzione alternativa che dovrà essere approvata dalla Autorità Nazionale.

La STI non dà però indicazione sulla metodologia da utilizzare per valutare il livello minimo di sicurezza equivalente.

L'adozione di soluzioni alternative è prevista dalla STI a condizioni che le stesse offrano un livello di sicurezza minimo equivalente attraverso uno studio tecnico.

C'è da precisare che per la STI una successione di gallerie non viene considerata una galleria unica in presenza delle seguenti condizioni:

1. la separazione fra di esse nel tratto all'aperto è superiore a 500 m;
2. esiste una possibilità di accesso/uscita verso un'area di sicurezza nel tratto aperto.

Di seguito è riportata la sintesi della verifica rispetto alla STI.

Specifiche funzionali e tecniche dei sottosistemi di cui alla STI Sicurezza nelle gallerie ferroviarie			
Sottosistema	Rif. STI	Specifica	Giudizio
<b>INFRASTRUTTURA</b>	4.2.2		
	4.2.2.1	Installazione di deviatori e incroci	Il requisito è soddisfatto
	4.2.2.2	Impedire l'accesso non autorizzato alle uscite di emergenza e ai locali tecnici	Il requisito è soddisfatto Sono previsti impianti antintrusione e controllo accessi dedicati ai locali tecnici sensibili e alle uscite di sicurezza. Questi impianti di sorveglianza verranno realizzati secondo i criteri definiti dalla specifica TT 603 di RFI.

			Gli schemi distributivi delle uscite di sicurezza e i lay out locali tecnici evidenziano la presenza di porte con maniglie antipanico.
	4.2.2.3	Requisiti relativi alla protezione al fuoco delle strutture	Il requisito è soddisfatto
	4.2.2.4	Requisiti di sicurezza antincendio per il materiale da costruzione	Il requisito è soddisfatto
	4.2.2.5	Rilevamento degli incendi	Il requisito è soddisfatto La relazione, i layout e le planimetrie di progetto descrivono la presenza di sensori e dove sono posizionati. Sono previsti sensori di rilevazione incendio in tutti i locali tecnici all'interno e all'esterno delle gallerie. Sono previsti sensori di rilevazione incendio nei locali delle uscite di sicurezza.
	4.2.2.6	Dispositivi per l'autosoccorso, l'evacuazione e il soccorso in caso di incidente	Il requisito è soddisfatto Sono previste uscite di sicurezza ogni 1000 m di dimensioni conformi a quelle minime. Le uscite sono illuminate e segnalate.
	4.2.2.7	Marciapiedi	Il requisito è soddisfatto

	4.2.2.8	illuminazione di emergenza nelle vie di esodo	<p>Il requisito è soddisfatto</p> <p>Il progetto di variante prevede un impianto di illuminazione che guidi i passeggeri e il personale verso un'area di sicurezza in caso di emergenza.</p> <p>Posizione delle luci: al di sopra del marciapiede, più in basso possibile, in modo da non interferire con lo spazio libero per il passaggio delle persone o inserite nel corrimano.</p> <p>La luminanza è di almeno 1 lux a livello del marciapiede. Autonomia e affidabilità: garantita alimentazione elettrica per l'emergenza o per altre necessità, assicurata disponibilità per almeno 90 minuti. Se la luce di emergenza è spenta durante le normali condizioni di esercizio, è possibile accenderla per mezzo delle due modalità seguenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— manualmente dall'interno della galleria ad intervalli di 250 m.</li> <li>— da parte del responsabile della galleria utilizzando un comando a distanza.</li> </ul>
	4.2.2.9	Segnaletica di emergenza	<p>Il requisito è soddisfatto</p> <p>La distanza fra i pannelli segnaletici per l'esodo è 50 m. Sono previsti pannelli indicatori della localizzazione delle attrezzature di emergenza.</p>
	4.2.2.10	Comunicazione delle emergenze	<p>Il requisito è soddisfatto</p> <p>Presenza in galleria del segnale GSM e GSM-R.</p>
	4.2.2.11	Accesso per le squadre di soccorso	<p>Il requisito è soddisfatto</p>

	4.2.2.12	Aree di soccorso esterne alle gallerie	Il requisito è soddisfatto
	4.2.2.13	Fornitura idrica	Il requisito è soddisfatto L'impianto ha una capacità complessiva di 800 l/min per 120 minuti. I serbatoi dei locali antincendio ai punti di accessi alla galleria hanno capacità superiore a 100 mc.
<b>ENERGIA</b>	4.2.3		
	4.2.3.1	Sezionamento delle linee area o della rotaia conduttrice	Il requisito non è richiesto Galleria di lunghezza inferiore a 5000 m. Nessun sezionamento della linea di contatto in galleria.
	4.2.3.2	Messa a terra della linea aerea o della rotaia conduttrice	Il requisito è soddisfatto Dall'analisi dello schema di alimentazione risultano previsti dispositivi di messa a terra nei punti di accesso alla galleria e vicino ai punti di separazione fra le sezioni. Tali impianti saranno comandati sia manualmente sia da DOTE.
	4.2.3.3	Alimentazione di energie elettrica	Il requisito è soddisfatto Previsto l'attrezzaggio delle zone di accesso dei VVF con prese elettriche di servizio e illuminazione delle aree esterne. L'ubicazione dei Quadri di tratta (QDT) ogni 250 m, in conformità alla specifica LF 610.

			Impianto adeguato alle nuove potenze richieste dagli impianti di sicurezza delle gallerie previste nel piano di adeguamento.
	4.2.3.4	Requisiti per i cavi elettrici nelle gallerie	Il requisito è soddisfatto
	4.2.3.5	Affidabilità delle installazioni elettriche	<p>Il requisito è soddisfatto</p> <p>Previsti due trasformatori nella cabina MT/BT, come da specifica LF 610.</p> <p>Installazione di gruppi elettrogeni di back-up che erogano su rete MT a servizio della galleria.</p> <p>L'alimentazione agli impianti LFM a servizio delle opere in oggetto viene garantita in condizioni di emergenza nei modi di seguito elencati:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alimentazione ordinaria ridondata;</li> <li>• Ciascun Q_BT di piazzale è provvisto di UPS;</li> <li>• Ciascun QdT è dotato di un sistema di riserva ed accumulo di energia;</li> </ul>
<b>CONTROLLO-COMANDO SEGNALAMENTO</b>	4.2.4		
	4.2.4.1	Dispositivi di rilevamento boccole calde	Il requisito è soddisfatto
<b>MATERIALE ROTABILE</b>	4.2.5		
	4.2.5.1	Proprietà materiali del materiale rotabile	Il requisiti relativi al materiale rotabile saranno soddisfatti dall'impresa ferroviaria
	4.2.5.2	Estintori per materiale rotabile passeggeri	
	4.2.5.3	Protezione antincendio	

		per treni merci
	4.2.5.3.1	Capacità di movimento
	4.2.5.3.2	Protezione del macchinista
	4.2.5.3.3	Protezione antincendio di treni con passeggeri, merci o veicoli stradali
	4.2.5.4	Schermi parafuoco per materiale rotabile passeggeri
	4.2.5.5	Misure supplementari relative alla capacità di movimento di un treno passeggeri con un incendio a bordo
	4.2.5.5.1	Obiettivi generali e capacità di movimento richiesta per i treni passeggeri
	4.2.5.5.2	Requisiti relativi ai freni
	4.2.5.5.3	Requisiti relativi alla trazione
	4.2.5.6	Rilevatori di incendio a bordo
	4.2.5.7	Dispositivi di comunicazione sui treni
	4.2.5.8	Inibitore della frenatura di emergenza
	4.2.5.9	Sistema di illuminazione di emergenza all'interno del treno
	4.2.5.10	Spegnimento dell'impianto di condizionamento all'interno del treno
	4.2.5.11	Sistema di esodo del materiale rotabile passeggeri



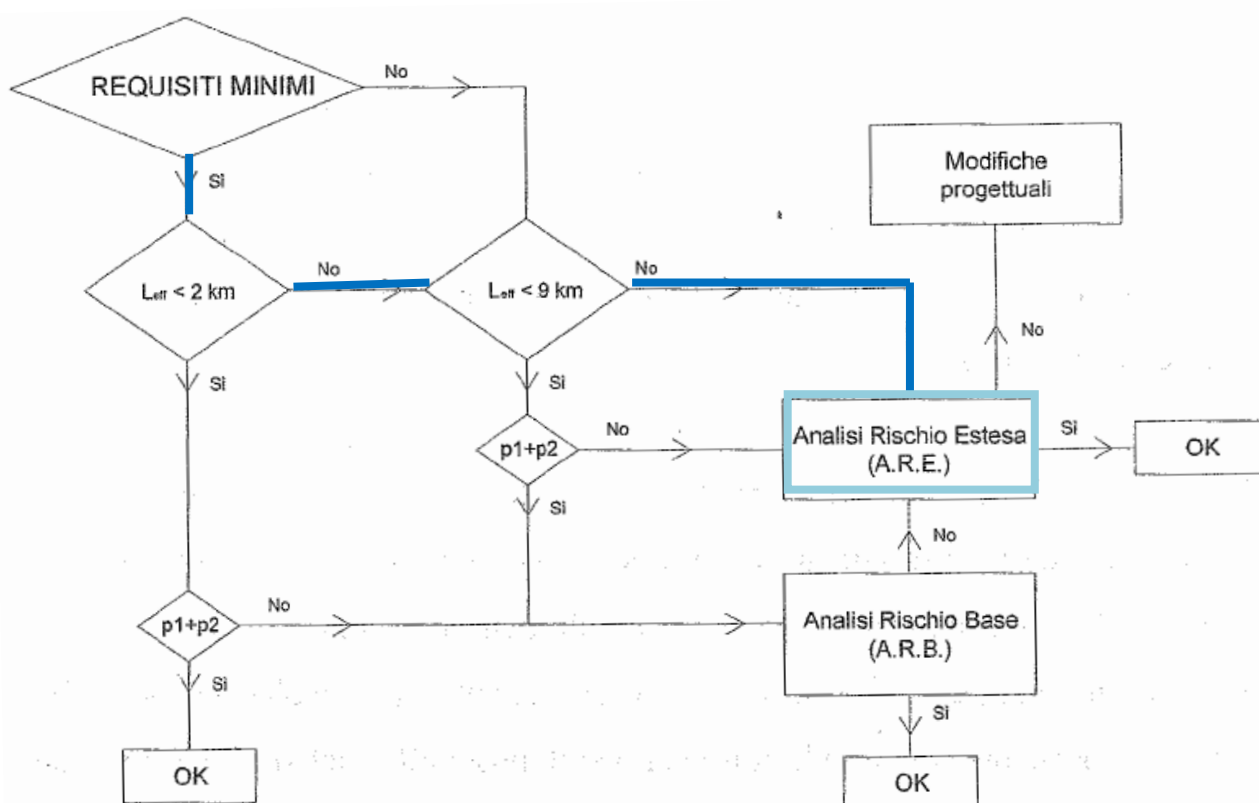
	4.2.5.11.1	Uscite di emergenza passeggeri	
	4.2.5.11.2	Porte di accesso dei passeggeri	
	4.2.5.12	Informazione e accesso delle squadre di soccorso	
<b>REGOLE DI ESERCIZIO</b>	4.4		
	4.4.1	Controllo dello stato dei treni e iniziative appropriate	I requisiti relativi alle regole di esercizio saranno soddisfatti al momento dell'attivazione dal Gestore dell'Infrastruttura
	4.4.1.1	Prima che il treno cominci il suo esercizio	
	4.4.1.2	Mentre il treno è in movimento	
	4.4.1.2.1	Attrezzature attinenti alla sicurezza	
	4.4.1.2.2	Incidenti attinenti boccole	
	4.4.2	Norme di emergenza	
	4.4.3	Piani di emergenza in galleria ed esercitazioni	
	4.4.3.1	Contenuto	
	4.4.3.2	Identificazione	
	4.4.3.3	Esercitazioni	
	4.4.4	Procedure di isolamento e messa a terra	
	4.4.5	Fascicolo linea	
	4.4.6	Informazioni da fornire ai passeggeri in materia di sicurezza sul treno e di comportamento da tenere in caso di emergenza	
	4.4.7	Coordinamento fra centri	



		di controllo della galleria	
<b>REGOLE DI MANUTENZIONE</b>	4.5		
	4.5.1	Ispezione dello stato della galleria	I requisiti relativi alle regole di manutenzione saranno soddisfatti al momento dell'attivazione dal Gestore dell'Infrastruttura
	4.5.2	Manutenzione materiale rotabile del	
	4.5.2.1	Materiale rotabile passeggeri	
	4.5.2.2	Materiale rotabile merci	

## 6 DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA DI ANALISI DEL RISCHIO

### 6.1 Analisi di rischio – tipologia



Parametri caratteristici:

p1: Volume di traffico non superiore a 220 treni/giorno

p2: Andamento altimetrico senza inversioni di pendenza

p3: Tipologia di traffico senza la contemporanea presenza in galleria di treni passeggeri e treni con merci pericolose

p4: Assenza di rischi di area specifici in prossimità degli imbocchi

Le gallerie non caratterizzate dai parametri p3 e p4 vanno sottoposte all'Analisi di Rischio Estesa

La normativa italiana prevede in base ad una serie di fattori di rischio la possibilità di effettuare un' Analisi di Rischio Base (ARB) o un' Analisi di Rischio Estesa (ARE), come di seguito specificato:

Le gallerie comprese tra 1000 m e 2000 m, corredate dei requisiti minimi e caratterizzate da volume di traffico non superiore a 220 treni/giorno e andamento planimetrico senza inversioni di pendenza non vanno sottoposte ad analisi di rischio per le gallerie precedenti qualora non fossero caratterizzate dai parametri descritti va effettuata l'Analisi di Rischio Base; le gallerie di lunghezza compresa tra 2000 m e 9000 m, corredate dai requisiti minimi e caratterizzate dai parametri sopra indicati vanno comunque sottoposte a ARB le gallerie di lunghezza compresa tra 1000 m e 9000 m non corredata dei requisiti minimi

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC	Foglio 124 di 301

vanno sottoposte ad ARB se caratterizzate da volume di traffico non superiore a 220 treni/giorno e andamento planimetrico senza inversioni di pendenza. Se non soddisfano tali parametri vanno sottoposte ad ARE. Le gallerie maggiori di 9000 m vanno sottoposte ad ARE. Le gallerie in cui sono presenti aree a rischio specifico in prossimità degli imbocchi vanno sottoposte ad ARE. Comunque tutte le gallerie ove non sia possibile escludere la contemporaneità di treni trasportanti merci pericolose e treni passeggeri vanno sottoposte ad Analisi di Rischio Estesa.

Vista la contemporanea presenza in galleria di treni passeggeri e treni merci pericolose, la galleria Pozzolo necessita dell'analisi di rischio estesa.

## 6.2 Definizione della metodologia di analisi

I seguenti paragrafi espongono la metodologia impiegata per lo svolgimento dell'analisi di rischio della galleria, in accordo con i principi di cui all'Allegato III al D.M. 28/10/2005.

### 6.2.1 Definizioni ed acronimi

Il presente paragrafo sintetizza i tratti essenziali della Metodologia IRAM-RT ed il significato dei termini tecnici necessari alla comprensione dei risultati ottenuti dall'applicazione della metodologia nel calcolo del rischio sociale pertinente alle gallerie oggetto di analisi e verificarne l'aderenza ai dettati di legge.

La redazione del paragrafo è motivata dal carattere innovativo della Metodologia IRAM-RT di Analisi di Rischio come strumento di determinazione del rischio sociale pertinente ad una galleria ferroviaria.

#### 6.2.1.1 Eventi critici

Il DIM 28/10/2005 individua come *eventi critici* per una galleria ferroviaria i seguenti *eventi incidentali* possibili in un sistema di trasporto ferroviario:

- i deragliamenti,
- le collisioni,
- gli incendi e per analogia gli eventi connessi al trasporto di merci pericolose.

Gli eventi critici si connotano come *forme degeneri* degli *eventi incidentali* possibili in un sistema di trasporto ferroviario.

Gli eventi critici devono essere considerati, per legge, eventi incidentali *pericolosi* per gli *utenti* e gli *addetti* quando si verificano in una galleria, a causa delle caratteristiche geometriche ed architettoniche dell'ambiente nel quale accadono.

Gli eventi critici sono *eventi statistici*, ovvero, eventi incidentali che non possono essere previsti in modo deterministico, ma che possono essere caratterizzati solo in termini probabilistici.

Gli eventi critici sono caratterizzati, dal punto di vista probabilistico, attraverso un ente matematico noto come *funzione distribuzione di probabilità*.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 125 di 301

Una funzione distribuzione di probabilità è l'equivalente statistico della *funzione analitica* utilizzata nell'analisi matematica elementare per definire il legame esistente tra due grandezze.

Il tratto che distingue i due enti matematici richiamati è la natura delle grandezze coinvolte nelle definizioni: le grandezze correlate da una funzione distribuzione di probabilità sono *grandezze statistiche* mentre le grandezze correlate da una funzione analitica sono *grandezze deterministiche*.

Le funzioni distribuzione di probabilità, alla stessa stregua delle funzioni analitiche, sono *funzioni continue e derivabili*.

La sottolineatura dei concetti *continuità* e *derivabilità* delle funzioni di distribuzione è funzionale alla comprensione delle caratteristiche precipue della metodologia proposta per il calcolo del rischio di una galleria ferroviaria.

Gli eventi critici, al pari delle calamità naturali, sono eventi statistici con caratteristiche particolari:

- l'accadimento è aleatorio nel tempo;
- le probabilità di accadimento sono basse e le conseguenze elevate.

#### **6.2.1.2 Tassi di accadimento degli eventi critici**

Le modalità di accadimento nel tempo di un evento critico sono caratterizzate in termini della grandezza *tasso di accadimento*.

Il tasso di accadimento è una *grandezza statistica* che quantifica la *probabilità* che un evento critico si verifichi in un sistema di trasporto ferroviario od in una porzione specifica del sistema.

Il tasso di accadimento di un evento critico è riferito all'*unità di attività* del sistema considerato che, per un sistema di trasporto, è costituita dai *Veicoli \*Chilometro*.

Le funzioni distribuzione di probabilità rappresentative dei tassi di accadimento degli eventi critici possono essere determinate nei seguenti modi:

l'analisi statistica delle *serie storiche* dei *dati* di *incidentalità* pertinenti al sistema di trasporto ferroviario nel suo complesso, ovvero, una porzione specifica del sistema ferroviario (stazioni, scali, gallerie);

l'analisi statistica dei risultati forniti dalla *modellazione statistica* del *flusso di traffico*, condotta includendo le prestazioni delle *misure di sicurezza* installate con *funzione preventiva* al fine di assicurare la realizzazione della *missione* propria del sistema di trasporto, ovvero, la realizzazione delle *missioni* pertinenti a porzioni specifiche del sistema di trasporto.

Le funzioni distribuzione di probabilità pertinenti agli eventi critici determinate attraverso l'analisi statistica delle serie storiche dei dati di incidentalità includono gli *effetti* determinati dall'adozione di specifiche *misure di sicurezza preventive* sul livello di sicurezza posseduto dal sistema di trasporto ferroviario o porzioni specifiche del sistema.

Gli effetti sul livello di sicurezza di un sistema di trasporto o sul livello di sicurezza di porzioni del sistema, conseguenti all'adozione di specifiche misure di sicurezza,

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC	Foglio 126 di 301

generalmente individuate attraverso la tecnica *albero delle cause*, sono determinati dalle *prestazioni* possedute od attribuite alle misure di sicurezza installate con funzione preventiva.

Le prestazioni dei sistemi tecnologici che realizzano le misure di sicurezza impiantistiche installate con funzione preventiva, in ambito ferroviario, sono espresse in termini delle seguenti grandezze:

- livello di confidenza (probabilità di malfunzionamento),
- efficienza.

Le funzioni distribuzione di probabilità dei tassi di accadimento degli eventi critici, quando determinate attraverso l'analisi statistica delle serie storiche dei dati di incidentalità, possono essere identificate, assimilato il sistema di trasporto ad *una scatola nera*, con le *funzioni* di *trasferimento* ad esso pertinenti, stimate in modo indiretto; viceversa, le funzioni distribuzione di probabilità dei tassi di accadimento degli eventi critici, quando determinate attraverso l'analisi statistica dei risultati forniti dalla simulazione statistica del traffico, condotta includendo le prestazioni delle *misure* di *sicurezza* installate con *funzione preventiva*, possono essere identificate con le *funzioni* di *trasferimento* ad esso pertinenti, determinate in modo diretto.

Le funzioni distribuzione di probabilità dei tassi di accadimento degli eventi critici, quando determinate attraverso l'analisi statistica dei risultati forniti dalla simulazione statistica del traffico, condotta includendo le prestazioni delle misure di sicurezza installate con funzione preventiva (funzioni di trasferimento determinate in modo diretto) sono affette, per costruzione, dalle incertezze *aleatorie* e dalle *incertezze epistemiche* proprie delle variabili scelte per la rappresentazione del sistema ferroviario e del fenomeno traffico e dei modelli di simulazione adottati.

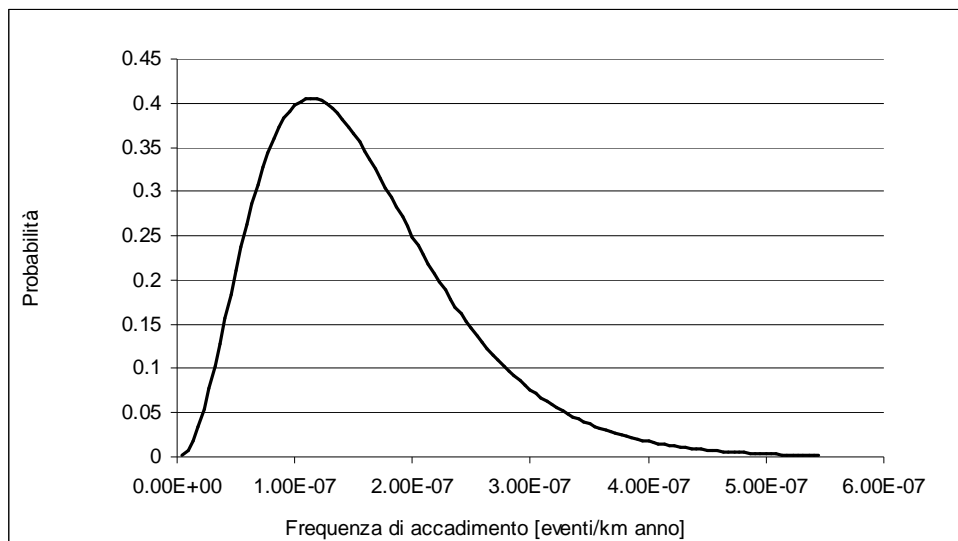
Una esempio tipico di funzione distribuzione di probabilità idonea a rappresentare i tassi di accadimento degli eventi critici in una galleria ferroviaria, in quanto correntemente utilizzata per rappresentare i tassi di accadimento di eventi statistici con proprietà affatto analoghe alle proprietà degli eventi critici in galleria, è la *funzione di Poisson*.

La funzione distribuzione di probabilità di Poisson è definita come:

$$f = ((\alpha t)^n / n!) \times e^{-\alpha t}$$

dove  $\alpha$  è parametro caratteristico della funzione di Poisson, identificabile con il *valore medio del tasso di accadimento* dell'evento critico per la quale è stata determinata.

La successiva figura esemplifica l'andamento tipico di una funzione di Poisson



La funzione distribuzione di probabilità rappresentativa della grandezza statistica *frequenza di accadimento di un evento critico* è determinata a partire dalla funzione distribuzione di probabilità determinata per la grandezza statistica *tasso di accadimento di un evento critico* attraverso una formula derivata applicando il *principio di omogeneità dimensionale* tra grandezze:

$$FDP(\text{frequenza di accadimento}) = FDP(\text{tasso di accadimento}) * \text{volume medio di traffico} * \text{lunghezza caratteristica del tracciato}.$$

dove l'acronimo FDP individua la Funzione Distribuzione di Probabilità, il simbolo\* individua l'operazione *prodotto di convoluzione* tra la funzione distribuzione di probabilità del tasso di accadimento dell'evento critico considerato ed i numeri rappresentativi del volume di traffico e della lunghezza della galleria.

L'operazione *prodotto di convoluzione* degenera nell'operazione *prodotto ordinario* quando in luogo della funzione distribuzione di probabilità del tasso di accadimento di un evento critico si utilizza il valore medio del tasso di accadimento di un evento critico.

L'adozione del valore medio del tasso di accadimento di un evento critico presuppone sia introdotta la seguente ipotesi:

la funzione distribuzione di probabilità del tasso di accadimento di un evento critico è una funzione distribuzione di probabilità uniforme.

La grandezza valore medio del tasso di accadimento di un evento critico è una grandezza statistica variabile nel tempo.

Il valore medio del tasso di accadimento di un evento critico stimato in un certo anno è diverso dal valore medio del tasso di accadimento stimato in anni precedenti o successivi.

La variazione del valore medio del tasso di accadimento di un evento critico per anno, nella metodologia IRAM-RT è valutata attraverso la relazione:

$$f(t) = ae^{-bt}$$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC	Foglio 128 di 301

dove a individua il valore medio del tasso di accadimento stimato per l'anno assunto come riferimento, b individua il fattore di crescita atteso del valore medio del tasso di accadimento, t è il tempo espresso in anni.

La metodologia di analisi di rischio IRAM-RT determina le funzioni distribuzione di probabilità rappresentative delle frequenze di accadimento degli eventi critici a partire dalle serie storiche dei dati di incidentalità rese disponibili dal gestore del sistema di trasporto ferroviario. L'affidabilità e la rappresentatività delle stime ottenute sono incrementate attraverso l'applicazione del teorema di Bayes al complesso di dati di incidentalità derivati dalle serie storiche fornite dal gestore e le serie storiche raccolte da enti statistici internazionali relative a sistemi di trasporto ferroviari europei.

### 6.2.1.3 Numero di vittime

Il *numero di vittime* risultanti dall'accadimento di un evento critico in una galleria ferroviaria è una *grandezza statistica* che può essere caratterizzata, dal punto di vista probabilistico, attraverso un ente matematico noto come *funzione distribuzione di probabilità*, in modo affatto analogo alla grandezza tasso di accadimento di un evento critico.

Le funzioni distribuzione di probabilità rappresentative del numero di vittime risultanti dall'accadimento degli eventi critici possono essere determinate nei seguenti modi:

- l'analisi statistica delle *serie storiche* dei *dati di incidentalità* pertinenti al sistema di trasporto ferroviario nel suo complesso, ovvero, una porzione specifica del sistema ferroviario (stazioni, scali, gallerie);
- l'analisi statistica dei risultati forniti dalla *modellazione statistica* del *flusso del pericolo*, condotta includendo le prestazioni delle *misure di sicurezza* realizzate con *funzione protettiva* al fine di assicurare il conseguimento degli obiettivi del progetto di sicurezza consistente nel garantire l' *esodo in sicurezza* degli *utenti* e degli *addetti* in condizioni di emergenza.

Le funzioni distribuzione di probabilità del numero di vittime conseguenti all'accadimento degli eventi critici determinate attraverso l'*analisi statistica* delle *serie storiche* dei dati di incidentalità includono gli *effetti* determinati dall'adozione di specifiche *misure di sicurezza protettive* sul livello di sicurezza assicurato agli *utenti* ed agli *addetti* dal sistema di trasporto ferroviario o porzioni specifiche del sistema in *condizioni di emergenza*.

Gli effetti sul livello di sicurezza assicurato agli utenti ed agli addetti dal sistema di trasporto ferroviario o porzioni specifiche del sistema in condizioni di emergenza, conseguenti all'adozione di specifiche misure di sicurezza protettive, sono determinati dalle *prestazioni* possedute od attribuite alle misure di sicurezza strutturali ed alle misure di sicurezza gestionali così come dalle prestazioni possedute od attribuite ai *sistemi tecnologici* che realizzano le misure di sicurezza impiantistiche installate con funzione protettiva.

Le prestazioni dei sistemi tecnologici che realizzano le misure di sicurezza impiantistiche installate con funzione protettiva, in ambito ferroviario, sono espresse in termini delle seguenti grandezze:

- livello di confidenza (probabilità di malfunzionamento),
- efficienza.



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 129 di 301

Le funzioni distribuzione di probabilità del numero di vittime conseguenti all'accadimento degli eventi critici, quando determinate attraverso l'analisi statistica delle serie storiche dei dati di incidentalità, possono essere identificate, assimilato il sistema di trasporto ad *una scatola nera*, con le *funzioni di trasferimento* ad esso pertinenti, stimate in modo indiretto; viceversa, le funzioni distribuzione di probabilità del numero di vittime conseguenti all'accadimento degli eventi critici, quando determinate attraverso l'*analisi statistica* dei *risultati* forniti dalla *simulazione statistica* del *flusso del pericolo*, condotta includendo le prestazioni delle *misure di sicurezza* installate con *funzione protettiva*, possono essere identificate con le *funzioni di trasferimento* ad esso pertinenti, determinate in modo diretto.

La metodologia di analisi di rischio IRAM-RT determina le funzioni distribuzione di probabilità rappresentative del numero di vittime conseguenti all' accadimento degli eventi critici attraverso la seguente procedura:

- costruzione degli alberi degli eventi pertinenti ad una specifica galleria e costruzione dei reticoli bayesiani equivalenti
- simulazione del flusso del pericolo, condotta includendo le prestazioni delle misure di sicurezza installate in funzione protettiva,
- simulazione degli scenari di esodo.

L'affidabilità e la rappresentatività delle stime ottenute sono incrementate attraverso l'applicazione del teorema di Bayes al complesso di dati forniti da un numero statisticamente significativo di simulazioni del flusso del pericolo determinato dall'accadimento degli eventi critici e da un numero statisticamente significativo di scenari di esodo effettuate mediante tecniche Monte Carlo.

#### 6.2.1.4 Alberi degli eventi e reticoli bayesiani

La tecnica *albero degli eventi*, nella metodologia IRAM-RT, è generalizzata introducendo il concetto di *reticolo bayesiano* ed è utilizzata per rappresentare le *configurazioni di pericolo probabili* in una specifica galleria ferroviaria conseguenti all'accadimento dei seguenti macro-scenari:

- scenario di deragliamento,
- scenario di collisione,
- scenario di incendio.

Un macro-scenario si intende essere lo scenario rappresentativo dall'insieme degli eventi critici di una specifica tipologia che è probabile si verifichino in una specifica galleria e caratterizzato da una specifica funzione di distribuzione per la frequenza di accadimento inferita attraverso l'applicazione del teorema di Bayes ai dati di incidentalità derivanti da tutte le banche dati disponibili (gestore nazionale, gestori europei).

Un *ramo del reticolo bayesiano* associato ad un macro-scenario e rappresentativo degli *alberi degli eventi* pertinenti al sistema galleria analizzato è caratterizzato in termini delle seguenti grandezze:

- funzioni di distribuzione utilizzate per individuare le tipologie di convogli che possono essere presenti in galleria in accordo al modello di esercizio specifico delle scansioni temporali individuate come rilevanti ,

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 130 di 301

- funzioni di distribuzione utilizzate per determinare le probabilità di transizione tra i vari rami degli alberi degli eventi costituenti.

Le funzioni di distribuzione utilizzate per determinare le probabilità di transizione tra i vari rami degli alberi degli eventi costituenti i reticoli bayesiani ad essi equivalenti sono determinate dalla soluzione di *modelli statistici* idonei a determinare le *probabilità di accadimento* degli eventi critici in funzione di:

- caratteristiche del sistema ferroviario,
- prestazioni dei sistemi di sicurezza.

### 6.2.1.5 Flusso del pericolo

Il *flusso del pericolo* è definito come l'*insieme dei processi pericolosi* che si instaurano nello *specifico ambiente galleria* in conseguenza all'accadimento degli eventi critici.

I fenomeni pericolosi possono essere distinti in:

- *fenomeni pericolosi di tipo meccanico*, determinati dall'energia cinetica e dall'energia potenziale del materiale rotabile;
- *fenomeni pericolosi di tipo chimico-fisico*, determinati dall'energia interna del materiale rotabile.

Esempi paradigmatici di variabili di rappresentazione dei fenomeni pericolosi di tipo meccanico sono:

- la massa del materiale rotabile,
- la velocità di avanzamento del materiale rotabile,
- le caratteristiche di resistenza strutturale del materiale rotabile.

Esempi paradigmatici di variabili di rappresentazione dei fenomeni pericolosi di tipo chimico-fisico sono:

- le caratteristiche chimico fisiche degli allestimenti,
- le caratteristiche chimico fisiche, lo stato di aggregazione, le quantità delle merci trasportate,
- le caratteristiche di reazione al fuoco e di resistenza al fuoco del materiale rotabile e dei materiali da costruzione

I fenomeni pericolosi determinano il *microclima* che si instaura all'interno della galleria ferroviaria in conseguenza dell'accadimento degli *eventi di incendio* ed entro il quale si realizza il *processo di esodo* degli utenti e degli addetti.

Il *microclima* che si instaura all'interno della galleria ferroviaria in conseguenza all'accadimento degli eventi di incendio è determinato dalle *distribuzioni spazio-temporali* (campi) di grandezze quali:

- temperatura dei gas caldi,
- concentrazione dei gas tossici e nocivi,
- flussi termici irraggiati dai gas caldi,
- velocità di avanzamento dei gas caldi,
- opacità (visibilità)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC	Foglio 131 di 301

La tecnica *albero degli eventi* è la tecnica adottata per rappresentare *configurazioni di pericolo probabili* in una specifica galleria ferroviaria (scenari di fine emergenza), condizionate dalle prestazioni dei sistemi di sicurezza installati con funzione protettiva.

L'*analisi di scenario* (analisi deterministica delle conseguenze) corrisponde, nella metodologia di analisi di rischio IRAM-RT, alla *simulazione deterministica del flusso del pericolo* indotto in galleria dall'accadimento di uno specifico evento critico, condotta includendo nei calcoli le *prestazioni* pertinenti od attribuite ai *sistemi di sicurezza* installati con funzione protettiva.

L'analisi di scenario, nella metodologia di analisi di rischio IRAM-RT, è la tecnica utilizzata per quantificare, il microclima determinato dalla configurazione di pericolo corrispondente ad un *singolo ramo* dell'*albero degli eventi*. La quantificazione del microclima in galleria, in accordo alla tecnica analisi di scenario, è ottenuta formulando e risolvendo *modelli deterministici* dei fenomeni pericolosi che si instaurano in galleria in conseguenza all'accadimento di uno specifico evento critico.

La *formulazione statistica* dell'*analisi di scenario* propria della metodologia IRAM-RT, finalizzata ad ottenere le *funzioni distribuzione di probabilità* pertinenti alle *configurazioni di pericolo* che è probabile si instaurino in una specifica galleria ferroviaria in conseguenza all'accadimento dei macroscenari (*rami dei reticoli bayesiani*), consiste nella:

formulazione di modelli statistici di quantificazione del flusso del pericolo pertinente alle diverse tipologie di macroscenari che tengono in conto le prestazioni dei sistemi di sicurezza installati con funzione protettiva

soluzione dei modelli statistici formulati con tecniche Monte Carlo.

I risultati ottenuti dalla simulazione statistica del flusso del pericolo dei macroscenari di tipo incendio sono utilizzati come dati di ingresso nella simulazione del processo di esodo degli utenti e degli addetti da una specifica galleria.

#### 6.2.1.6 Processo di esodo

Il *processo di esodo* degli utenti e degli addetti da una galleria ferroviaria è un *processo stocastico* realizzato da un *aggregato* di *individui* animati da *velocità di esodo* diverse dipendenti da caratteristiche quali:

- genere (maschile femminile),
- età (giovani, adulti, vecchi, bambini)
- mobilità (normale, ridotta).

La *composizione* dell'*aggregato di individui* che realizza il processo di esodo e la *velocità di esodo* degli individui da una galleria in condizioni di emergenza sono *variabili statistiche* che devono essere caratterizzate in termini di idonee *funzione distribuzione di probabilità*.

Il termine *stocastico* è utilizzato per sottolineare il *carattere casuale* delle *traiettorie* seguite dalle persone (*traiettorie casuali*) presenti in galleria al verificarsi di un evento critico (*popolazione esposta al flusso del pericolo*), condizionate dalle *dimensioni caratteristiche* delle vie di esodo (*marciapiedi*).

Il processo di esodo, infine, è condizionato dalla *mutua posizione* del focolaio rispetto alle vie di fuga realizzate in una specifica galleria. La *mutua posizione* tra focolaio e vie di fuga

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 132 di 301

è, in generale, una *grandezza statistica* che deve essere caratterizzata in termini di un' idonea *funzione distribuzione di probabilità*. La caratterizzazione della mutua posizione tra focolaio e vie di fuga non deve essere considerata una grandezza statistica quando si realizzino fermate a bersaglio.

Le funzioni distribuzione di probabilità del numero di vittime conseguenti all'accadimento degli eventi critici, quando determinate attraverso l'analisi statistica dei risultati forniti dalla simulazione statistica del flusso del pericolo, condotta includendo le prestazioni delle misure di sicurezza installate con funzione preventiva (funzioni di trasferimento determinate in modo diretto) sono affette, per costruzione, dalle incertezze *aleatorie* e dalle *incertezze epistemiche* pertinenti a :

- *variabili di rappresentazione dei processi pericolosi* che si instaurano nello *specifico ambiente galleria* in conseguenza all'accadimento degli eventi critici;
- *modelli di simulazione dei processi di pericolosi* che si instaurano nello *specifico ambiente galleria* in conseguenza all'accadimento degli eventi critici;
- *modelli di simulazione del processo di esodo* degli utenti e degli addetti dallo *specifico ambiente galleria* in condizioni di emergenza.

Le funzione distribuzione di probabilità atte a rappresentare il numero di vittime associato all'accadimento degli eventi critici per una galleria ferroviaria, come determinate dall'applicazione della metodologia IRAM-RT, risultano essere le funzioni di Pareto.

Una *funzione di Pareto* è definita dall'espressione:

$$f(x) = ab^a / (x+b)^{(a+1)}$$

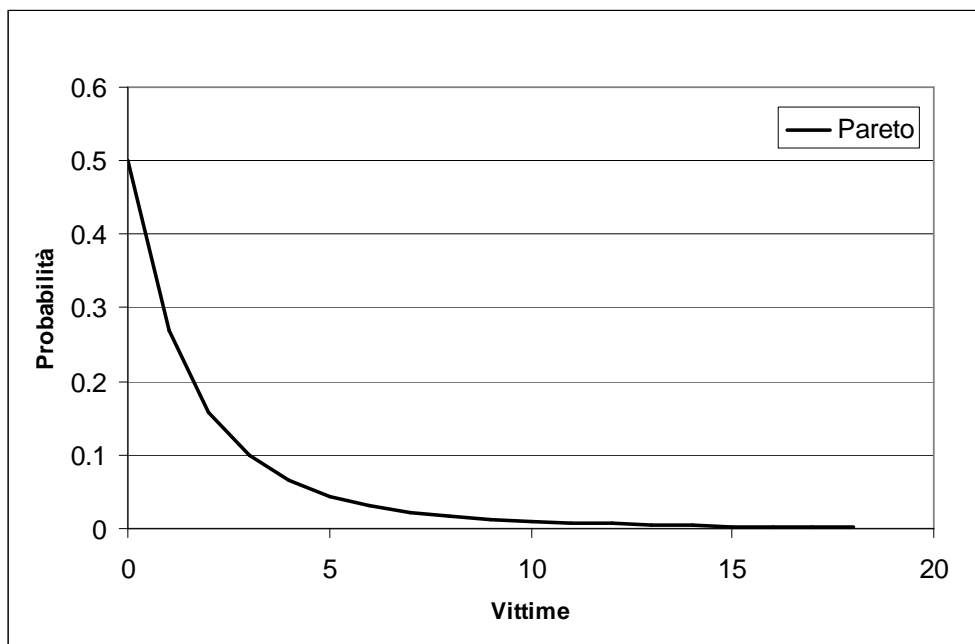
dove  $a$  è parametro caratteristico della funzione di Pareto.

Il *valore medio del numero di vittime* conseguenti all'accadimento dell'evento critico è dato da:

$$E(x) = ba/(a-1).$$

Le funzioni di Pareto appartengono alla famiglia delle *funzioni leggi di potenza* correntemente utilizzate per quantificare le conseguenze attese di eventi critici caratterizzati da basse probabilità di accadimento.

La successiva figura esemplifica l'andamento tipico di una funzione di Pareto:



Le funzioni distribuzione di probabilità rappresentative del numero di vittime e la simulazione statistica degli scenari di esodo sono affette, per costruzione, dalle *incertezze aleatorie* e dalle *incertezze epistemiche*. I pesi relativi delle incertezze introdotte nella determinazione del numero di vittime attraverso la modellazione dei fenomeni pericolosi e del processo di esodo, tuttavia, sono valutabili e quantificabili utilizzando i metodi propri della teoria dell'errore.

### 6.2.1.7 Verosimiglianza statistica e teorema di Bayes

La verosimiglianza statistica di una grandezza rappresenta l'affidabilità delle stime definitive come funzione di distribuzione di probabilità

Il *teorema di Bayes* è lo strumento analitico idoneo ad incrementare la verosimiglianza della stima di una grandezza statistica utilizzando l'*aumento di informazione* derivante dall'acquisizione di nuovi dati.

I nuovi valori possono essere ottenuti tanto dall'*ampliamento delle banche dati* derivante dall'accadimento di nuovi eventi quanto da *esperienze virtuali* condotti attraverso la soluzione di *modelli* rappresentativi dell'evoluzione della grandezza statistica di interesse.

Il suggerimento implicito ad utilizzare il teorema di Bayes nell'analisi di rischio di una galleria ferroviaria è contenuto nel DM 28/10/2005 quando viene previsto l'*aggiornamento periodico* dei valori medi delle grandezze che intervengono nella *definizione di rischio*.

L'indicazione implicita del DM 28/10/2005 all'utilizzo del teorema di Bayes, è stato accolto e reso esplicito nella metodologia IRAM-RT, fino a costituirne uno dei tratti distintivi.

Le caratteristiche del teorema di Bayes, essenziali nell'analisi di rischio, possono essere sintetizzate nella frase :

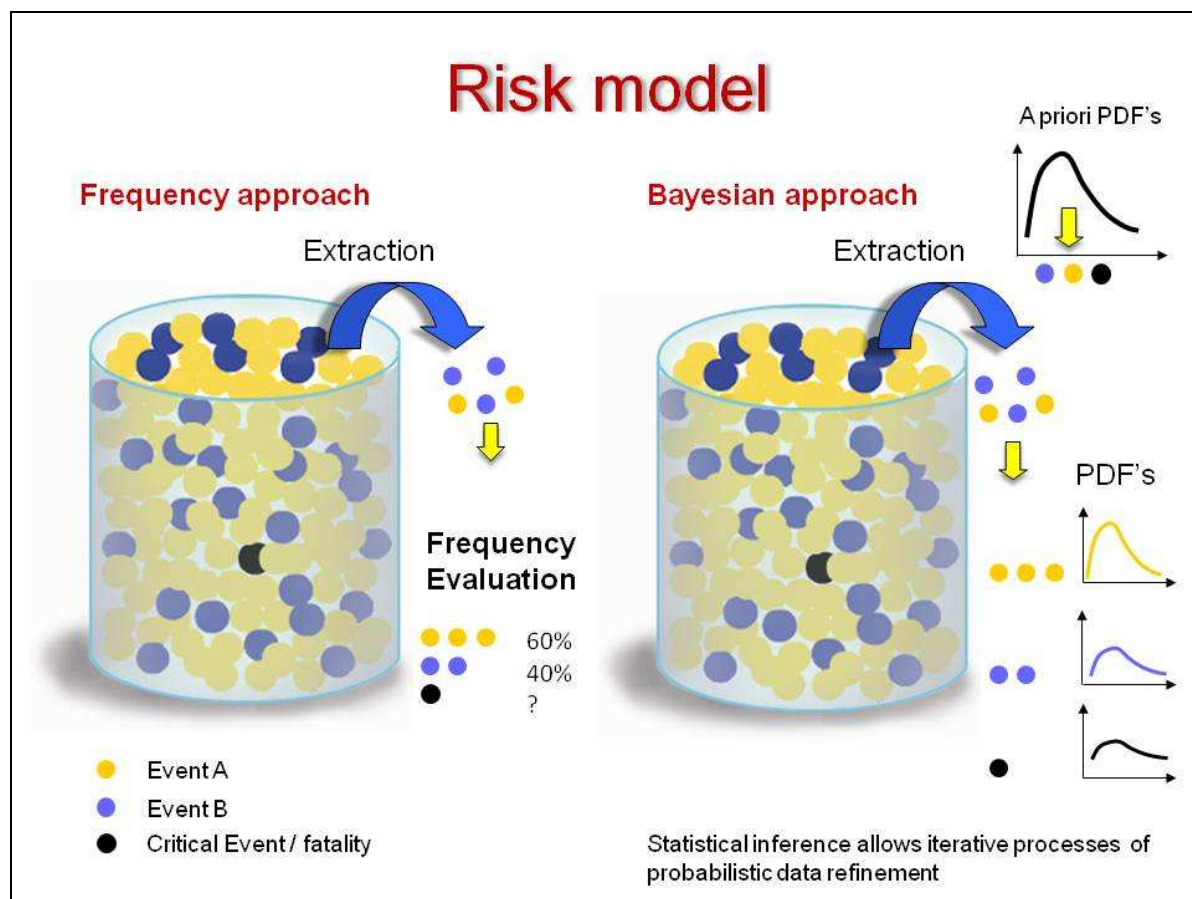
il teorema di Bayes è lo strumento analitico e ben definito attraverso il quale si possono tenere in conto nel calcolo del rischio di una galleria ferroviaria i tassi di accadimento

riferiti ad eventi critici non registrati nelle banche dati, solo perché non ancora verificatisi e non perché non sia possibile che accadano nel corso del ciclo vita di una galleria ferroviaria.

La metodologia IRAM-RT estende l'applicazione del teorema di Bayes a tutte le grandezze statistiche che intervengono nell'analisi di rischio di una galleria ferroviaria.

E' noto che il vantaggio preminente dell'adozione di un approccio bayesiano nell'analisi di rischio dei sistemi di trasporto in sotterraneo (gallerie ferroviarie, gallerie stradali, metropolitane) può essere così sintetizzato:

l'utilizzo di tecniche e metodi di indagine definiti e ripetibili nella stima delle grandezze che intervengono nel calcolo del rischio sociale dei sistemi di trasporto in sotterraneo è sottratto all'alea delle stime derivanti dall'uso improprio di tecniche semiquantitative e pervasive di soggettività di valutazione del rischio (tecnica giudizio degli esperti, matrice di criticità) assicurando il progressivo e coerente aggiornamento dei calcoli del rischio sociale riferito al sistema di trasporto.



### 6.2.1.8 Rischio sociale di una galleria ferroviaria

Il rischio sociale di una specifica galleria ferroviaria, in accordo al DM 28/10/2005, deve essere rappresentato da una curva cumulata complementare.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 135 di 301

L'ottemperanza ai dettati formali del DM 28/10/2005 inerenti la rappresentazione del rischio sociale mediante curve cumulate complementari, nella metodologia IRAM-RT, è ottenuta attraverso la seguente procedura:

determinazione delle funzioni di distribuzione rappresentative delle frequenze di accadimento degli eventi critici per una specifica galleria (F),

determinazione delle funzioni di distribuzione rappresentative del numero atteso di vittime tra gli individui che costituiscono la popolazione coinvolta negli scenari di esodo possibili nella galleria considerata (N), in conseguenza all'accadimento degli eventi critici,

composizione delle funzioni di distribuzione determinate per le frequenze di accadimento degli eventi critici (F) e per il numero atteso di vittime(N).

Le grandezze statistiche (F ed N) individuano, rispettivamente, le ordinate e le ascisse del piano F-N.

Il piano F-N è il piano sul quale sono riportati il livello di rischio tollerabile ed il livello di rischio accettabile fissati per legge.

Il piano F-N è il piano sul quale devono essere tracciate le curve cumulate complementari al fine di verificare la congruità di un progetto della sicurezza di una specifica galleria ferroviaria con i dettati di legge, in accordo al criterio ALARP (As Low As Reasonably Practicable ).

Come è noto Il criterio ALARP (come anche definito nel DM 28/10/2005) recita:

"il progetto di sicurezza per una galleria ferroviaria deve di assicurare, in modo compatibile con i costi di realizzazione ad esso pertinenti, il rischio sociale minimo"

La metodologia IRAM-RT, operando sempre e solo con funzioni distribuzione di probabilità complete, realizza la composizione delle funzioni distribuzione rappresentative della frequenza di accadimento degli eventi critici e del numero di vittime attraverso *operazioni di convoluzione* effettuate tra :

funzioni distribuzione di probabilità e numeri nella determinazione delle frequenze di accadimento a partire dalla funzione di distribuzione rappresentativa dei tassi di accadimento;

funzioni distribuzione di probabilità diverse nella determinazione delle curve cumulate complementari a partire dalle funzioni distribuzione di probabilità determinate per le frequenze di accadimento degli eventi critici e per il numero di vittime.

La metodologia IRAM-RT adottando l'approccio bayesiano nella valutazione della verosimiglianza delle grandezze statistiche di rappresentazione del rischio connesso all'analisi delle incertezze aleatorie ed epistemiche delle variabili di rappresentazione dei processi pericolosi e del processo di esodo , riconduce l'analisi di rischio dei sistemi di trasporto in sotterraneo nell'alveo delle metodologie di analisi sviluppate per la determinazione del rischio dei sistemi di processo e dei sistemi economici (rischi assicurativi, rischi sociali ecc.); ovvero in tutti quei casi in cui l'evento in esame non si è di fatto mai evidenziato, ma non può essere escludibile a priori

Le successive tabelle esemplificano i capisaldi concettuali della metodologia IRAM-RT precedentemente esposti evidenziando in modo didascalico le sequenze computazionali ad essa soggiacenti:

DATI DI INGRESSO	PROCEDIMENTO CALCOLO	RISULTATI
Geometria Lunghezza  Caratterizzazione Traffico <ul style="list-style-type: none"> <li>• Volume traffico</li> <li>• Composizione Traffico(TP/TM/TP-AV)</li> <li>• Velocità Convogli</li> </ul> Armamento Direzionalità, Deviatori	a) Statistica Incidenti Rilevanti	Identificazione Curva Tendenza  Determinazione Funzioni di Distribuzione Tassi di Accadimento  Determinazione Funzioni di Distribuzione Frequenze di Accadimento  Determinazione Funzione Distribuzione Velocità Convogli
Sistemi Sicurezza <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rilevazione</li> <li>• Comunicazione, Illuminazione</li> <li>• RTMS</li> <li>• TPWS</li> <li>• Segnalamento</li> </ul> Affidabilità, Efficienza  Incidentalità Incidenti Rilevanti <ul style="list-style-type: none"> <li>• Deragliamento</li> <li>• Collisione</li> <li>• Incendio</li> </ul>	b) Alberi Eventi Incidenti Rilevanti	Rappresentazione Albero Eventi Incidenti Rilevanti
	c) Calcolo Flusso Pericolo Incendio	
Geometria Lunghezza, Altezza, Sezione	c1) Soluzione Modello Incendio – Monte Carlo	Campo Velocità  Campo Temperatura





DATI DI INGRESSO	PROCEDIMENTO CALCOLO	RISULTATI
<p>Meteorologia del Sito</p> <p>Differenza di Pressione ai Portali, Velocità del Vento</p>	<p>Modello di Incendio</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Localizzazione del Focolaio</li> <li>Potenza Termica</li> <li>Portata Prodotti Combustione</li> <li>Composizione Prodotti Combustione</li> <li>Velocità Flusso Aria</li> </ul>	<p>Campo Concentrazione Fumi</p>
<p>Geometria</p> <p>Lunghezza, Altezza, Sezione</p> <p>Output c1</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Campo Velocità</li> <li>Campo Temperatura</li> <li>Campi Concentrazione</li> </ul>	<p>c2) Zonizzazione Flusso Pericolo Incendio</p>	<p>Determinazione Livelli Locali Temperatura</p> <p>Determinazione Livelli Locali Concentrazione Sostanze Tossiche (CO, HCN, HCl, CO<sub>2</sub>)</p>
	<p>d) Determinazione Numero Vittime Incidenti Rilevanti</p>	
<p>Output a)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Curva Tendenza</li> <li>Funzioni di Distribuzione Tassi di Accadimento</li> <li>Funzioni di Distribuzione Frequenze di Accadimento</li> <li>Funzione di Distribuzione Velocità Convogli</li> </ul>	<p>d1) Soluzione Modello Letalità Deragliamento – Monte Carlo</p>	<p>Determinazione Funzione Distribuzione Vittime Deragliamento</p>
<p>Output a)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Curva Tendenza</li> <li>Funzioni di Distribuzione Tassi di Accadimento</li> <li>Funzioni di Distribuzione Frequenze di Accadimento</li> <li>Funzione di Distribuzione Velocità Convogli</li> </ul>	<p>d2) Soluzione Modello Letalità Collisione – Monte Carlo</p>	<p>Determinazione Funzione Distribuzione Vittime Collisione</p>



DATI DI INGRESSO	PROCEDIMENTO CALCOLO	RISULTATI
<p>Output c2)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Livelli Locali Temperatura</li> <li>Livelli Locali Concentrazione Sostanze Tossiche (CO, HCN, HCl, CO<sub>2</sub>)</li> </ul> <p>Localizzazione del Focolaio</p> <p>Architettura</p> <p>Interdistanza Vie Fuga</p> <p>Caratterizzazione Traffico</p> <p>Volume traffico, Composizione (TP/TM/TP- AV)</p>	<p>d3) Soluzione Modello Esodo – Monte Carlo</p>	<p>Determinazione Funzione Distribuzione Vittime Incendio</p>
<p>Output a)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Funzioni di Distribuzione Tassi di Accadimento</li> <li>Funzioni di Distribuzione Frequenze di Accadimento</li> </ul> <p>Output b)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Albero Eventi</li> </ul> <p>Output d)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Funzione Distribuzione Vittime Deragliamento</li> <li>Funzione Distribuzione Vittime Collisione</li> <li>Funzione Distribuzione Vittime Incendio</li> </ul>	<p>e) Calcolo del Rischio (Prodotto di Convoluzione Funzioni di Distribuzione)</p>	<p>Curve FN</p> <p>Valore Atteso Danno</p> <p>Rischio Individuale</p>

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>Codifica Documento</p> <p>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</p>	<p>Foglio</p> <p>139 di 301</p>

### 6.2.1.9 Passi metodologici

Il presente capitolo concerne la presentazione degli elementi caratterizzanti la Metodologia di Progettazione della Sicurezza ed Analisi di Rischio per una galleria ferroviaria, denominata IRAM-RT, come codificata dalla Prometeo Engineering per risultare congruente con i dettami e le prescrizioni di legge.

I capisaldi dell'IRAM -RT sono:

- Analisi di Sicurezza
- Analisi di Rischio,
- Redazione del Documento di Sicurezza

#### 6.2.1.10 Analisi di Sicurezza

Le fasi caratteristiche dell'Analisi di Sicurezza sono:

- la Schedatura della Galleria,
- la Definizione del Progetto di Sicurezza,
- l'Analisi di Conformità della Galleria.

La schedatura del sistema galleria consiste nella raccolta dei dati inerenti il pentanomio costituito da:

- struttura,
- misure di sicurezza,
- veicoli e traffico,
- ambiente.
- utenti ed addetti,

La definizione del progetto della sicurezza concerne:

- gli obiettivi di sicurezza che devono essere soddisfatti,
- le regole e le prescrizioni assunte come riferimento nel progetto delle misure di sicurezza,
- i vincoli deterministici imposti sulle misure di sicurezza architettoniche e strutturali,
- le prestazioni attribuite ai sistemi di sicurezza,
- i piani di manutenzione, i piani di gestione ordinaria, i piani di gestione delle emergenze previsti per la galleria.

I sistemi di sicurezza sono identificati con i sistemi tecnologici che realizzano le misure di sicurezza impiantistiche e gestionali.

Le prestazioni dei sistemi di sicurezza sono espresse in termini di affidabilità ed efficienza ad essi proprie.

L'analisi di conformità di un sistema galleria comporta:

- l'identificazione della classe di appartenenza del sistema galleria in funzione dei valori assunti dai parametri di sicurezza
- l'identificazione dei deficit nei requisiti minimi di sicurezza e la scelta dei requisiti integrativi di sicurezza

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 140 di 301

L'analisi di conformità effettuata per ottemperare al Componente Prescrittiva del DM 28/10/2005, conclude l'analisi di sicurezza.

### 6.2.1.11 Analisi di Rischio

L'Analisi di Rischio è un processo logico-formale, codificato nei principi e nelle tecniche e gerarchico nelle determinazioni, per il quale è possibile quantificare il rischio pertinente ad un sistema antropico e verificare l'accettabilità del progetto di sicurezza per esso redatto.

Il principio guida dell'analisi di rischio è *il Principio della Difesa Multipla e Profonda* di un sistema antropico rispetto all'attacco di agenti pericolosi per la missione ad esso ascrivita.

Il Principio della Difesa Multipla e Profonda, nella fattispecie di una galleria ferroviaria, è realizzato dotando il sistema di un insieme di Misure di Sicurezza (Requisiti Minimi di Sicurezza), atti a contrastare l'attacco del fenomeno traffico.

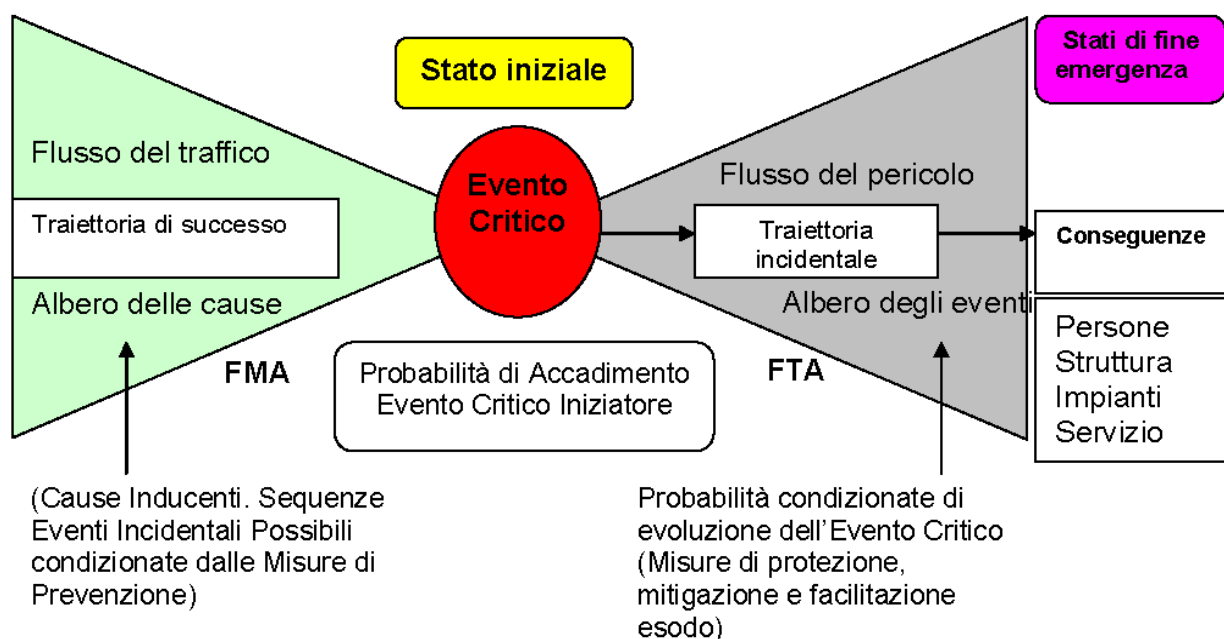
La prassi ingegneristica dell'analisi di rischio distingue le misure di sicurezza in:

- Misure di Sicurezza Preventive,
- Misure di Sicurezza Protettive.

Il Principio della Difesa Multipla e Profonda per uno specifico sistema galleria è esemplificato mediante la Tecnica Diagramma a Farfalla.

Il Diagramma a Farfalla presenta due porzioni disgiunte che individuano i campi di applicazione delle tecniche FMA (Failure Modelling Analysis) e delle tecniche ETA (Event Tree Analysis) separate dall'Evento Critico Iniziatore che identifica lo Stato Iniziale della Traiettoria Incidentale.

Diagramma a Farfalla



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 141 di 301

Una galleria ferroviaria può essere assimilata ad un sistema caratterizzato da una evoluzione determinata dalla destinazione d'uso e dalle misure di sicurezza ad essa proprie ed introdurre il concetto di traiettoria come luogo geometrico dei punti occupati al variare del tempo dal punto materiale rappresentativo del sistema sullo spazio delle configurazioni possibili.

L'identificazione effettuata è alla base della terminologia utilizzata nella caratterizzazione della porzione a sinistra del diagramma a farfalla in termini di traiettoria di successo e della parte destra del diagramma a farfalla in termini di traiettoria incidentale.

La traiettoria descritta dal punto materiale rappresentativo di un sistema galleria sullo spazio delle configurazioni possibili è una traiettoria non deterministica soggetta a fluttuazioni determinate dalle incertezze aleatorie connesse alle variabili scelte per la rappresentazione dell'evoluzione del sistema galleria e delle incertezze epistemiche connesse ai modelli adottati per quantificare l'evoluzione del sistema galleria.

La porzione sinistra del Diagramma a Farfalla concerne:

- la Traiettoria di Successo di un Sistema Galleria,
- le Cause inducenti Sequenze di Eventi Anomali,
- l'Azione di Condizionamento esercitata dalle Misure di Prevenzione sull'Accadimento degli Eventi Pericolosi

L'Albero delle Cause è la Tecnica di Rappresentazione delle Sequenze Incidentali possibili e dell'Azione di Condizionamento delle Misure di Prevenzione.

L'Analisi dell'Albero delle Cause è preposta alla determinazione delle Frequenze di Accadimento degli Eventi Critici.

La porzione destra del Diagramma a Farfalla concerne:

- l'Insieme delle Traiettorie di Emergenza possibili di un Sistema Galleria,
- le Cause inducenti l'Evoluzione di un Sistema Galleria su Traiettorie di Emergenza diverse,
- l'Azione di Condizionamento esercitata dalle Misure di Protezione e le Misure di Mitigazione sul raggiungimento di uno specifico Stato di Fine Emergenza.

Le Traiettorie di Emergenza si assume abbiano origine da uno specifico insieme probabilistico di Eventi Critici e terminino in uno specifico insieme probabilistico di Stati di Fine Emergenza, caratterizzato da specifiche Conseguenze sugli Elementi Sensibili del Sistema galleria, in funzione delle misure di sicurezza adottate e delle prestazioni ad esse ascritte.

L'analisi di rischio può essere vista come uno strumento analitico e ben definito idoneo a quantificare l'applicazione tra due insiemi probabilistici.

Gli Eventi Critici per un sistema galleria ferroviaria identificati dal DM 28/10/2005 ed analizzati nel progetto della sicurezza sono:

- Deragliamenti,
- Collisioni,
- Incendi.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>Codifica Documento</p> <p>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</p>	<p>Foglio</p> <p>142 di 301</p>

Gli Eventi Critici per i Sistemi Galleria, in quanto elementi di un insieme probabilistico, godono delle seguenti proprietà formali:

- sono eventi caratterizzati da basse probabilità di accadimento ed elevate conseguenze;
- sono eventi discreti nel tempo, affatto analoghi alle catastrofi naturali, che soddisfano statistiche specifiche, note come statistiche estremali.

Gli Elementi Sensibili del Sistema galleria sono:

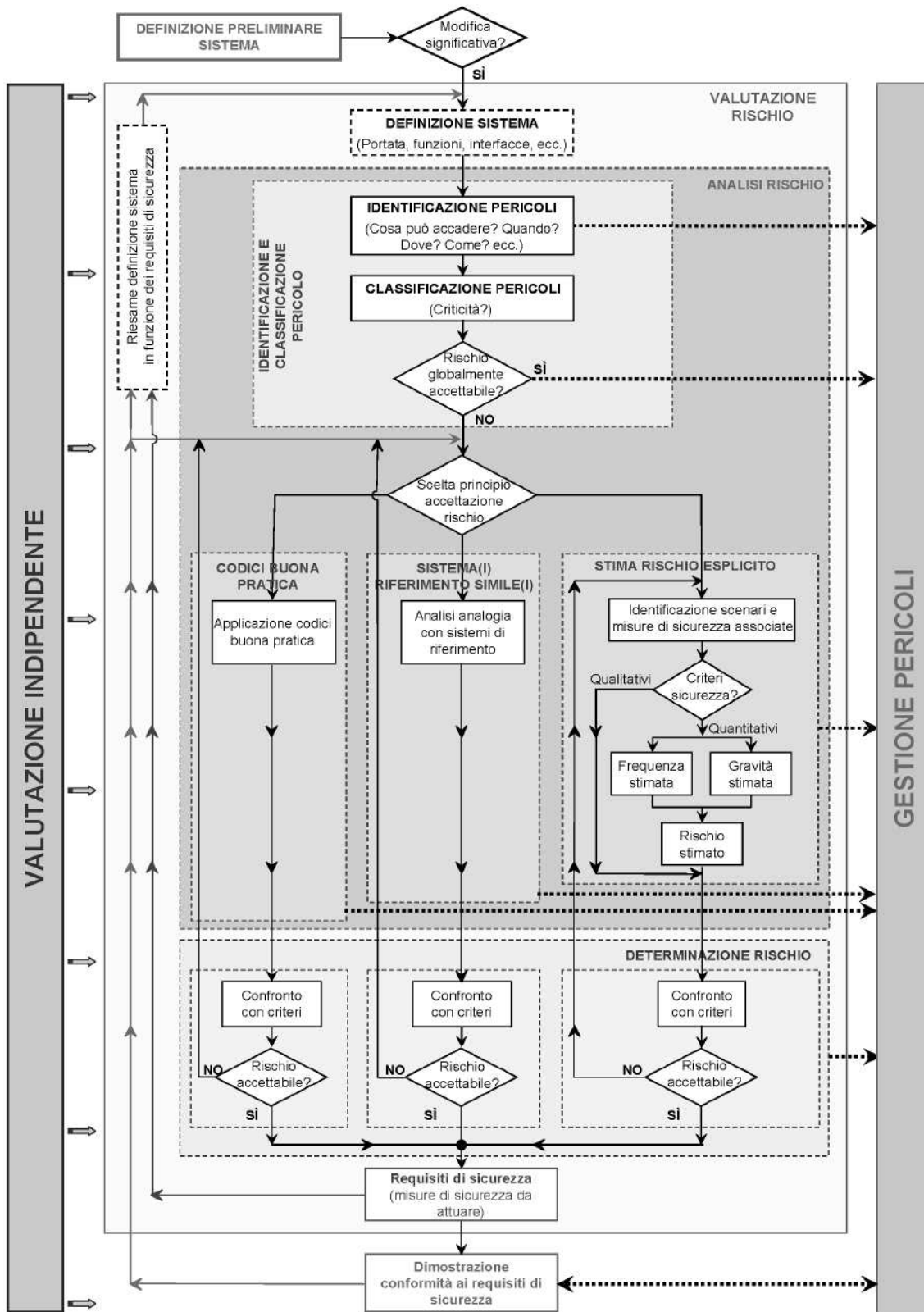
- Popolazione Esposta,
- Sistemi di Sicurezza,
- Struttura,
- Ambiente Circostante.

La Popolazione Esposta è costituita da:

- Utenti,
- Addetti al Servizio.

Il Danno è identificato con le Conseguenze Attese sulla Salute degli Elementi Sensibili del Sistema Galleria valutate su un insieme statistico di Scenari di Esodo.

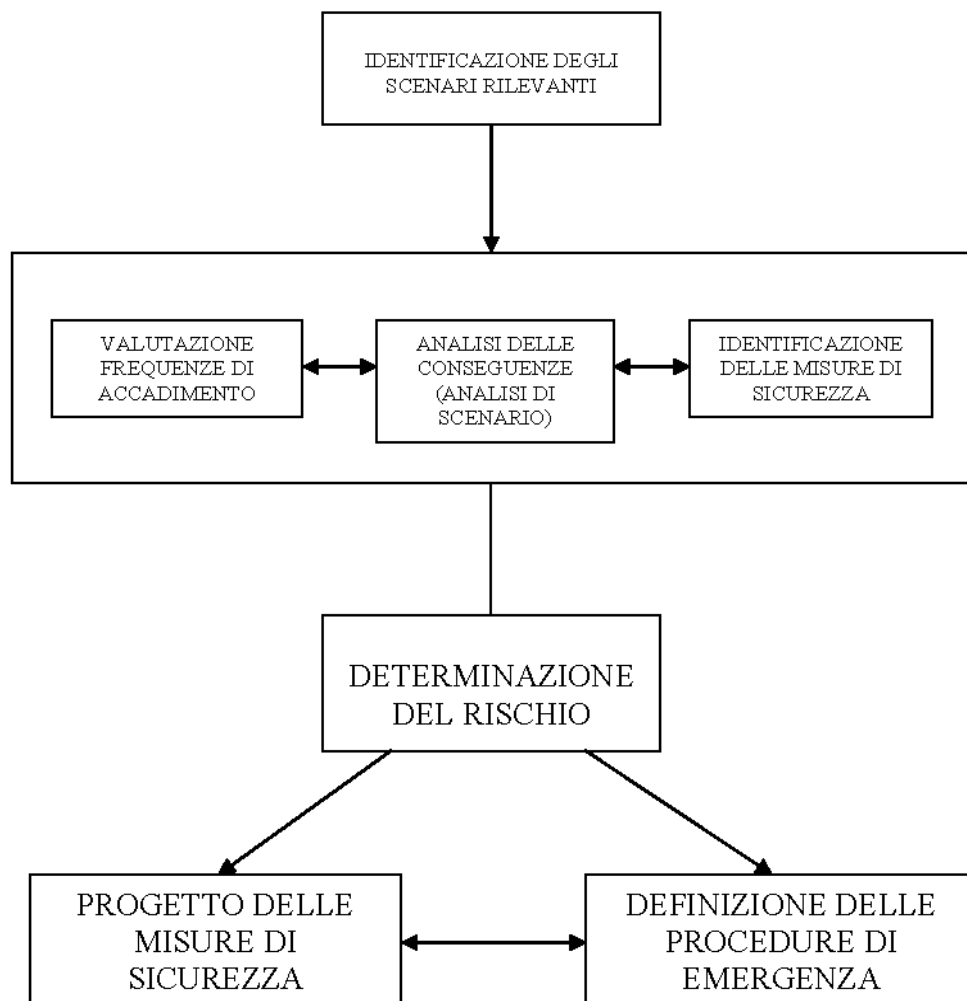
La successiva figura illustra come la Metodologia italiana per l'analisi di rischio nelle gallerie definita dal DM 28/10/2005 si inquadra nell'ambito del metodo comune di valutazione dei rischio definito dal regolamento CE n. 352/2009.



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 144 di 301

### 6.2.1.12 Capisaldi dell'analisi di rischio

I capisaldi dell'analisi di rischio per un sistema galleria ferroviaria, come tratteggiata nell'Allegato III del DM 28/10/2005, sono sintetizzati nella successiva figura.



#### Fasi dell'analisi di rischio

Le fasi entro le quali si struttura la procedura di analisi di rischio per un sistema galleria ferroviaria possono essere così sintetizzate:

- Analisi della Pericolosità di un Sistema Galleria Ferroviaria,
- Analisi Statistica dei Dati di Incidentalità,
- Definizione di un Modello di Rischio,
- Gestione del Rischio.

L'Analisi della Pericolosità di un Sistema Galleria Ferroviaria concerne:

- la classificazione dei pericoli,
- l'identificazione degli eventi pericolosi,



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 145 di 301

- la selezione degli eventi critici iniziatori.

L'analisi di pericolosità è condotta utilizzando la tecnica Giudizio degli Esperti integrata dalle risultanze derivanti dall'Analisi Statistica delle Banche Dati sull'Incidentalità disponibili.

L'Analisi Statistica dei Dati di Incidentalità comporta:

- la selezione delle Banche Dati inerenti gli Eventi Incidentali registrati a livello di rete, a livello di tratta, a livello di sistema,
- l'applicazione di tecniche note ed accettate di analisi statistica finalizzate alla determinazione delle Funzioni di Distribuzione rappresentative dell'Incidentalità a livello di rete, a livello di tratta, a livello di sistema.

Le banche dati utilizzate per effettuare l'analisi di rischio dei sistemi galleria oggetto della presente relazione sono:

- Banca Dati Incidenti (BDI) relativa al periodo 1/1/1995 ÷ 31/12/2000
- Banca Dati Sicurezza (BDS) relativa al periodo 1/1/2001 ÷ 31/12/2010
- Banca Dati BDSTAT-Trenitalia

Le banche dati considerate sono banche dati costruite in accordo alla procedura definita dall'ente di elaborazione statistica europeo Union Internationale des Chemins de Fer (UIC).

La necessità di definire un *Modello di Rischio* discende dalla natura della grandezza Rischio: il rischio connesso al progetto della sicurezza di un sistema antropico non è una grandezza misurabile.

Il rischio connesso al progetto della sicurezza di un sistema di trasporto in sotterraneo può essere definito come:

$$R = \int_{-\infty}^{+\infty} g(s') \cdot P(s = s') ds'$$

dove  $g(s')$  è una funzione che trasforma una generica misura di severità in una misura di severità rilevante per il sistema di trasporto considerato;  $P(s=s')$  è la probabilità che la misura di severità  $s'$  si verifichi.

La definizione di rischio adottato nella quantificazione del rischio connesso al progetto della sicurezza di uno specifico sistema galleria ferroviaria è una definizione probabilistica nella formulazione e fattoriale nella struttura che può essere riscritta come:

$$R = F * C$$

dove  $F$  è la funzione di distribuzione rappresentativa delle frequenze di accadimento degli scenari rilevanti, ovvero, degli scenari di esodo conseguenti all'accadimento di un insieme statistico di eventi critici,  $C$  è la funzione di distribuzione rappresentativa delle conseguenze attese sulla popolazione esposta valutata su un insieme statistico di scenari di esodo,  $*$  è l'operazione prodotto di convoluzione tra le due funzioni di distribuzione.

Le grandezze frequenze di accadimento degli scenari rilevanti e conseguenze attese sulla popolazione esposta possono essere considerate:

- variabili statistiche mutuamente indipendenti,

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 146 di 301

- variabili statistiche correlate attraverso l'azione di idonei fattori di influenza ovvero attraverso l'efficacia del sistema di trasporto ferroviario.

L'operazione prodotta di convoluzione si effettua con metodi analitici e numerici noti ed accettati seppure diversi al variare delle proprietà matematiche delle funzioni di distribuzione alle quali è applicato:

- prodotto ordinario tra numeri quando si assuma che le grandezze di rappresentazione del rischio siano definite in termini di valori medi (funzioni di distribuzione uniformi),
- prodotto di convoluzione quando si assuma che le grandezze di rappresentazione del rischio siano definite da funzioni di distribuzione generiche.

Il Rischio associato al progetto di sicurezza di uno specifico sistema galleria può essere rappresentato mediante idonee Misure di Rischio:

Misure di Rischio Sociale rappresentate mediante Funzioni di Distribuzione Cumulate Complementari che quantificano il Numero Atteso di Fatalità tra la Popolazione Esposta,

Misure di Rischio Individuale rappresentate mediante un Numero attraverso il quale si quantifica la Probabilità di Decesso di un Singolo Individuo appartenente alla Popolazione Esposta.

La Gestione del Rischio comporta:

- la verifica dei Criteri di Accettazione del Rischio da parte del progetto della sicurezza redatto,
- l'applicazione del Criterio Costi-Sicurezza nell'assunzione di Decisioni Informate sul Rischio connesso al progetto della sicurezza redatto da parte del Gestore del sistema di trasporto.

La verifica dei criteri di accettazione del rischio connesso al progetto della sicurezza di uno specifico sistema galleria è effettuata riportando le Curve Cumulate Complementari rappresentative della Misura di Rischio Sociale associata al progetto della sicurezza redatto su un Diagramma F-N sul quale sono riportate le Rette rappresentative del Livello di Rischio Tollerabile e del Livello di Rischio Accettabile fissati dal legislatore.

I criteri di accettazione del rischio sono verificati quando:

- le Curve Cumulate Complementari ricadono nella Zona di Attenzione (Zona ALARP) compresa fra le rette rappresentative dei livelli di rischio tollerabile ed accettabile,
- le Curve Cumulate Complementari si collocano nella Zona di Accettabilità al di sotto della Retta rappresentativa del Livello di Rischio Accettabile.

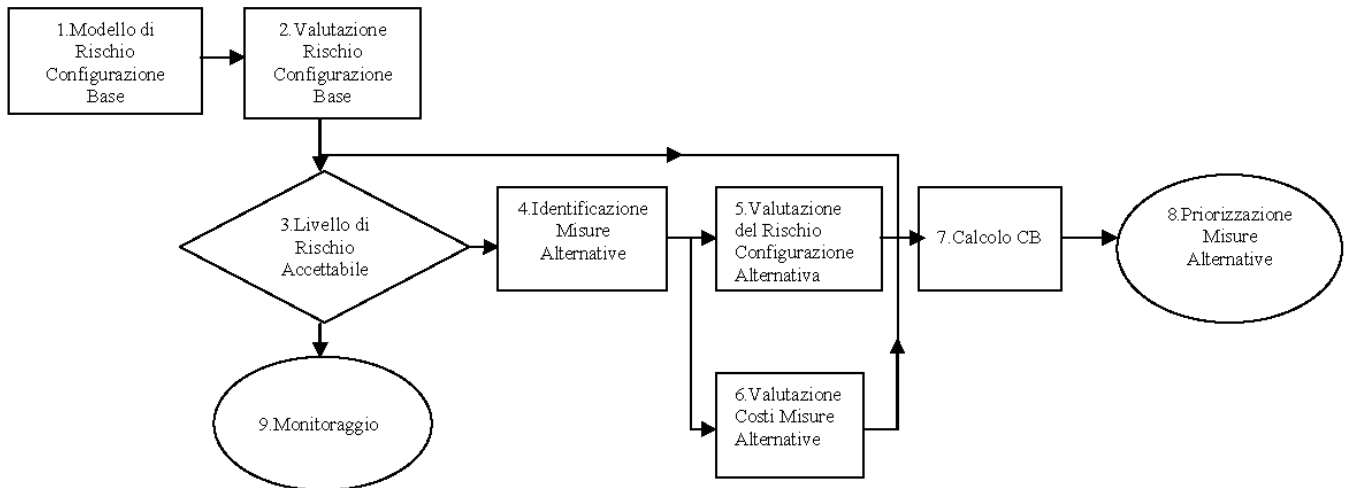
L'applicazione del Criterio Costi Sicurezza comporta il calcolo del seguente rapporto:

$$CB = \frac{Rischio_{CasoBase} - Rischio_{SoluzioniIntegrative}}{Costi}$$

dove  $Rischio_{CasoBase}$  e  $Rischio_{SoluzioniIntegrative}$  rappresentano, rispettivamente, gli Indicatori Globali del Rischio determinati per due Progetti di Sicurezza da confrontare; Costi rappresentano, rispettivamente, le Valutazioni di Spesa connesse alla realizzazione dei due Progetti della Sicurezza oggetto di confronto.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 147 di 301

Il successivo diagramma di flusso esemplifica la procedura di applicazione del Criterio Costi-Sicurezza.

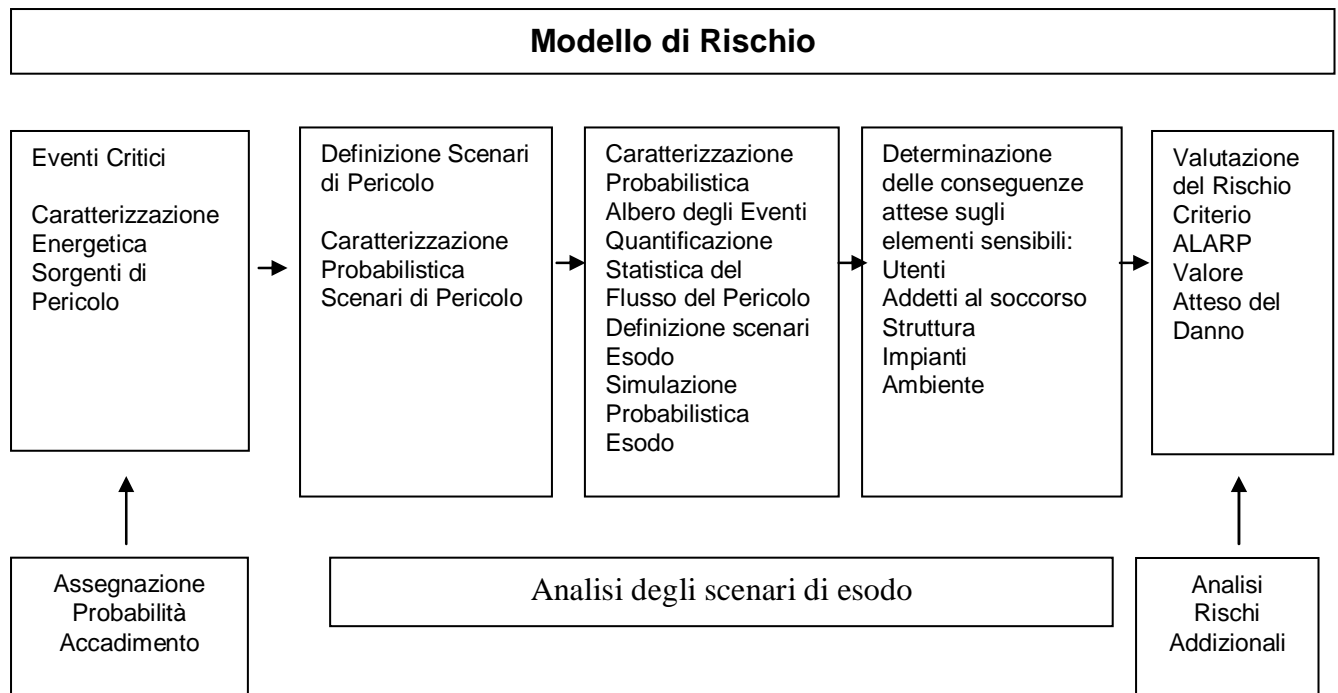


#### 6.2.1.13 Determinazione del rischio pertinente ad un sistema galleria ferroviaria

La quantificazione delle grandezze che compaiono nel modello di rischio adottato nel DM 28/10/2005 richiede:

- la Caratterizzazione Statistica dell' Insieme Probabilistico degli Eventi Critici Iniziatori,
- la Formulazione dell'Albero degli Eventi,
- la Identificazione dei Fattori di Influenza,
- la Derivazione degli Scenari Rilevanti,
- la Formulazione e la Soluzione di Modelli di Simulazione del Flusso del Pericolo,
- la Definizione e la Caratterizzazione degli Scenari di Esodo,
- la Formulazione e la Soluzione di Modelli Statistici del Processo di Esodo,
- la Determinazione e la Rappresentazione delle Misure di Rischio.
- La successiva figura sintetizza il modello di rischio adottato nell'IRAM-RT.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b> Foglio 148 di 301



#### 6.2.1.14 Caratterizzazione Statistica dell'Insieme Probabilistico degli Eventi Critici Iniziatori

La Caratterizzazione Statistica dell'Insieme Probabilistico degli Eventi Critici Iniziatori comporta:

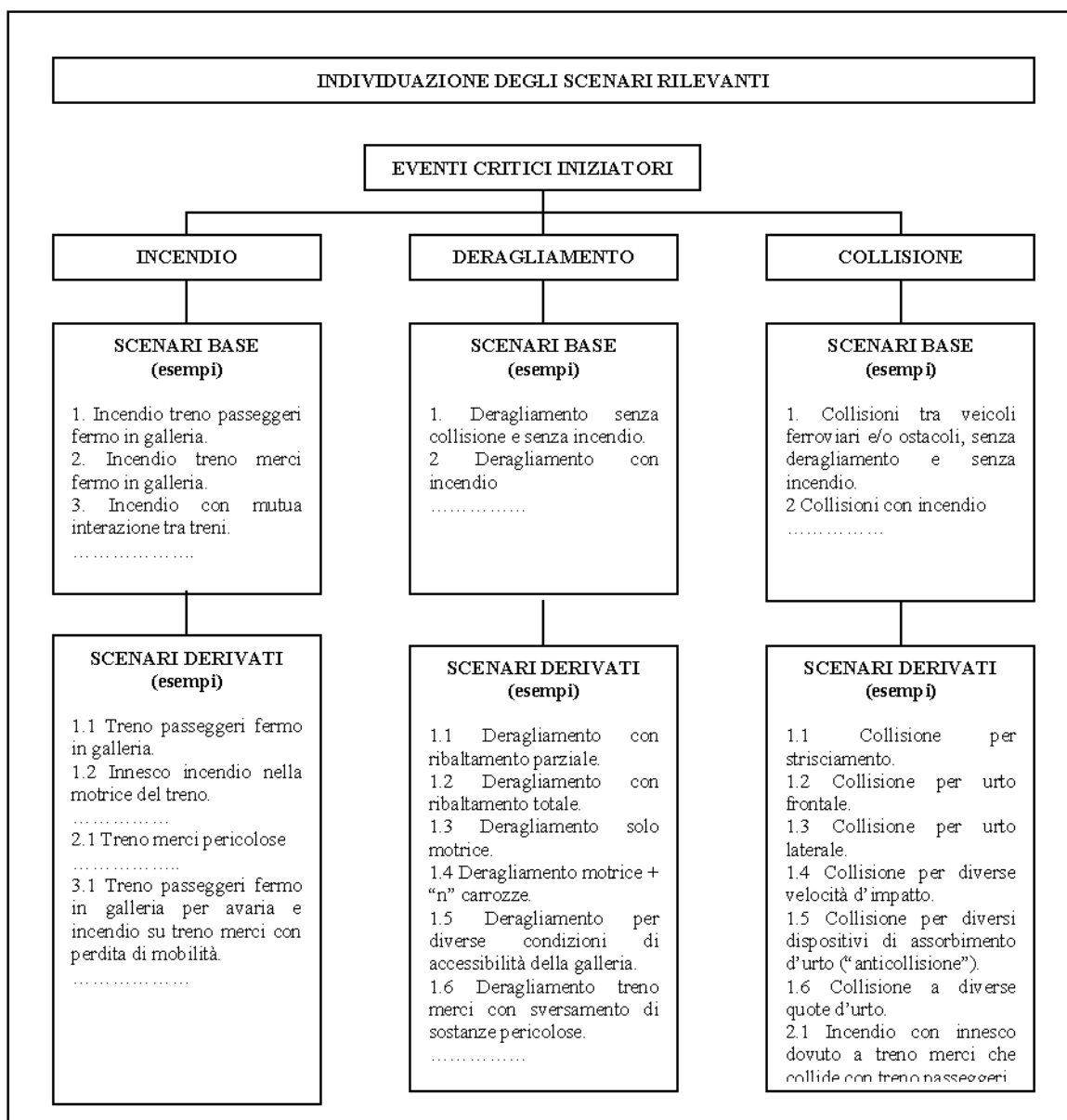
- l'applicazione di tecniche note ed accettate di Analisi Statistica Multivariata per la determinazione delle Funzioni di Distribuzione per i Tassi di Accadimento e delle Funzioni di Distribuzione per le Frequenze di Accadimento degli Eventi Critici Iniziatori, ovvero, la determinazione dei Valori Medi dei Tassi di Accadimento e dei Valori Medi delle Frequenze di Accadimento degli Eventi Critici Iniziatori per uno specifico sistema galleria.

Le modalità seguite nella valutazione delle grandezze di interesse possono essere così sintetizzate:

- le Funzioni di Distribuzione dei Tassi di Accadimento degli Eventi Critici sono state determinate dall'analisi statistica dei dati di incidentalità e sono state identificate con Funzioni di Distribuzione di Poisson caratterizzate da coefficienti variabili in funzione della tipologia degli eventi critici;
- le Funzioni di Distribuzione delle Frequenze di Accadimento degli Eventi Critici sono state determinate moltiplicando le Funzioni di Distribuzione dei Tassi di Accadimento degli Eventi Critici per il Volume di Traffico Annuo incidente sulla struttura e per la Lunghezza della struttura.

#### 6.2.1.15 Individuazione degli Scenari Rilevanti

L'individuazione degli Scenari Rilevanti è condotta secondo le modalità esemplificate nella successiva figura.



### 6.2.1.16 Alberi degli eventi

L'introduzione nell'ingegneria della sicurezza dell'albero degli eventi come tecnica di rappresentazione a valutazione del rischio di un sistema di processo risale ad uno studio comparso nel 1975 inerente la sicurezza di un reattore nucleare.

La tecnica albero degli eventi consente di analizzare, con livelli di accuratezza diversi, una sequenza incidentale indotta dall'accadimento di un evento pericoloso iniziatore.

Un esempio paradigmatico di applicazione della tecnica albero degli eventi nell'analisi delle sequenze incidentali possibili indotte da eventi critici iniziatori tipici di un sistema ferroviario, è il modello di rischio globale Safety Risk Model (SRM) sviluppato per la rete ferroviaria inglese, comprendente gli alberi relativi a 120 eventi pericolosi.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 150 di 301

Il modello SRM è stato assunto come fonte di riferimento per la formulazione degli alberi degli eventi propri di un sistema di trasporto ferroviario e come fonte di dati per le stime delle variabili di rappresentazione degli eventi pericolosi utilizzate nella tecnica albero degli eventi.

Le stime tratte dal modello SRM sono state adeguate alla realtà della rete ferroviaria italiana in base all'analisi statistica delle banche dati di incidentalità disponibili per determinare le frequenze di accadimento, le probabilità di transizione tra i rami, le conseguenze attese sulla popolazione esposta.

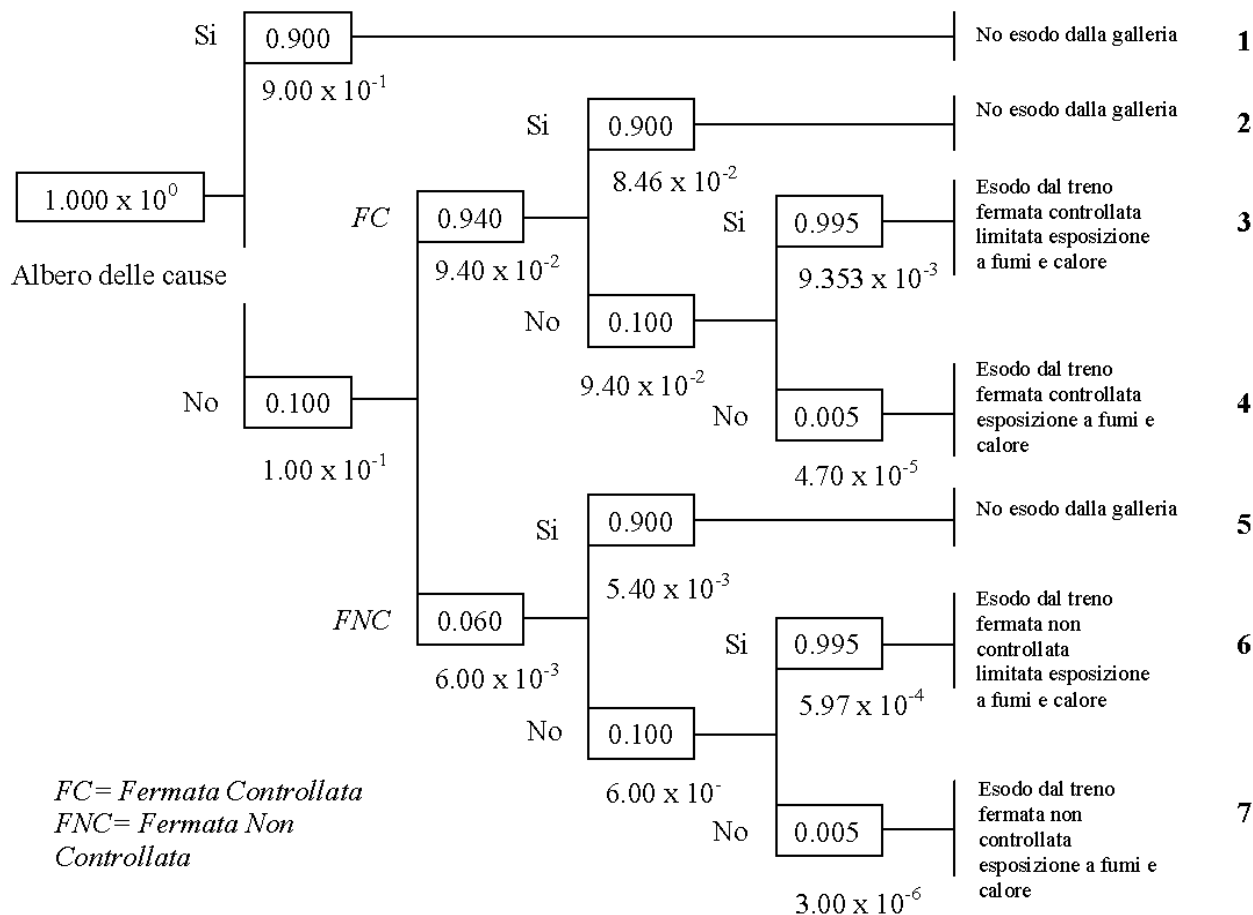
Un modello globale di rischio, ancorché utile come fonte di informazione sulle stime di esperti sul rischio associato ad una rete di trasporto, non può essere applicato in modo diretto ed acritico ad uno specifico tratto della rete quale si configura una galleria. Un approccio corretto applicazione della tecnica albero degli eventi ad una galleria ferroviaria riposa sulla sistemizzazione del grafo corrispondente ad un albero formulato per una rete di trasporto e sulla introduzione delle probabilità di transizione tra i rami dell'albero in modo che le stime di rischio inglobino le condizioni specifiche pertinenti all'elemento di sistema galleria considerato quali determinate dalle caratteristiche geometriche ad esso proprie e dalle prestazioni attribuite alle misure di sicurezza in esso previste e realizzate. La tecnica dei reticoli bayesiani, sviluppato nell'ambito dell'intelligenza artificiale ed applicata nell'analisi di rischio di sistemi di processo nei quali assumono un ruolo significativo le misure di sicurezza procedurali e gestionali, può essere utilizzata per generalizzare la tecnica albero degli eventi ad includere relazioni logiche tra variabili probabilistiche rappresentative di cause indirette di accadimento degli eventi incidentali non consentite dalla logica booleana soggiacente alla tecnica albero degli eventi.

### 6.2.1.17 Eventi ed esiti

La tecnica albero degli eventi presuppone la suddivisione di un incidente in un insieme discreto di eventi a partire da un evento critico iniziatore. Ogni evento dell'insieme origina un insieme finito di esiti. Gli eventi definiscono una sequenza parametrizzata dalla variabile tempo, condizionata dalle prestazioni delle misure di sicurezza. Gli esiti possibili di tutti gli eventi sono rappresentati mediante un grafo ad albero e ogni ramo dell'albero individua una traiettoria incidentale possibile, come determinata dai vincoli imposti dalle prestazioni delle misure di sicurezza, per la quale si valutano le conseguenze attese attraverso l'applicazione della tecnica giudizio degli esperti, ovvero, la simulazione dei processi pericolosi.

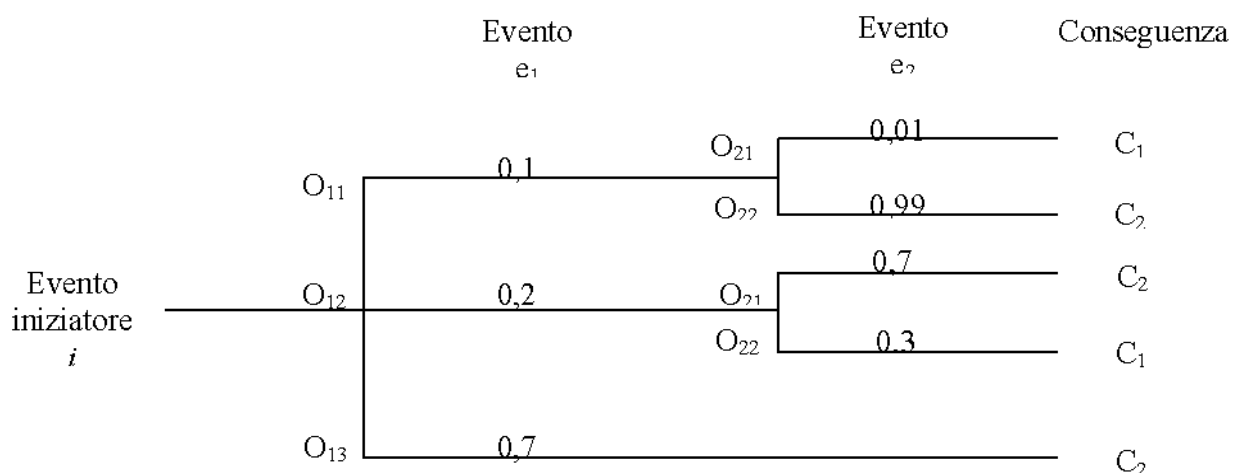
La successiva figura esemplifica l'utilizzo della tecnica Albero degli Eventi nella Quantificazione del Rischio conseguente all'accadimento di un Evento Critico Incendio.

Frequenze di accadimento di eventi di incendio in una galleria	Il treno deve procedere fuori dalla galleria	La fermata è controllata o non controllata	Il focolaio è estinto localmente	Sviluppo dell'incendio controllato durante l'esodo	Tipologia esodo	Scenari di fine emergenza
Incidente/treno km	Si/No	C/NC	Si/No	Si/No		



### 6.2.1.18 Probabilità e conseguenze

Si consideri l'albero degli eventi mostrato in figura.



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 152 di 301

Esistono due eventi: l'evento  $e_1$  ha tre esiti possibili ( $O_{11}$ ,  $O_{12}$ ,  $O_{13}$ ), mentre l'evento  $e_2$  ha due esiti possibili ( $O_{21}$ ,  $O_{22}$ ). Le differenti conseguenze sono indicate con i simboli ( $C_1$ ,  $C_2$ ). La conseguenza  $C_1$  risulta dalla sequenza  $i \rightarrow O_{11} \rightarrow O_{21}$  così come dalla sequenza  $i \rightarrow O_{12} \rightarrow O_{22}$ .

Le formule logiche per le conseguenze considerate possono essere scritte come:

$$C_1 = (O_{11} \wedge O_{21}) \vee (O_{12} \wedge O_{22})$$

$$C_2 = (O_{11} \wedge O_{22}) \vee (O_{12} \wedge O_{21}) \vee O_{13}$$

La probabilità di ciascuna conseguenza è calcolata dalla probabilità degli eventi, determinate dai dati storici disponibili, dall'esperienza, dalla simulazione degli eventi.

La probabilità dell'esito  $O_{11}$  per l'evento  $e_1$ , nell'esempio analizzato, risulta essere determinata pari a 0,1. Tuttavia, la probabilità di un esito può dipendere dagli esiti degli eventi precedenti sulla traiettoria analizzata.

La probabilità dell'esito  $O_{21}$  dell'evento  $e_2$ , nell'esempio analizzato, dipende dall'esito dell'evento  $e_1$ . Le probabilità associate ai rami dell'albero per l'evento  $e_2$  sono probabilità condizionate:

$$p(O_{21}|O_{11}), p(O_{22}|O_{11}), p(O_{21}|O_{12}), p(O_{22}|O_{12})$$

Le probabilità delle conseguenze ( $C_1$ ,  $C_2$ ) sono calcolate moltiplicando le probabilità lungo ciascun ramo dell'albero e sommando le probabilità dei rami che originano la medesima conseguenza:

$$C_1: \quad 0,1 \times 0,01 + 0,2 \times 0,3 = 0,061$$

$$C_2: \quad 0,1 \times 0,99 + 0,2 \times 0,7 + 0,7 = 0,939$$

Le formule logiche utilizzate per la valutazione delle conseguenze soffrono dei seguenti limiti: l'informazione in esse contenuta su come l'esito di un evento sia influenzato dagli eventi precedenti è identicamente nulla; l'informazione in esse contenuta sull'ordinamento temporale degli eventi è identicamente nulla.

### 6.2.1.19 Reticoli bayesiani

Un reticolo bayesiano (directed acyclic graph), per definizione, esemplifica le dipendenze possibili tra un insieme di variabili statistiche ed è costituito da nodi ed archi.

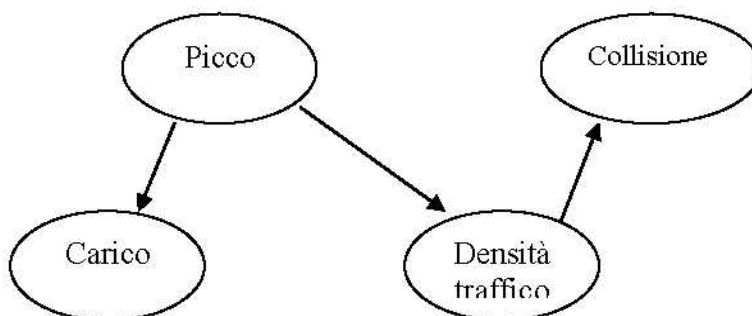
I nodi rappresentano le variabili aleatorie: ciascuna variabile possiede un insieme finito di stati possibili; lo stato assunto dalla variabile può essere sconosciuto, lo stato è caratterizzato da una specifica probabilità.

Gli archi rappresentano l'influenza statistica: lo stato di una variabile influenza la probabilità degli stati di un'altra variabile: ciascuna variabile è caratterizzata in termini di una tavola di probabilità condizionate che quantificano le probabilità pertinenti a ciascuno stato delle variabili di interesse, per ogni combinazione possibile degli stati delle variabili ad essa coniugabili e coniugate.

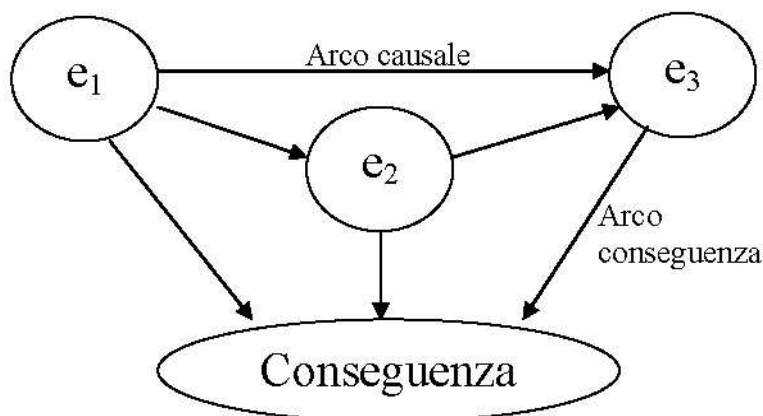
Un reticolo bayesiano, in definitiva, è idoneo a modellare relazioni causali incerte.



La successiva figura mostra un reticolo bayesiano tipico per un sistema di trasporto ferroviario, nel quale è esemplificata l'influenza del tempo di percorrenza (picco/fuori-picco) sul carico e sulla densità di traffico.



Un singolo albero degli eventi può essere rappresentato utilizzando un reticolo bayesiano come mostrato in figura:



Il reticolo contiene una variabile per ciascuno evento considerato nell'albero degli eventi ed una singola variabile conseguenza.

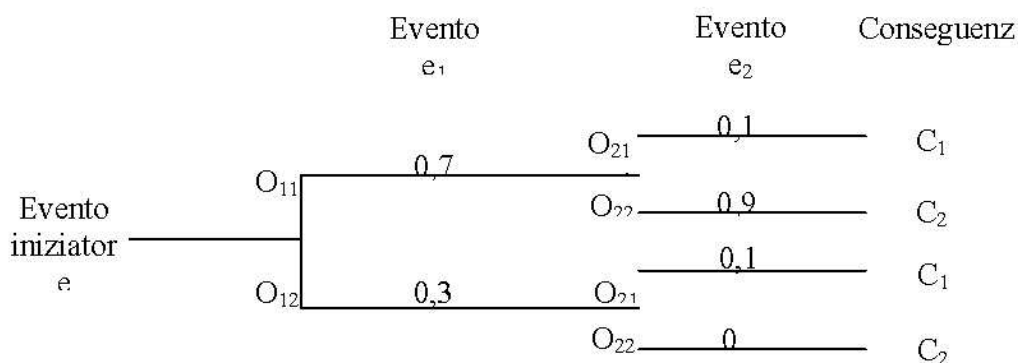
Due diverse tipologie di archi completano il reticolo: i) gli archi conseguenza connettono ciascun nodo evento al nodo conseguenza attraverso una relazione deterministica: la tavola delle probabilità condizionate per il nodo conseguenza quantifica la relazione logica tra gli eventi e la conseguenza; ii) gli archi causali possono connettere un evento ad un altro evento: l'evento  $e_1$  influenza la probabilità di accadimento dell'evento  $e_2$ , ovvero, l'evento  $e_1$  è un fattore causale per l'evento  $e_2$ .

Il reticolo bayesiano mostrato in figura presenta tutti gli archi causali possibili: alcuni degli archi causali, tuttavia, possono essere eliminati.

Un arco causale che connette l'evento  $e_t$  ad un evento precedente  $e_f$  è necessario solo se le probabilità associate ai rami per l'evento  $e_t$  dipendono dall'esito dell'evento  $e_f$ .

L'osservazione dell'albero degli eventi consente di verificare l'eliminazione di un ramo causale sul reticolo bayesiano.

Consideriamo l'albero degli eventi mostrato in figura.



I rami per l'esito  $O_{21}$  hanno probabilità 0,1 ed i rami per l'esito  $O_{22}$  hanno probabilità 0,9:

$$p(e_2 = O_{21} | e_1 = O_{11}) = p(e_2 = O_{21} | e_1 = O_{12}) = 0,1$$

$$p(e_2 = O_{22} | e_1 = O_{11}) = p(e_2 = O_{22} | e_1 = O_{12}) = 0,9$$

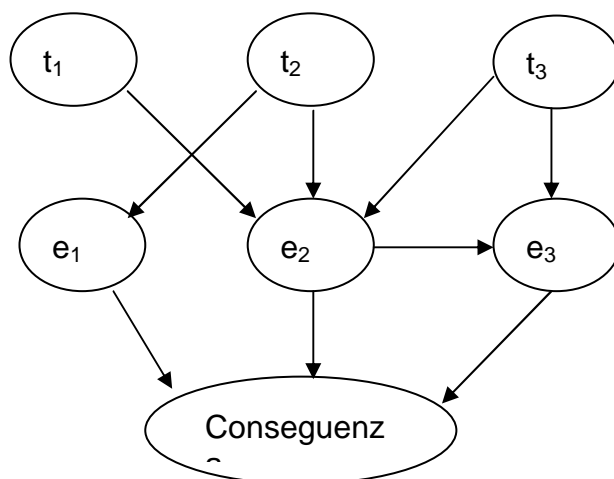
Le probabilità dell'esito dell'evento  $e_2$  non dipendono dall'esito dell'evento  $e_1$  così che è possibile non tracciare un arco causale tra l'evento  $e_1$  e l'evento  $e_2$ .

La generalizzazione della tecnica albero degli eventi è basata sull'osservazione che mentre un incidente (deragliamento) include eventi uguali o simili in modo indipendente dal luogo ove esso si verifica, esistono fattori diversi che modificano le probabilità di accadimento dell'incidente in luoghi diversi (stazione, deposito, galleria).

I fattori che modificano la probabilità di accadimento in funzione delle caratteristiche locali di una rete ferroviaria possono essere rappresentati come variabili in un reticolo bayesiano:

- ciascun fattore influenza uno oppure diversi eventi;
- la tavola delle probabilità condizionate per un evento fornisce la probabilità di ciascun esito dell'evento, per ogni stato dei fattori che influenzano l'evento.

Un'esemplificazione dell'inclusione dei fattori di influenza sulla probabilità dell'esito di un evento è mostrata nella successiva figura.



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC	Foglio 155 di 301

La tecnica albero degli eventi prevede l'analisi degli effetti dei fattori di influenza.

Consideriamo un albero degli eventi esteso (reticolo bayesiano). Siano:

C = variabili conseguenza

E = insieme degli eventi

F = insieme dei fattori d'influenza

$E_e$  = insieme degli eventi che influenzano l'evento(e)

$F_e$  = insieme dei fattori che influenzano l'evento (e)

La distribuzione di probabilità congiunta per le variabili conseguenza ed i fattori di influenza è data da:

$$p(C, F) = p(C|F) \prod_{f \in F} p(f)$$

dove  $\prod_{f \in F} p(f)$  è la produttoria delle distribuzioni di probabilità  $p(f)$  per tutte le variabili fattore

di influenza nell'insieme  $F$  e si assume che esse siano mutuamente indipendenti.

La funzione di distribuzione per le conseguenze è data da:

$$p(C, F) = \sum_{e \in E} p(C|E) \prod_{e \in E} p(e|E_e, F_e) \prod_{f \in F} p(f)$$

dove  $\sum_{e \in E}$  è la sommatoria sugli stati di tutte le variabili e nell'insieme  $E$ .

Si ha:

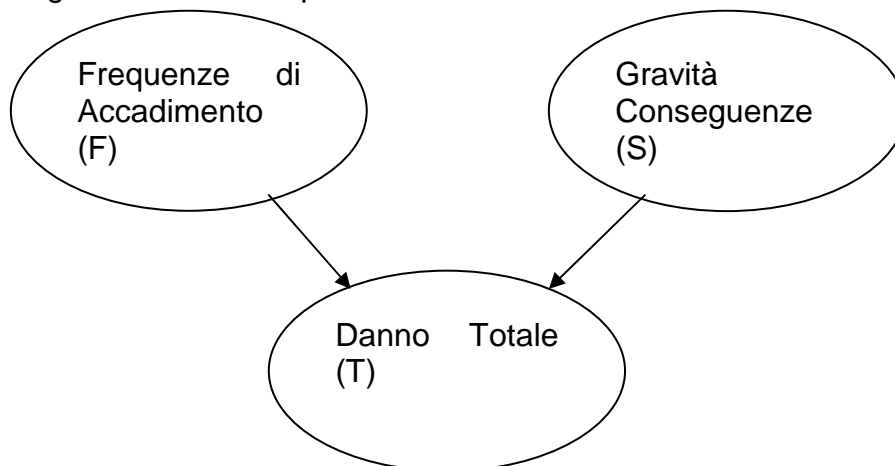
$$p(C|F) = \sum_{e \in E} p(C|E) \prod_{e \in E} p(e|E_e, F_e)$$

Un reticolo bayesiano, in quanto albero degli eventi generalizzato, può rappresentare differenti alberi degli eventi distinti da diverse probabilità di transizione tra i rami, ovvero, degenerare in un singolo albero degli eventi.

La prassi consolidata nell'Analisi di Rischio assume le Frequenze di Accadimento e le Conseguenze Attese siano Variabili Statistiche Indipendenti definendo il legame statistico con il Danno attraverso la relazione:

$$P(F, S; D) = P(D | F, S) \cdot P(S) \cdot P(F)$$

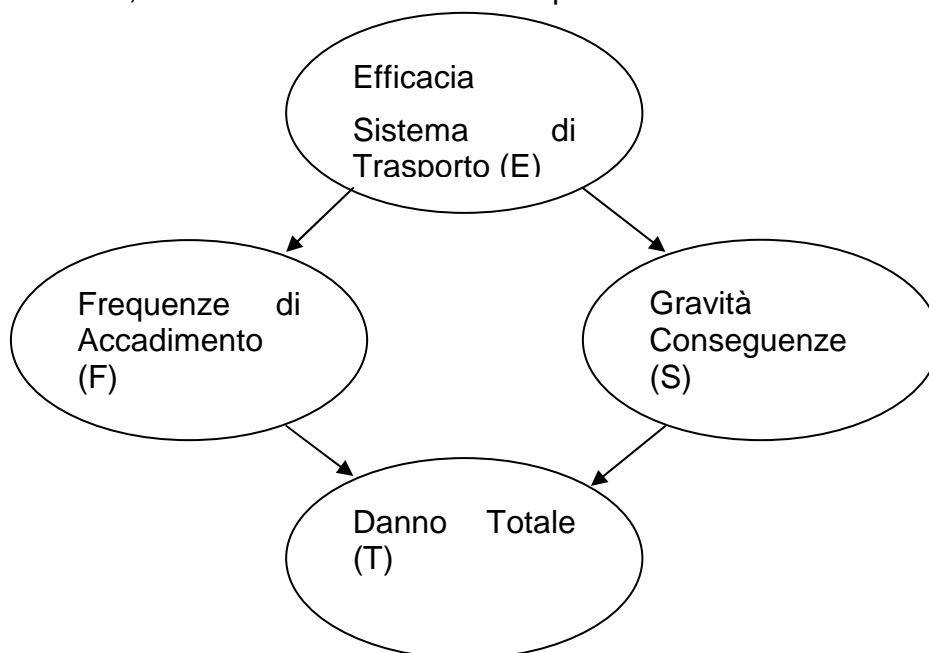
La successiva figura visualizza la prassi descritta:



La Procedura di Analisi di Rischio codificata nell'IRAM –RT assume:

- le Frequenze di Accadimento (F) e le Conseguenze Attese (S) siano Variabili Statistiche Correlate attraverso l'Efficacia del Sistema di Trasporto;
- l'Efficienza del Sistema di Trasporto dipenda da:  
Qualità delle Procedure Operative,  
Prestazioni delle Misure di Sicurezza,  
Qualità degli Addetti .

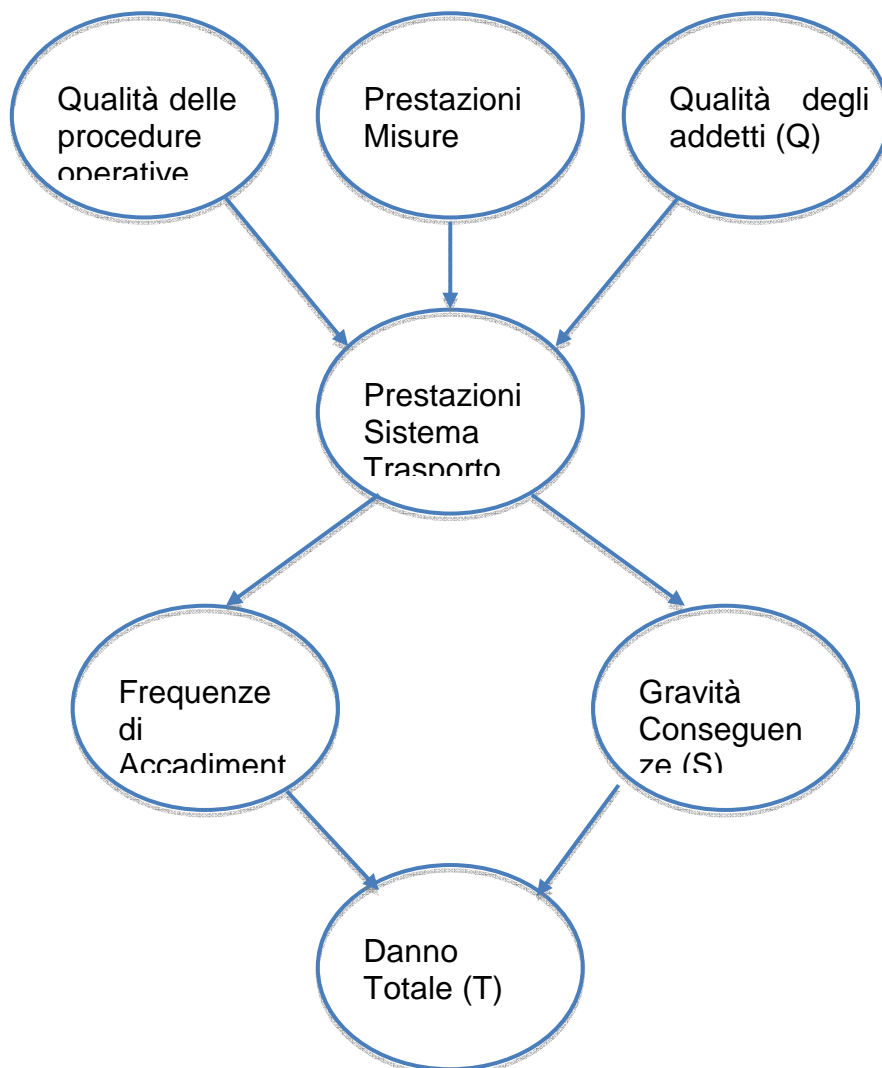
La successiva figura esemplifica la Correlazione tra Frequenze di Accadimento, Conseguenze Attese, Efficacia del Sistema di Trasporto.



Il legame statistico tra le variabili di rappresentazione del rischio nella Procedura di Analisi di Rischio codificata nell'IRAM –RT: è definito attraverso la relazione:

$$P(F, S, D; E) = P(D | F, S) \cdot P(S | E) \cdot P(F | E)P(E)$$

Il concetto di Reticolo Bayesiano utilizzato per caratterizzare la Covarianza delle Frequenze di Accadimento e della Gravità delle Conseguenze dall'Efficacia del Sistema di Trasporto Ferroviario è esemplificato nella successiva figura



Le funzioni di distribuzione derivate dalle simulazioni sono confrontate con le funzioni di distribuzione determinate applicando tecniche di analisi statistica multivariata idonee al trattamento di insiemi di dati ridotti nel numero degli elementi quali sono gli insiemi dei dati disponibili per le conseguenze derivanti dall'accadimento di scenari rilevanti caratterizzati da basse probabilità di accadimento ed elevate conseguenze.

La verosimiglianza delle determinazioni è ottenuta verificando che le funzioni di distribuzione che rappresentano le conseguenze attese su un insieme statistico di scenari di esodo siano compatibili con l'ipotesi di autosimilarità correntemente associata ai fenomeni ed ai processi pericolosi.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 158 di 301

La tecnica dei reticoli bayesiani consente la definizione di un'efficienza globale del sistema di trasporto esprimibile in funzione delle variazioni dei tassi di accadimento degli eventi critici e delle prestazioni delle misure di sicurezza.

$$\varepsilon = 1 - \frac{e^{-\lambda(\tau_f)} * \tau_f}{e^{-\lambda(\tau_i)} * \tau_i}$$

Dove  $e^{-\lambda(\tau_f)}$  e  $e^{-\lambda(\tau_i)}$  rappresentano il contributo delle misure di sicurezza gestionali,  $\tau_f$  e  $\tau_i$  rappresentano il contributo determinato dal miglioramento delle prestazioni dei sistemi di sicurezza, espresso in termini di riduzione dell'inefficienza nel tempo.

Formulazione e soluzione di modelli di simulazione del flusso del pericolo

La Formulazione e la Soluzione di Modelli di Simulazione del Flusso del Pericolo in un Sistema Galleria Ferroviaria finalizzata alla Quantificazione del Flusso del Pericolo connesso all'accadimento di uno Scenario Rilevante è dettata dalla necessità di caratterizzare l'Ambiente entro il quale si esplica il Processo di Esodo della Popolazione Esposta.

L'Ambiente è determinato dalle evoluzioni spaziali e temporali delle variabili di rappresentazione dei fenomeni e dei processi chimico-fisici indotti dall'accadimento degli scenari di pericolo e condizionate dalle prestazioni dei sistemi di sicurezza.

Esempi di modelli da formulare e risolvere nella determinazione del flusso del pericolo in uno specifico sistema galleria ferroviaria sono:

- modelli di simulazione della dinamica trasversale dei convogli e degli urti tra convogli ed ostacoli,
- modelli di simulazione della dinamica longitudinale dei convogli e degli urti tra convogli ed ostacoli,
- modelli di simulazione di eventi di incendio in ambiente confinato.

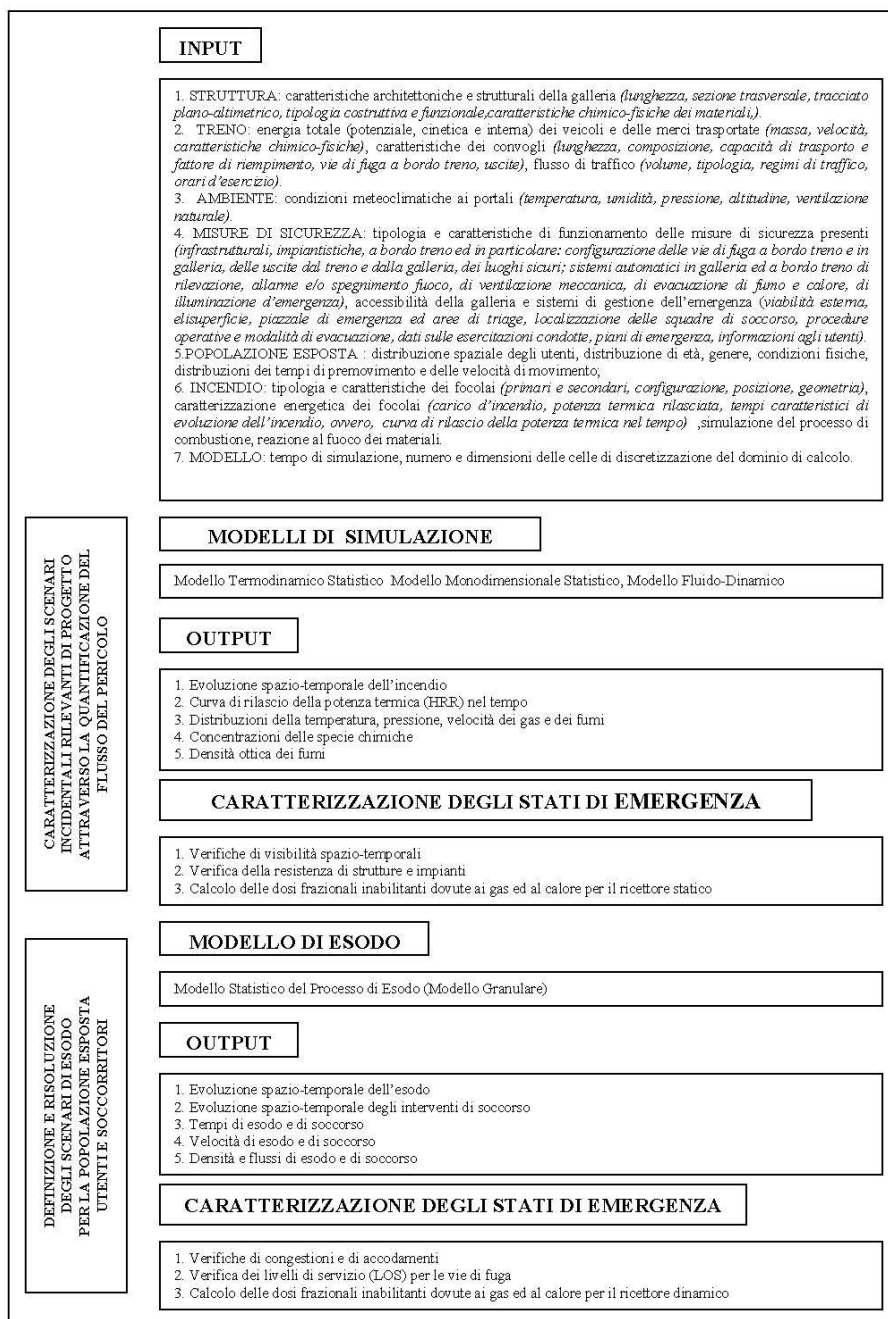
I modelli per la determinazione del flusso del pericolo possono essere formulati come:

- modelli deterministici,
- modelli statistici.

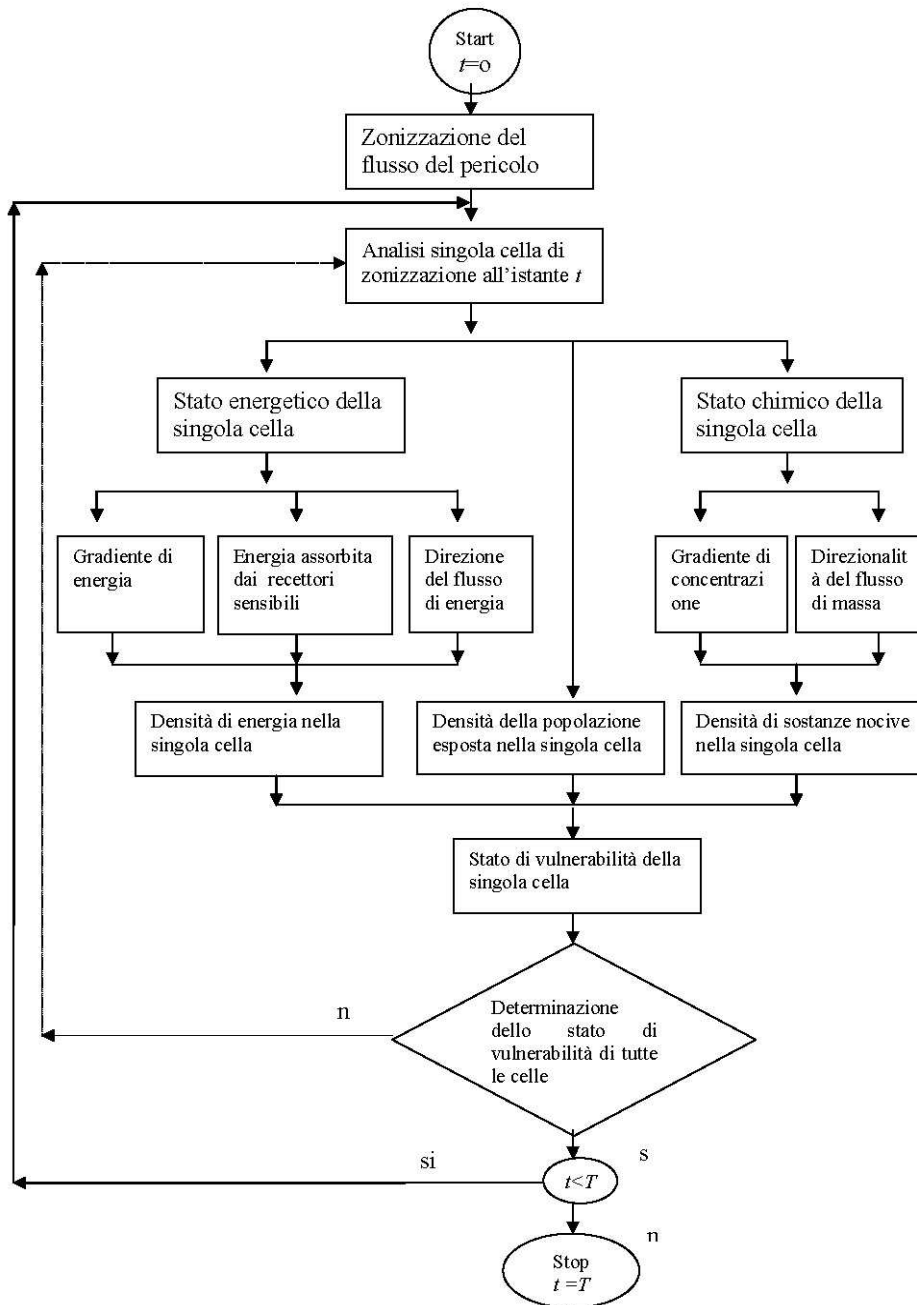
La soluzione dei modelli di determinazione del flusso del pericolo può essere ottenuta con:

- tecniche di integrazione analitiche e numeriche
- tecniche di integrazione statistiche.

La formulazione e la soluzione di Modelli di Simulazione del Flusso del Pericolo nel sistema galleria conseguente all'accadimento degli Scenari Rilevanti è esemplificata, per l'evento critico incendio, nella successiva tabella.



Il successivo diagramma di flusso esemplifica la procedura adottata per la Zonizzazione del Flusso del Pericolo e la determinazione dello Stato di Vulnerabilità Locale all'interno di una galleria conseguente all'accadimento di uno Scenario Rilevante.





GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 161 di 301

### 6.2.1.20 Definizione e caratterizzazione degli scenari di esodo

La definizione e la caratterizzazione degli Scenari di Esodo sono ottenute introducendo i seguenti parametri:

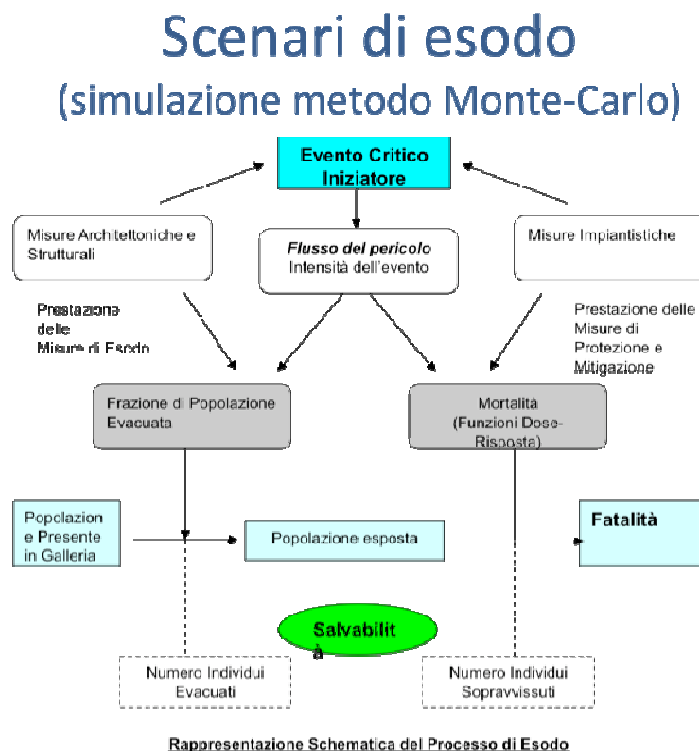
parametri geometrici caratterizzanti i percorsi di esodo e la distribuzione iniziale della popolazione esposta,

parametri caratterizzanti la popolazione esposta in termini di età, genere, condizioni fisiche, tempi di reazione, velocità di movimento,

parametri caratterizzanti l'ambiente all'interno della struttura ottenuti dalla simulazione e zonizzazione del flusso del pericolo,

parametri caratterizzanti le procedure di emergenza previste per gli utenti ed addetti e per il personale dei servizi di soccorso.

La successiva figura esemplifica la definizione di uno scenario di esodo:

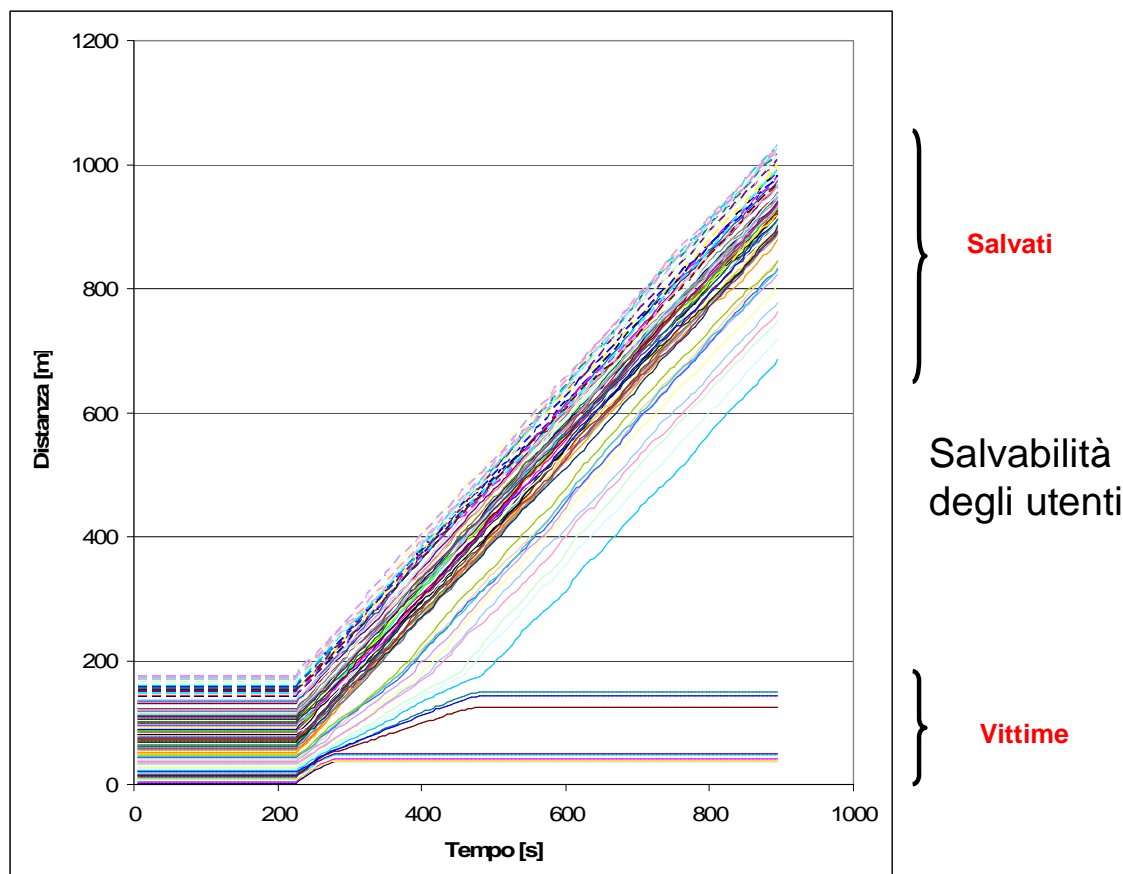


Le variabili di rappresentazione degli scenari di esodo trattate come variabili statistiche nella simulazione del processo esodo sono:

- posizione focolaio,
- potenza del focolaio,
- velocità dell'aria in galleria,
- tempo di rilevazione,
- tempo di attivazione dei sistemi sicurezza,
- tempi di risposta degli utenti e degli addetti,

- velocità di esodo.

La successiva figura esemplifica i risultati forniti da un modello di simulazione del processo di esodo di tipo granulare risolto con tecniche statistiche Monte Carlo.



I risultati forniti dalla soluzione dei Modelli Statistici di Simulazione del Flusso del Pericolo e da Modelli di Simulazione Statistica del Processo di Esodo sono rappresentati mediante idonee Funzioni di Distribuzione che quantificano le Conseguenze Attese sulla Popolazione Esposta valutate su un Insieme Statistico di Scenari di Esodo.

La successiva figura mostra l'approccio utilizzato nell'IRAM-RT per determinare la saldabilità degli utenti e degli addetti al soccorso utilizzando i concetti di tempo disponibile per l'esodo (A-SET) e di tempo richiesto per l'esodo (R-SET) in accordo al DM 9/5/2007 "Direttive per l'attuazione dell'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 163 di 301

## Ingegneria della Sicurezza Antincendio - Approccio Prestazionale

**Tempo di Esodo in Sicurezza Disponibile**      **Tempo di Esodo in Sicurezza Richiesto**

**ASET**

**RSET**

Dinamica Evento di Incendio

Dinamica Popolazione Esposta

Vincoli Sistemi di Sicurezza

Percorsi di Esodo

### Componenti Stocastiche

Tasso di Crescita del Focolaio

Tempo di Rilevazione

Tempo di Rilevazione ed Attivazione

Tempo di Allarme

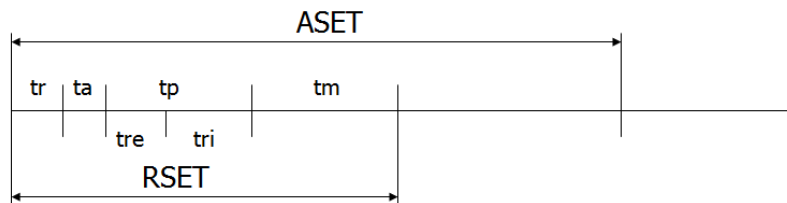
Tempo di Attivazione Sistema di Ventilazione

Tempo di Pre-movimento

Efficienza del Sistema di Ventilazione

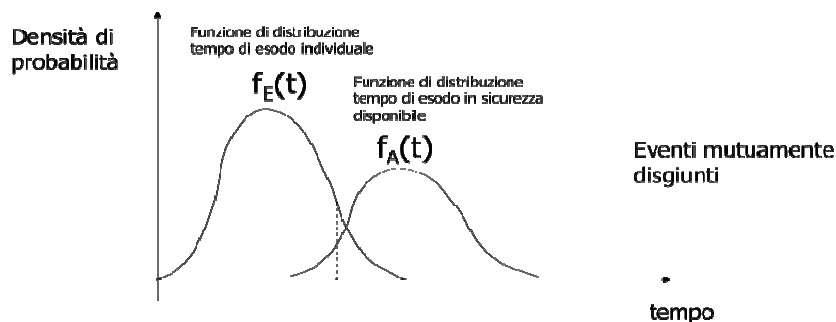
Tempo di Movimento

### Funzioni di Distribuzione



La successiva figura mostra la sovrapposizione possibile tra la funzione di distribuzione del tempo di esodo individuale e la funzione di distribuzione del tempo di esodo in sicurezza disponibile dalla quale discende la probabile esistenza di un numero finito di vittime tra la popolazione esposta.

## Conseguenze



$$\text{Popolazione esposta} = N \int_0^{\infty} f_E(t) dt$$

$$\text{Numero di fatalità} = \int_0^{\infty} \left[ \left( N \int_0^{\infty} f_E(t) dt \right) \cdot f_A(t) \right] dt$$

$$\text{Probabilità di Accadimento ASET} = f_A(t) dt$$

### 6.2.1.21 Determinazione e rappresentazione delle misure di rischio.

La *Determinazione e la Rappresentazione delle Misure di Rischio* nell'IRAM-RT è condotta ampliando la procedura di Quantificazione del Rischio tratteggiata nel DM 28/10/2005 assumendo:

le Frequenze di Accadimento e le Conseguenze Attese come determinate dall'applicazione di tecniche di Analisi Statistica Multivariata ai dati di incidentalità siano

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 164 di 301

Variabili Statistiche Correlate attraverso l'Efficacia del Sistema di Trasporto Ferroviario (Reticolo Bayesiano),

le Frequenze di Accadimento siano rappresentate da Funzioni di Distribuzione determinate dalla Soluzione di Modelli Deterministici e Statistici di Rappresentazione dell'Evoluzione degli Scenari Rilevanti, gli Scenari Rilevanti non coincidano con gli Scenari di Esodo,

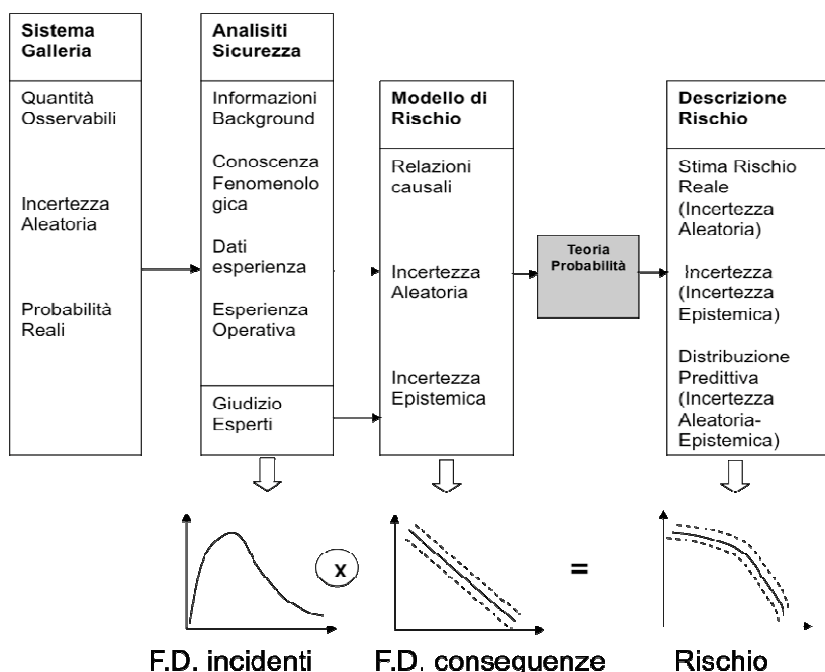
le Conseguenze Attese sulla Popolazione Esposta siano rappresentate da Funzioni di Distribuzione determinate dalla Soluzione di Modelli Deterministici e Statistici di Evoluzione del Flusso del Pericolo determinato dall'accadimento degli Scenari Rilevanti e dalla Soluzione di Modelli Statistici del Processo di Esodo della Popolazione Esposta dalla struttura galleria.

La natura statistica delle variabili di rappresentazione del rischio, il livello di conoscenza scientifica acquisita sui fenomeni ed i processi pericolosi, il livello di verosimiglianza dei modelli di simulazione nel riprodurre i tratti caratteristici dei fenomeni e dei processi pericolosi, generano le incertezze aleatorie e le incertezze epistemiche associate ad un qualsivoglia modello di rischio.

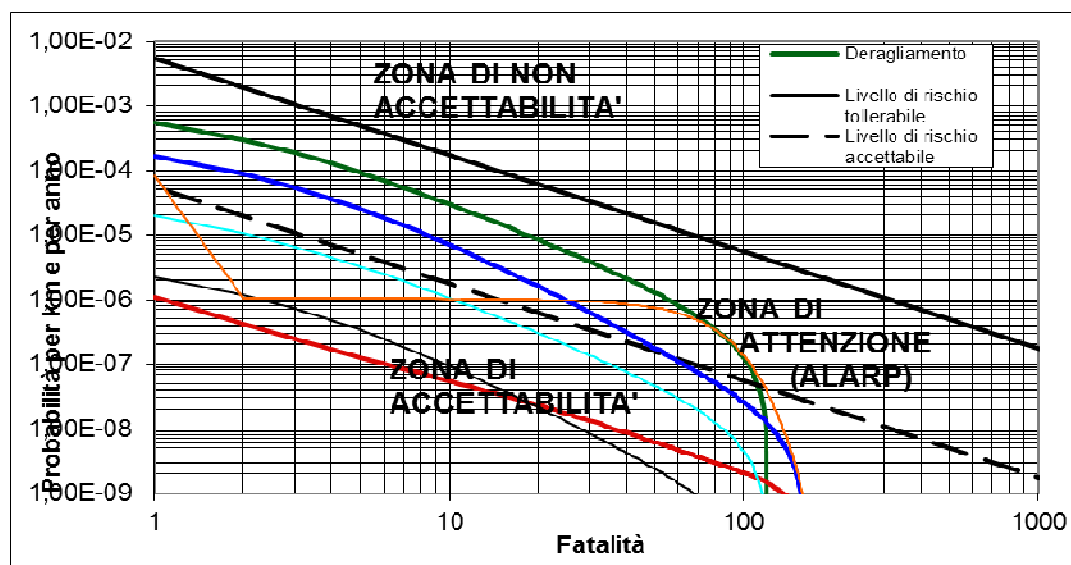
La consapevolezza dell'esistenza di incertezze aleatorie ed epistemiche nei modelli di rischio richiede che esse siano analizzate e quantificate così da valutare l'accuratezza delle determinazioni ottenute sul rischio associato al progetto di sicurezza di uno specifico sistema galleria ferroviaria.

Il modello di rischio adottato nell'IRAM-RT, al fine di ribadire la natura statistica delle variabili di rappresentazione del rischio (incertezze aleatorie) e l'incompletezza delle conoscenze scientifiche e dei modelli di rappresentazione dei fenomeni e dei processi pericolosi (incertezze epistemiche) è denominato Modello di Rischio Bayesiano con Analisi delle Incertezze Aleatorie ed Epistemiche.

La successiva figura mostra lo Schema Concettuale soggiacente alla Procedura di Analisi di Rischio codificata nell'IRAM-RT.



La successiva figura esemplifica i risultati ottenuti dall'applicazione della Procedura di Analisi di Rischio codificata nell'IRAM-RT in termini di Misure di Rischio Sociale calcolate per il Progetto della Sicurezza di un Sistema Galleria Ferroviaria.



La differenza tra l'Informazione sul Rischio connesso ad un Progetto della Sicurezza di un Sistema Galleria Ferroviaria ottenuta applicando la Procedura di Analisi di Rischio codificata nell'IRAM-RT e l' Informazione sul Rischio connesso sullo stesso Progetto della Sicurezza di un Sistema Galleria Ferroviaria ottenuta applicando la Procedura di Analisi di Rischio tratteggiata nell'Allegato III del DM 28/10/2005 appare evidente dal confronto tra le modalità di determinazione e rappresentazione delle Misure di Rischio.

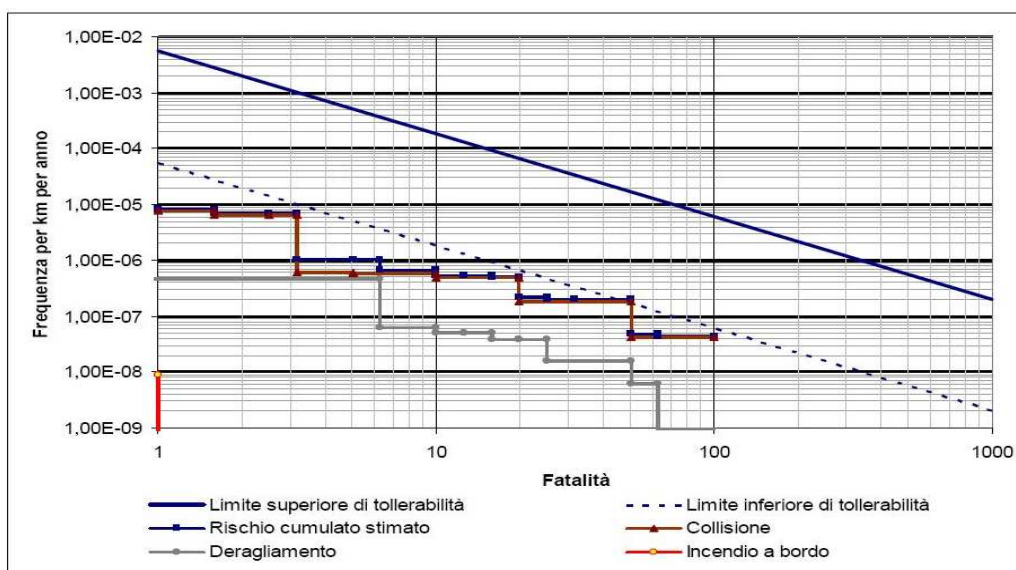
La determinazione e la rappresentazione delle Misure di Rischio in conformità alla procedura tratteggiata nell'Allegato III del DM 28/10/2005 è condotta utilizzando la tecnica

Albero degli Eventi nella Rappresentazione e nella Quantificazione del Rischio assumendo:

- l'Analisi Statistica dei Dati di Incidentalità integrata da Stime derivanti dall'applicazione della tecnica Giudizio degli Esperti come strumento di valutazione dei Valori Medi (funzioni di distribuzione uniformi) dei Tassi di Accadimento da utilizzare nella valutazione delle Frequenze di Accadimento degli eventi critici,
- l'Analisi Statistica dei Dati di Incidentalità integrata da stime derivanti dall'applicazione della tecnica Giudizio degli Esperti come strumento di valutazione delle Probabilità di Transizione tra i diversi rami degli Alberi degli Eventi associati agli Scenari Rilevanti per un sistema galleria ferroviaria, la tecnica Analisi di Scenario come strumento deterministico per la Quantificazione del Flusso del Pericolo associato ad un numero finito di Scenari Rilevanti condizionato nell'evoluzione dai vincoli deterministici esercitati dalle misure di sicurezza assumendo che esse siano caratterizzate da prestazioni ideali,
- la Simulazione Statistica del Processo di Esodo dalla struttura della Popolazione Esposta come strumento di quantificazione delle Conseguenze Attese.

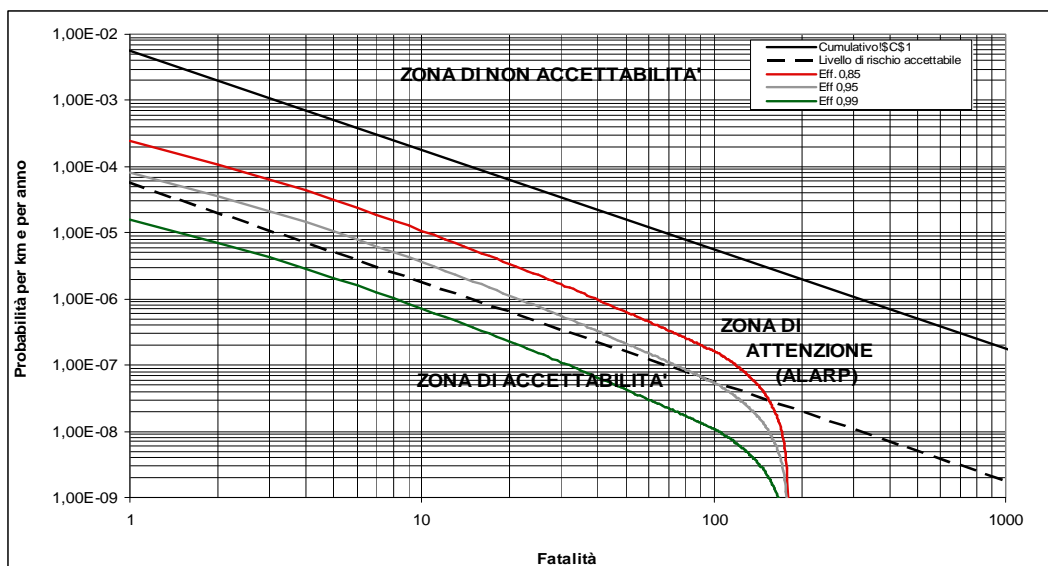
Il DM 28/10/2005 definisce l'operazione di convoluzione come prodotto ordinario tra due numeri assumendo che le frequenze di accadimento e le conseguenze attese siano variabili statistiche mutuamente indipendenti, le funzioni di distribuzione rappresentative delle frequenze di accadimento e delle conseguenze attese siano funzioni di distribuzione uniformi.

Le Misure di Rischio Sociale pertinenti al Progetto della Sicurezza di uno specifico Sistema Galleria Ferroviaria sono rappresentate sul Diagramma F-NL da Curve Cumulate Complementari definite per Punti individuati da Coordinate corrispondenti a Valori Discreti di Frequenze di Accadimento e Conseguenze Attese pertinenti ad un numero finito di Eventi Critici Iniziatori.



La successiva figura mostra i risultati del modello IRAM-RT come ottenuti dalla convoluzione delle funzioni di distribuzione in funzione dell'efficienza del sistema di trasporto. Il valore dell'efficienza tendente ad 1 corrisponde all'analisi deterministica del

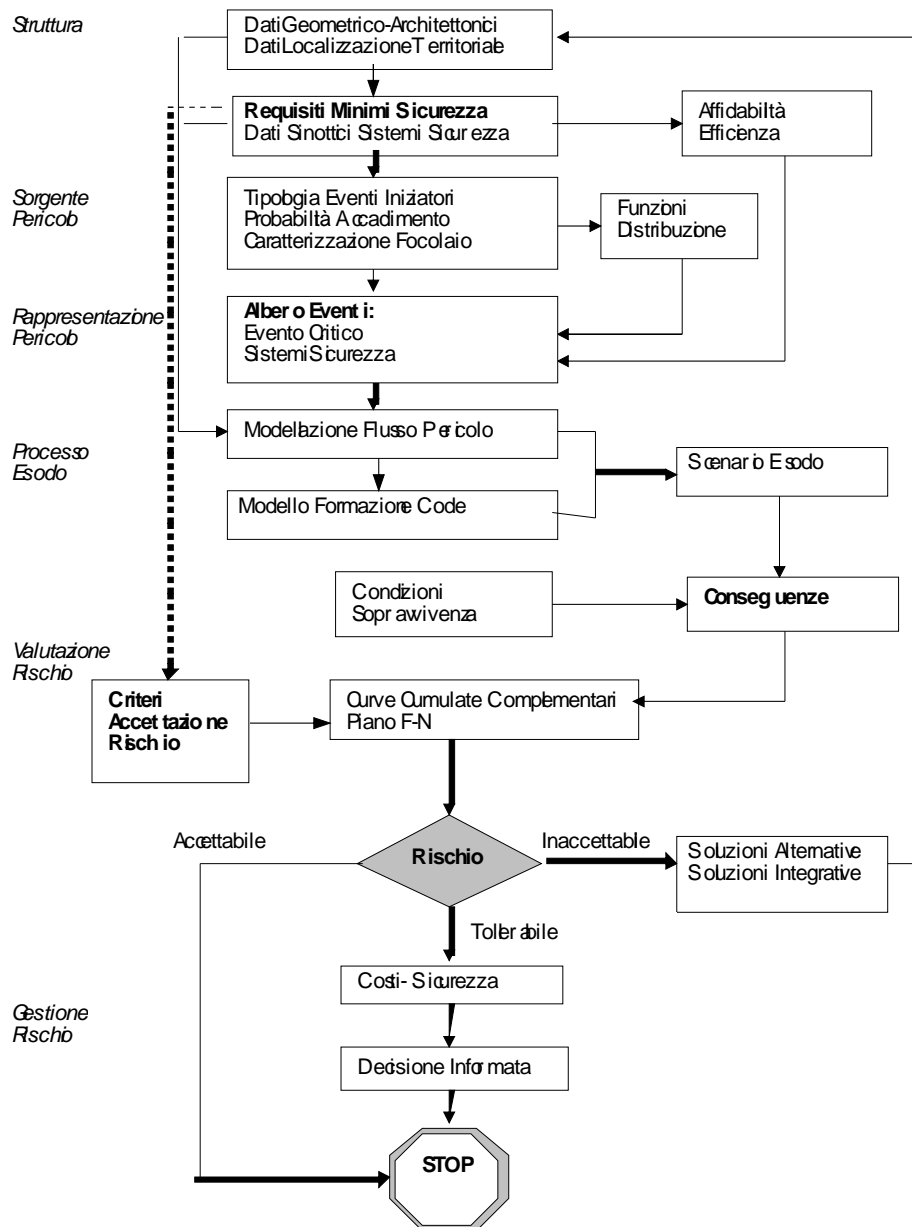
rischio, le curve associate a tutti i sistemi galleria ricadono nella zona di accettabilità che individua una galleria virtuale corredata di tutte le misure di sicurezza funzionanti con efficienza ideale.



La successiva figura esemplifica la procedura di analisi di rischio codificata nell'IRAM-RT.



# Procedura di Analisi di Rischio





<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>Codifica Documento</p> <p>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</p>	<p>Foglio</p> <p>169 di 301</p>

## 7 LISTA DEGLI EVENTI PERICOLOSI E DELLE CAUSE

### 7.1 Analisi preliminare dei rischi

#### 7.1.1 Identificazione dei pericoli potenziali

Il successivo capitolo, concernente l'analisi preliminare dei rischi, riporta l'analisi di pericolosità di un sistema galleria ferroviaria e cioè vengono analizzati i legami tra pericoli potenziali ed eventi pericolosi

L'Analisi della Pericolosità di un Sistema Galleria Ferroviaria concerne:

- la classificazione dei pericoli,
- l'identificazione degli eventi pericolosi,
- la selezione degli eventi critici iniziatori.

#### 7.1.2 Definizione e classificazione dei pericoli

##### 7.1.2.1 Identificazione dei pericoli

La classificazione dei pericoli è stata operata in modo da evidenziare la dipendenza esistente tra pericoli ed eventi pericolosi, nonché l'appartenenza di eventi pericolosi simili ad una medesima classe, ovvero, la semplice sussistenza di condizioni che potrebbero aumentare il pericolo per la popolazione degli utenti e degli addetti in caso di incidente:

Successivamente è riportata la lista dei pericoli connessi al trasporto ferroviario in galleria come derivata dal DM 28/10/2005 a cui sono associate le possibili cause principali.

#### **DERAGLIAMENTO**

- cedimento strutturale del veicolo (Rottura ruota, Rottura fusello, Rottura sospensione, Cedimento telaio del carrello),
- cedimento strutturale dell'armamento,
- cedimenti strutturali delle opere civili,
- ostruzioni sulla linea,
- prestazioni ridotte dell'impianto frenante:
- deterioramento/cedimento meccanico dell'impianto frenante,
- guasto alla logica di gestione dell'impianto frenante;
- guasto ai sistemi di segnalamento e sicurezza<sup>1</sup>:
- guasto al sistema che gestisce le logiche di blocco,
- guasto al sistema che gestisce le logiche di interlocking<sup>2</sup>,
- guasto all'impianto di rilevamento boccole calde;
- errore umano del personale:
- personale a bordo del treno,
- altro personale (esecutivo, dirigente traffico, addetto carico),
- forze laterali eccessive (sovrappressioni, effetto pistone);

#### **COLLISIONE**

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>Codifica Documento</p> <p>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</p>	<p>Foglio</p> <p>170 di 301</p>

- prestazioni ridotte dell'impianto frenante;
- deterioramento/cedimento meccanico dell'impianto frenante,
- guasto alla logica di gestione dell'impianto frenante;
- guasto ai sistemi di segnalamento e sicurezza:
- guasto al sistema che gestisce le logiche di blocco,
- guasto al sistema che gestisce le logiche di "interlocking",
- guasto all'impianto di rilevamento boccole calde;
- errore umano del personale:
- personale a bordo del treno,
- altro personale (esecutivo, dirigente traffico, addetto carico);

### **URTO CONTRO OSTACOLI**

- cedimenti strutturali delle opere civili,
- costruzioni sulla linea;

### **INCENDIO DI MATERIALE ROTABILE**

- corto circuito degli impianti elettrici di bordo,
- corto circuito degli impianti di trazione elettrica,
- surriscaldamento organi meccanici,
- surriscaldamento organi elettrici,
- guasto all'impianto di rilevamento boccole calde,
- errore del personale a bordo del treno;

### **INCENDIO IN LINEA**

- corto circuito della linea di alimentazione,
- fuoco degli impianti elettrici,
- fuoco nei locali tecnici,
- incendio di materiale combustibile/infiammabile,
- fuoco nei collegamenti trasversali tra le due canne di una galleria,
- fuoco nei pozzi di accesso,
- fuoco nei pozzi di estrazione,
- fuoco nelle finestre d'accesso,
- esplosione/incendio di sistemi di distribuzione di gas o liquidi pericolosi,
- errore altro personale;

### **INCENDIO DI MATERIALE ROTABILE TRANSITANTE IN UNA GALLERIA COMUNICANTE**

- stesse cause di un incendio di materiale rotabile;

### **PERICOLI AMBIENTALI**

- sisma,
- fenomeni alluvionali,
- esondazioni in corrispondenza di corsi d'acqua o canali artificiali,
- ristagno acque nelle aree intercluse,
- instabilità dei pendii,
- valanghe,
- effetto del vento:

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>Codifica Documento</p> <p>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</p>	<p>Foglio</p> <p>171 di 301</p>

- su viadotto,
- in trincea/rilevato;

### **FOLGORAZIONE**

- attraversamento del binario non autorizzato,
- accesso non autorizzato nei locali tecnici,
- parti esposte in tensione;

### **INCIDENTI COINVOLGENTI SOSTANZE PERICOLOSE E/O INFIAMMABILI**

- treno merci pericolose danneggiato con spandimento sostanze pericolose,
- incendio di merci pericolose rilasciate da treno danneggiato,
- esplosione di merci pericolose trasportate/rilasciate da treno merci pericolose,
- rilascio di sostanze tossiche da parte di sistemi di distribuzione di gas o liquidi pericolosi,

### **ANDAMENTO ALTIMETRICO DELLA GALLERIA CON INVERSIONI DI PENDENZA**

- inversione di pendenza “a corda molle”,
- inversione di pendenza “a schiena d’asino”;

### **INTERFERENZA CON TRAFFICO STRADALE**

- uscita della sede stradale di mezzi o merci verso il tracciato ferroviario,
- abbagliamento mezzi stradali in transito,
- interventi di emergenza sulla sede stradale,
- spostamenti d'aria in zone a forte affiancamento;

### **INTERFERENZA CON TRAFFICO AEREO**

### **ATTI DI VANDALISMO, TERRORISMO E SABOTAGGIO:**

- oggetti lanciati sulla linea,
- oggetti abbandonati sulla linea,
- intrusione nei locali tecnici e centro di controllo,
- fuoco appiccato all’interno del treno o nelle vicinanze della linea,
- esplosioni all’interno del treno o nelle vicinanze della linea;

### **PERICOLI GENERICI PER I PASSEGGERI:**

- intrappolamento tra convoglio e banchina,
- intrappolamento nelle porte,
- tentativo di discesa a treno già avviato,
- persona caduta sui binari in stazione,
- eccessivo affollamento piattaforma,
- treno in movimento con porte aperte,
- porte aperte dal lato sbagliato,
- accelerazione o decelerazione eccezionale (tipicamente frenata di emergenza),
- guasto al sistema di condizionamento di bordo,
- generico incidente in stazione,
- evacuazione in viadotto o ponte,
- attraversamento del binario;

### **EVACUAZIONE IN TUNNEL PER TRENO FERMO SENZA INCENDIO:**

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC	Foglio 172 di 301

## **PRESENZA DI AREE A RISCHIO SPECIFICO IN PROSSIMITÀ DEGLI IMBOCCHI DELLA GALLERIA**

### **PERICOLI LUNGO LA LINEA**

- perdita completa di potenza elettrica,
- perdita di trazione del veicolo,
- sezione di linea disalimentata,
- perdita completa di alimentazione agli apparati di linea,
- manutenzione inadeguata,
- interventi di emergenza sulla linea ferroviaria;

### **PERICOLI ALL'INTERNO DELLA GALLERIA**

- allagamento galleria:
- guasto ai sistemi di pompaggio
- rottura condotte dell'impianto antincendio.

I pericoli elencati costituiscono un insieme credibile di tipologie di pericoli per un sistema ferroviario.

#### **7.1.2.2 Classificazione degli incidenti**

Gli enti preposti alla raccolta ed alla elaborazione statistica dei dati di incidentalità forniti dalle industrie di trasporto ferroviario adottano modalità di archiviazione e criteri di classificazione degli eventi incidentali diversi. Esempi paradigmatici sono forniti dall'ente di elaborazione statistica dei dati di incidentalità inglese UK Health and Safety Executive (HSE) che adotta la procedura RIDDOR (Reporting of Injuries, Diseases and Dangerous Occurrences Regulations) e dall'ente di elaborazione statistica europeo Union Internationale des Chemins de Fer (UIC) che adotta la procedura UIC.

I diversi criteri di classificazione e le diverse procedure di omogeneizzazione adottate dagli enti collettori ed elaboratori dei dati di incidentalità generano banche dati disomogenee per ordinamento degli eventi e per caratterizzazione degli eventi.

Le banche dati fornite da enti collettori ed elaboratori diversi non possono essere considerate equivalenti nella valutazione statistica dei valori medi e delle funzioni di distribuzione che caratterizzano due parametri necessari alla quantificazione del rischio in accordo ad un modello di rischio fattoriale quali i tassi di accadimento degli eventi incidentali e la gravità delle conseguenze sulla popolazione esposta.

Le banche dati fornite da enti collettori ed elaboratori diversi possono essere utilizzate per individuare:

- caratteristiche statistiche medie e tendenziali su popolazioni diverse di dati sull'incidentalità connessa ad industrie ferroviarie differenti;
- caratterizzazioni probabilistiche sulla gravità delle conseguenze sulla popolazione spostata per industrie di trasporto diverse.

L'analisi di rischio è stata condotta utilizzando banche dati inerenti l'incidentalità sulla rete ferroviaria italiana costruite in accordo alla procedura UIC.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>Codifica Documento</p> <p>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</p>	<p>Foglio</p> <p>173 di</p> <p>301</p>

Gli eventi incidentali pertinenti all'industria ferroviaria, in accordo ai criteri di classificazione propri della procedura UIC, sono gli eventi incidentali che si verificano tanto sulle linee principali e sulle linee di servizio (tratte in piena linea) quanto nelle stazioni.

Gli eventi incidentali pertinenti all'industria ferroviaria, in accordo ai criteri di classificazione propri della procedura UIC, sono raggruppati nelle seguenti tipologie:

- collisioni,
- deragliamenti,
- incidenti a persone causati da materiale rotabile,
- incidenti ai passaggi a livello,
- incidenti altri.

La tipologia incidenti altri include i seguenti eventi incidentali:

- incendi,
- esplosioni.

La UIC adotta le seguenti definizioni per caratterizzare gli eventi incidentali collisioni e deragliamenti:

- le collisioni sono scontri tra unità rotabili, ovvero, scontri tra unità rotabili ed ostacoli
- i deragliamenti sono svii di unità rotabili.

Il DM 28/10/2005 identifica come eventi critici iniziatori i seguenti eventi incidentali:

- collisioni,
- deragliamenti,
- incendi.

Enti ferroviari ed Enti statistici classificano gli incidenti secondo criteri differenti.

L'Health & Safety Executive, che riporta gli incidenti accaduti sulla rete ferroviaria e ferrotranviaria britannica, classifica gli incidenti nel modo seguente:

**Incidenti relativi al rotabile:**

- collisioni,
- deragliamenti,
- urti contro ostacoli,
- incendi a bordo,
- altri;

**Incidenti relativi al movimento del rotabile:**

- incidenti relativi ai passeggeri (ad esempio: salita/discesa, caduta sui binari in stazione, attraversamento, caduta di materiale in movimento),
- incidenti relativi al personale (ad esempio: incidenti durante la marcia, incidenti ai manutentori lungo la linea),
- incidenti relativi a terze persone (ai passaggi a livello, lungo la linea);

**Incidenti indipendenti dal movimento del rotabile:**

- incidenti relativi ai passeggeri,
- incidenti relativi al personale,
- incidenti relativi a terze persone.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>Codifica Documento</p> <p>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</p>	<p>Foglio</p> <p>174 di 301</p>

Le “collisioni” si riferiscono solo a scontri tra unità rotabili.

Ogni Ente ferroviario e ferrotranviario britannico è tenuto a segnalare all’HSE tutti gli incidenti secondo la classificazione RIDDOR 95 (Reporting of Injuries, Diseases and Dangerous Occurrences Regulations 1995): devono essere riportati anche incidenti senza feriti e comportanti danni lievi.

La UIC (Union Internazionale des Chemins de Fer) è un Ente statistico europeo che riunisce i dati incidentali ferroviari delle compagnie membri. La UIC stessa rende omogenei i dati secondo proprie regole. Gli eventi che vengono classificati come incidenti ferroviari sono quelli che si verificano sulle linee principali e di servizio, intese sia come tratte in piena linea, che nell’ambito delle stazioni. La UIC classifica gli incidenti secondo le modalità seguenti:

- collisioni: scontro tra unità rotabili o con ostacoli;
- deragliamenti: svii di unità rotabili;
- incidenti a persone causate da materiale rotabile in movimento;
- incidenti ai passaggi a livello;
- altri incidenti.

È importante sottolineare che nella tipologia “altri incidenti” rientrano incendi ed esplosioni.

Gli incidenti riportati dalla UIC comprendono quelli le cui conseguenze sono state:

- morte di una persona (suicidi esclusi);
- ferimento grave di una persona: inabilità al lavoro per un periodo superiore ai 14 giorni;
- danno grave al materiale di trasporto od alle strutture (comprese interruzione o irregolarità del servizio maggiori di 6 ore) con danni superiori ai 10.000 Euro.

I criteri sopra descritti sono quelli validi fino al 31 dicembre 2005. A partire dal 01 gennaio 2006:

- Viene considerato “ferito grave” colui che ha subito un’ospedalizzazione superiore alle 24 ore;
- Vengono considerate “avarie importanti al materiale rotabile, all’infrastruttura o agli impianti” quelle con danni superiori ai 150.000 euro, restando immutati gli altri criteri.

Per convenzione, viene accettata dai Paesi aderenti all’UIC un’ulteriore suddivisione degli incidenti in Tipici e Atipici.

*Tipici* sono gli incidenti accaduti:

- in circolazione (relativi ai treni);
- in manovra (avvenuti durante le operazioni negli scali di stazione o nei binari di circolazione per l’aggancio/sgancio di vetture o carri);
- ai mezzi speciali (i veicoli ferroviari con cui operano gli addetti alla manutenzione dell’infrastruttura ferroviaria – siano essi appartenenti ad RFI o a Ditte esterne operanti per conto di RFI);
- ai Passaggi a livello (le collisioni tra treni o manovre e veicoli stradali o ogni altro ostacolo provocato dalla circolazione stradale, esclusi i pedoni).

Rientrano nella tipologia di incidenti “Tipici” le collisioni, i deragliamenti e gli incendi dei rotabili (cioè delle vetture o dei carri).



*Atipici* sono incidenti accaduti ad una singola persona in relazione a rotabili in movimento:

- Personale FS che partecipa ad un'operazione di manovra o di aggancio veicoli;
- Viaggiatori, Personale FS, Personale di Ditte o Estranei che stazionano o circolano nell'ambito della ferrovia e subiscono danni da treni o rotabili;
- Viaggiatori, Personale FS, Personale di Ditte o Estranei che subiscono danni mentre sono trasportati su di un veicolo ferroviario, oppure sono urtati da un ostacolo o da un altro veicolo;
- Viaggiatori, Personale FS, Personale di Ditte o Estranei che cadono da un veicolo ferroviario in movimento;
- Pedoni che vengono investiti mentre attraversano un Passaggio a livello.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC	Foglio 176 di 301

## 8 CLASSIFICAZIONE E SELEZIONE DEGLI EVENTI PERICOLOSI

### 8.1 Classificazione degli eventi pericolosi

La lista dei pericoli consente di stilare la seguente lista di eventi pericolosi afferenti il sistema ferroviario:

- deragliamento;
- collisione;
- incendio;
- incidenti coinvolgenti sostanze pericolose ovvero infiammabili;
- urto contro ostacoli;
- esplosione;
- evacuazione in tunnel per treno fermo senza incendio,
- andamento altimetrico con inversioni di pendenza;
- interferenza con traffico stradale;
- interferenza con sistemi di distribuzione di gas o liquidi pericolosi;
- presenza di aree a rischio specifico in prossimità degli imbocchi;
- generici pericoli per i passeggeri (a bordo del rotabile).

Gli eventi pericolosi precedentemente elencati sono successivamente analizzati al fine di identificare la classe dei possibili eventi critici iniziatori.

#### **Deragliamento**

Il deragliamento di un treno è considerato un evento critico iniziatore dallo stesso Decreto sulla sicurezza nelle gallerie ferroviarie.

#### **Collisione**

La collisione tra treni è considerato un evento critico iniziatore dallo stesso Decreto sulla sicurezza nelle gallerie ferroviarie.

#### **Incendio**

L'incendio di un treno è considerato un evento critico iniziatore dallo stesso Decreto sulla sicurezza nelle gallerie ferroviarie. Esso si connota come l'evento critico iniziatore ad elevato impatto sulla sicurezza di un sistema di trasporto in sotterraneo per la potenziale severità delle conseguenze sulla popolazione.

#### **Incidenti Coinvolgenti Sostanze Pericolose**

Gli incidenti coinvolgenti sostanze pericolose assumono rilevanza nei tratti della rete ferroviaria interessati da un modello di esercizio che preveda il transito di convogli merci.

#### **Urto Contro Ostacoli**

Gli urti contro ostacoli posti intenzionalmente sulla linea sono considerati atti di vandalismo; altri pericoli quali scontro con animali o con ostruzioni presenti sulla linea a causa di particolari condizioni (e.g. caduta di frammenti dalla volta della galleria, condizioni meteorologiche particolari, ecc.) non sono presi in esame dal presente studio.



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 177 di 301

Il pericolo di collisioni in galleria analizzato si assume sia il pericolo connesso agli scontri tra unità rotabili

### **Esplosione**

Lo scenario incidentale corrispondente all'esplosione implica conseguenze in generale non trascurabili per i passeggeri e per il personale di servizio.

Esso può essere causato da due separate tipologie di evento iniziatore:

- esplosione all'interno di un convoglio transitante sulla linea (in galleria);
- esplosione all'esterno dei convogli, in corrispondenza di impianti fissi in galleria.

Tali tipologie di eventi sono assenti dalle banche dati incidentali (BDI/BDS) e mancando una banca dati di riferimento specifica per la rete ferroviaria italiana l'evento critico iniziatore esplosione non è preso in considerazione nella successiva analisi di rischio, esso è considerato solo come sottoevento.

### **Evacuazione in tunnel per treno fermo senza incendio**

L'evento pericoloso evacuazione in tunnel per treno fermo senza incendio non presentando specificità significative rispetto all'evacuazione di un convoglio in ambiente libero non è considerato un evento critico iniziatore.

### **Andamento Altimetrico della Linea con Inversioni di Pendenza**

Un'inversione di pendenza "a schiena d'asino" potrebbe provocare un aumento localizzato della concentrazione dei fumi in caso di incendio proprio in corrispondenza del punto di inversione. Il ristagno dei fumi generati da un evento di incendio potrebbe essere considerato un evento critico iniziatore.

Un'inversione di pendenza "a corda molle" potrebbe aumentare il pericolo di ristagno delle acque in caso di precipitazioni straordinarie. Il potenziale allagamento conseguente potrebbe essere causa di deragliamenti. Date le limitate pendenze massime ammissibili in galleria (1,2%), si ritiene che l'aumentato pericolo di allagamento della galleria risulti trascurabile.

Si sottolinea che non è risultato possibile reperire una base statistica rilevante per la determinazione dell'impatto che può avere la sede ferroviaria allagata sul rateo di deragliamenti e si ritiene non identificare l'allagamento della sede ferroviaria un evento critico iniziatore.

### **Interferenza con sistemi di distribuzione di gas e liquidi pericolosi**

In caso di interferenza con sistemi di distribuzione di gas o liquidi pericolosi, un eventuale guasto a tali sistemi può avere ripercussioni sulla sicurezza del sistema ferroviario nelle vicinanze.

### **Presenza di aree a rischio specifico in prossimità degli imbocchi**

La presenza di aree a rischio specifico in prossimità degli imbocchi potrebbe provocare ripercussioni sulla sicurezza del sistema ferroviario della galleria.

### **Interferenza con Traffico Stradale**

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 178 di 301

Questo pericolo, associato ai tipici scenari incidentali legati alla presenza di intersezioni (passaggi a livello, sovrappassi, sottopassi) o affiancamenti con la viabilità stradale, è da considerarsi un evento critico iniziatore impossibile in galleria.

### **Generici pericoli per i passeggeri**

I pericoli originati all'interno del materiale rotabile, con esclusione dei pericoli associati all'incendio, non vengono analizzati nel presente studio.

## **8.2 Selezione Dei Pericoli Rilevanti Per La Galleria**

Sulla base delle considerazioni presentate ai paragrafi precedenti, i seguenti pericoli potenziali sono da considerarsi rilevanti per la tratta in esame:

- Deragliamento;
- Collisione;
- Incendio di materiale rotabile;
- Incidenti coinvolgenti sostanze pericolose e/o infiammabili.

## **8.3 Definizione Della Classe Degli Eventi Iniziatori**

Gli eventi pericolosi identificati nel paragrafo precedente possono essere classificati in termini di frequenza di accadimento e severità delle conseguenze.

In base ai valori attesi di criticità è possibile escludere dalla fase di analisi quantitativa gli eventi naturali, inclusi nel processo di analisi tra le cause di deragliamento.

Pertanto, anche sulla base dei risultati di studi di rischio relativi a linee ferroviarie paragonabili a quella in esame, sono stati selezionati i pericoli seguenti pervenendo all'identificazione delle tipologie di Eventi Critici Iniziatori individuati dal DM 28/10/2005:

- Deragliamento;
- Collisione;
- Incendio di materiale rotabile;
- Incidenti coinvolgenti sostanze pericolose e/o infiammabili.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC	Foglio 179 di 301

## 9 PROBABILITA' DI ACCADIMENTO DEGLI EVENTI PERICOLOSI

Gli eventi pericolosi oggetto di analisi quantitativa dei rischi, identificati all'interno della Parte II, sono i seguenti:

- deragliamento;
- collisione tra treni;
- incendio di materiale rotabile ed eventi connessi al trasporto di merci pericolose.

L'evento "deragliamento" è definito come svio di unità rotabile.

L'evento "collisione tra treni" si riferisce allo scontro tra unità rotabili.

Il rischio complessivo della galleria risulta pari alla somma dei rischi relativi ai singoli scenari incidentali.

Gli eventi incidentali connessi a trasporti di tipo autostrada ferroviaria, in assenza di dati di traffico, sono inclusi nel trasporto di merci pericolose.

### 9.1 Descrizione del processo di calcolo dei ratei

Come già detto, l'analisi dei dati storici, relativi alle tipologie incidentali selezionate, presenta alcune difficoltà.

Al fine di avere una stima affidabile per l'analisi di rischio, per ogni evento iniziatore è stata eseguita la seguente analisi:

1. valutazione della base statistica da utilizzare;
2. analisi della qualità della base statistica;
3. stima di eventuali trend dei tassi incidentali;
4. calcolo dei ratei incidentali per la galleria oggetto di studio;
5. stima dell'incertezza del rateo.

La valutazione della base statistica da utilizzare viene effettuata, sulla base dei dati disponibili, per identificare la/le rete/i ferroviarie da utilizzare come riferimento per il calcolo dei ratei incidentali; nel presente studio sono stati utilizzati i soli dati riferiti alla rete ferroviaria italiana, statisticamente significativi.

L'interpretazione critica dei dati viene eseguita per ricondurli alla particolare situazione in esame: tratta in galleria.

I dati a disposizione fanno riferimento ad un intervallo temporale che include anche eventi occorsi su strutture datate; risulta quindi necessario verificare l'incidenza della modernizzazione delle infrastrutture e delle procedure, processo da considerarsi in atto con continuità, sull'andamento dei ratei incidentali. Tale verifica viene implementata attraverso l'individuazione di una curva di *best fit*, sui valori dei tassi incidentali calcolati in base ai dati BDI/BDS selezionati, riferiti agli anni 1995 - 2010; la curva così individuata consente l'estrapolazione del valore del tasso dell'evento incidentale considerato, riferito al solo anno successivo (2011). La curva succitata non ha dunque il valore di descrizione dell'andamento nel tempo della popolazione dei tassi incidentali annui; essa assolve la sola funzione di predizione del rateo dell'evento iniziatore da inserire nel processo di indagine ad alberi degli eventi. In altre parole tale curva rappresenta il sistema di

predizione della sequenza dei tassi annui che produce l'errore minimo nella predizione della sequenza già esistente (sino al 20010).

I valori stimati vengono caratterizzati per la galleria sulla base delle sue caratteristiche (Configurazione Base) e dello specifico modello di esercizio.

Nel rispetto della natura aleatoria della variabile "rateo", la *trend analysis* condotta viene integrata con il calcolo delle incertezze. Infatti, a ciascun punto della linea di tendenza interpolante, in corrispondenza del punto reale misurato (rappresentativo di un determinato rateo annuo), si associa una banda di errore, calcolato come scostamento medio percentuale, secondo la relazione:

$$I_c = \sum_{i=1}^n \frac{t_i - T_i}{T_i}$$

con il seguente significato dei simboli:

$I_c$  = incertezza del rateo, espresso in percentuale (valore assoluto)

$t_i$  = valore del tasso reale riferito ad un certo anno

$T_i$  = valore del tasso calcolato in base alla curva esponenziale interpolante

$n$  = numero dei dati (*i.e.* tassi) utilizzati per il calcolo del rateo.

## 9.2 Analisi dell'incidentalità della rete ferroviaria

La Caratterizzazione Statistica del Fenomeno dell'Incidentalità sulla Rete Ferroviaria Italiana consiste nel determinare, attraverso l'applicazione di tecniche note ed accettate di Analisi Statistica Multivariata alle Banche Dati disponibili, le Funzioni di Distribuzione atte a quantificare il fenomeno.

Le successive tabelle sintetizzano i risultati ottenuti dall'analisi statistica delle banche dati disponibili.

Nelle seguenti tabelle sono indicati l'evento di deragliamento, distinti per tipologia di treno (passeggeri e merci) e sulla base delle conseguenze prodotte.

Deragliamenti (Italia 1995-2010)

Anno	Der. TP (Eventi)	Der. TM (Eventi)	Der. non specific. (Eventi)	Der. TOT. (Eventi)
1995	8	19	4	<b>31</b>
1996	8	12	2	<b>22</b>
1997	9	18	2	<b>29</b>
1998	7	12	0	<b>19</b>
1999	6	9	0	<b>15</b>
2000	13	13	1	<b>27</b>
2001	5	11	0	<b>16</b>
2002	7	5	0	<b>12</b>
2003	3	4	0	<b>7</b>
2004	8	9	0	<b>17</b>
2005	4	6	0	<b>10</b>
2006	4	7	0	<b>11</b>
2007	4	4	0	<b>8</b>

2008	3	5	0	<b>8</b>
2009	1	4	0	<b>5</b>
2010	2	1	0	<b>3</b>
<b>TOT.</b>	<b>92</b>	<b>139</b>	<b>9</b>	<b>240</b>

Anno	Der. TP Mortali (Eventi)	Der. TM Mortali (Eventi)	Der. Mortali TOT. (Eventi)	Der. TP con Feriti Gravi (Eventi)	Der. TM con Feriti Gravi (Eventi)	Der. con Feriti Gravi TOT. (Eventi)	Der. TP con Feriti Lievi o senza F (Eventi)	Der. TM con Feriti Lievi o senza F (Eventi)	Der. con Feriti Lievi o senza non specif. (Eventi)	Der. con Feriti Lievi o senza F TOT. (Eventi)
1995	0	0	0	1	0	1	7	19	4	30
1996	0	0	0	0	0	0	8	12	2	22
1997	1	0	1	0	0	0	8	18	2	28
1998	0	0	0	2	0	2	5	12	0	17
1999	0	0	0	0	0	0	6	9	0	15
2000	0	0	0	0	0	0	13	13	1	27
2001	0	0	0	0	0	0	5	11	0	16
2002	1	1	2	0	0	0	6	4	0	10
2003	0	0	0	1	0	1	2	4	0	6
2004	3	0	3	0	0	0	5	9	0	14
2005	0	0	0	1	0	1	3	6	0	9
2006	0	0	0	0	0	0	4	7	0	11
2007	0	0	0	0	0	0	4	4	0	8
2008	0	0	0	0	0	0	3	5	0	8
2009	0	1	1	0	1	1	1	3	0	4
2010	0	0	0	0	0	0	2	1	0	3
<b>TOT.</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>82</b>	<b>137</b>	<b>9</b>	<b>228</b>

Nella seguente tabella sono indicati l'evento di collisione sulla base delle conseguenze prodotte.

Collisioni (Italia 1995-2010)

Anno	Collisioni (Eventi)	Collisioni non specific. (Eventi)	Collisioni TOT. (Eventi)	Collisioni TOT. Mortali (Eventi)	Collisioni TOT. con Feriti Gravi (Eventi)	Collisioni TOT. con Feriti Lievi o senza F (Eventi)	Collisioni tra treni (Eventi)	Collisioni tra treni Mortali (Eventi)	Collisioni tra treni con Feriti Gravi (Eventi)	Collisioni tra treni con Feriti Lievi o senza F. (Eventi)
1995	25	3	28	3	4	21	2	1	0	1
1996	28	1	29	2	2	25	2	1	0	1
1997	18	4	22	0	5	17	2	0	1	1
1998	13	0	13	2	3	8	1	1	0	0
1999	12	0	12	1	4	7	3	0	2	1

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Codifica Documento

A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC

Foglio

182 di  
301

2000	17	1	<b>18</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>13</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>3</b>
2001	20	0	<b>20</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>15</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
2002	13	0	<b>13</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>
2003	13	0	<b>13</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>
2004	10	0	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
2005	9	0	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
2006	4	0	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
2007	4	0	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
2008	2	0	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
2009	3	0	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
2010	2	0	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>TOT.</b>	193	9	<b>202</b>	<b>24</b>	<b>32</b>	<b>146</b>	<b>24</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>12</b>

Nella seguente tabella sono indicati l'evento di incendio di materiale rotabile sulla base delle conseguenze prodotte.

#### Incendi di materiale rotabile (Italia 1995-2010)

Anno	Incendi TP (Eventi)	Incendi TM (Eventi)	Incendi non specific. (Eventi)	Incendi TOT. (Eventi)
1995	11	7	3	21
1996	8	8	3	19
1997	9	6	3	18
1998	8	4	0	12
1999	5	2	2	9
2000	3	6	3	12
2001	11	2	1	14
2002	17	4	0	21
2003	10	2	0	12
2004	5	3	0	8
2005	10	1	0	11
2006	3	0	0	3
2007	1	2	0	3
2008	2	0	0	2
2009	0	0	0	0
2010	1	0	0	1
<b>TOT.</b>	104	47	15	166

Anno	Incendi TP Mortali (Eventi)	Incendi TM Mortali (Eventi)	Incendi non specif. Mortali (Eventi)	Incendi TOT. Mortali (Eventi)	Incendi TP con Feriti Gravi (Eventi)	Incendi TM con Feriti Gravi (Eventi)	Incendi TOT. con Feriti Gravi (Eventi)	Incendi TOT. con Feriti Lievi o senza F. (Eventi)
1995	0	0	0	0	1	0	1	20
1996	0	0	0	0	0	0	0	19
1997	0	0	0	0	0	0	0	18
1998	0	0	0	0	1	0	1	11
1999	0	0	0	0	0	0	0	9
2000	1	0	1	2	0	0	0	10
2001	0	0	0	0	0	0	0	14
2002	0	0	0	0	1	0	1	20
2003	0	0	0	0	0	0	0	12
2004	0	0	0	0	0	0	0	8
2005	0	0	0	0	0	0	0	11
2006	0	0	0	0	0	0	0	3
2007	0	0	0	0	0	0	0	3
2008	0	0	0	0	0	0	0	2
2009	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>TOT.</b>	1	0	1	2	3	0	3	161

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Codifica Documento

A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC

Foglio

184 di  
301

La tabella sottostante riporta le percorrenze (treni-km) suddivise per tipologia di treno (passeggeri e merci) e per anno (dal 1995 al 2010) (fonte BDSTAT-Trenitalia).

Percorrenze – Treni/km (Italia 1995-2010) (valori in migliaia)

	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995
Viaggiatori TRENITALIA	267.383	264.568	264.845	265.516	266.533	262.658	260.056	255.584	253.925	252.296	251.831	249.287	253.858	255.582	257.345	256.165
- di cui media lunga percorrenza	78.097	77.428	77.359	79.678	81.207	82.144	82.946	82.574	82.550	82.473	82.638	83.244	87.691	88.367	85.278	81.284
- di cui trasporto regionale	189.286	187.140	187.485	185.838	185.326	180.514	177.110	173.010	171.375	169.823	169.193	166.043	166.167	167.215	172.067	174.882
Viaggiatori Cisalpino (100% Nazionale)		1.797	2.771	2.708	2.445	1.830										
Merchi	30.775	36.110	52.214	58.679	60.099	58.309	62.270	58.805	61.700	62.420	58.193	58.026	66.459	69.675	68.425	68.889
Servizio	3.657	4.702	6.532	6.484	9.450	8.408	9.953	7.177	3.541	10.325	18.878	22.570	20.372	19.824	20.003	19.345
<b>Nel complesso</b>	<b>301.815</b>	<b>307.177</b>	<b>326.361</b>	<b>333.387</b>	<b>338.527</b>	<b>331.206</b>	<b>332.279</b>	<b>321.566</b>	<b>319.166</b>	<b>325.041</b>	<b>328.902</b>	<b>329.883</b>	<b>340.689</b>	<b>345.081</b>	<b>345.773</b>	<b>344.399</b>



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC	Foglio 185 di 301

### 9.3 Funzioni di distribuzione della probabilità di accadimento degli eventi incidentali.

Gli eventi critici in galleria sono eventi rari assimilabili ad un processo di Poisson ed il numero degli eventi in un determinato intervallo di tempo può essere assunto sia distribuito secondo una funzione di Poisson.

L'utilizzo delle banche dati disponibili sull'incidentalità in galleria, inerenti il numero di eventi critici verificatisi su una prefissata base temporale per differenti tipologie di gallerie, consente di verificare la congruità della funzione di distribuzione di Poisson ipotizzata (funzione di distribuzione a priori) e la stima dei tempi di ritorno attesi.

L'applicazione della Teoria delle Probabilità secondo Bayes consente la determinazione di una funzione di distribuzione modificata (funzione di distribuzione a posteriori), anch'essa rappresentativa degli eventi critici in galleria, conseguente ad acquisizioni fornite dall'aggiornamento dei dati di incidentalità, nonché la quantificazione del livello di verosimiglianza delle determinazioni ottenute.

La probabilità  $p_i$  è valutata assumendo che l'accadimento degli eventi incidentali può essere descritto da un processo di Poisson, ovvero, assumendo che gli eventi incidentali sono mutuamente indipendenti.

La probabilità di avere  $n$  eventi incidentali appartenenti all' $i$ -esima classe in un periodo di tempo  $T$  è data da:

$$p_i(n|T) = e^{-\mu T} \frac{(\mu T)^n}{n!}$$

dove  $\mu$  è la frequenza di accadimento degli eventi accidentali.

La probabilità di avere un evento incidentale  $n_0$  appartenente all' $i$ -esima classi in un periodo di tempo  $T$  è data da:

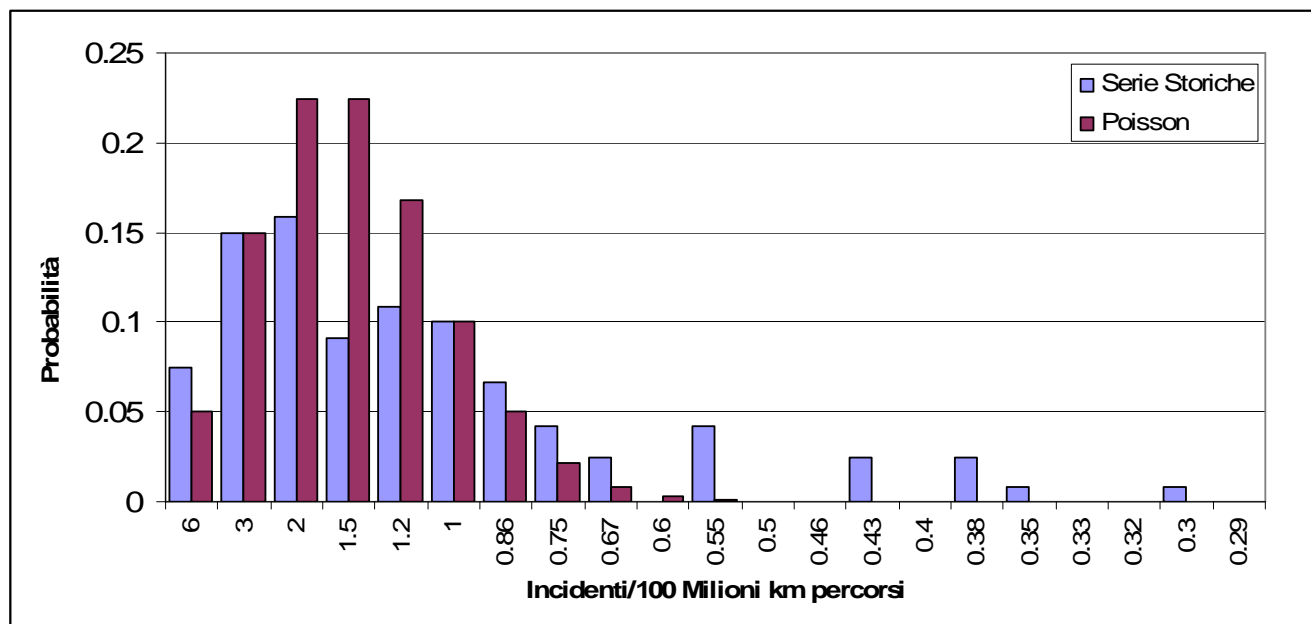
$$p_i(n_0|T) = 1 - e^{-\mu T}$$

La probabilità di avere un evento incidentale  $n_0$  durante l'intervallo di tempo  $T_0$  avendo osservato  $n$  eventi incidentali in un intervallo di tempo  $T$  è data da:

$$P(n_0|T_0, n, T) = 1 - \left(1 + \frac{T_0}{T}\right)^{-(n+1)}$$

La metodologia descritta è stata applicata alle banche dati RFI così come a banche dati reperite in letteratura per altri paesi.

La successiva figura mostra la probabilità di accadimento degli eventi incidentali sulla rete ferroviaria italiana e la funzione di distribuzione di Poisson che riproduce con sufficiente verosimiglianza le serie storiche di dati.



L'analisi dei dati relativi ad Incidenti Tipici ed Incidenti Atipici avvenuti in circolazione consente di caratterizzare il Fenomeno dell'Incidentalità sulla Rete Ferroviaria Italiana attraverso i seguenti Valori Medi:

- numero di incidenti / treno km =  $4.5 \cdot 10^{-8}$
- numero di fatalità / treno km =  $2.5 \cdot 10^{-8}$
- numero di feriti gravi / treno km =  $5 \cdot 10^{-8}$

#### 9.4 Calcolo del rateo di deragliamento

La Caratterizzazione Statistica dell'Insieme Probabilistico degli Eventi Critici Iniziatori consiste nel determinare, attraverso l'applicazione di tecniche note ed accettate di Analisi Statistica Multivariata alle Banche Dati disponibili, le seguenti grandezze:

- i Valori Medi dei Tassi di Accadimento degli Eventi Critici Iniziatori
- le Funzioni di Distribuzione rappresentative dei Tassi di Accadimento degli Eventi Critici Iniziatori,
- le Frequenze di Accadimento degli Eventi Critici Iniziatori.

Le successive tabelle sintetizzano i Valori Medi dei Tassi di Accadimento dell'eventi critico iniziatore deragliamento come determinati dall'analisi statistica delle banche dati BDI-BDS, 1995-2010:



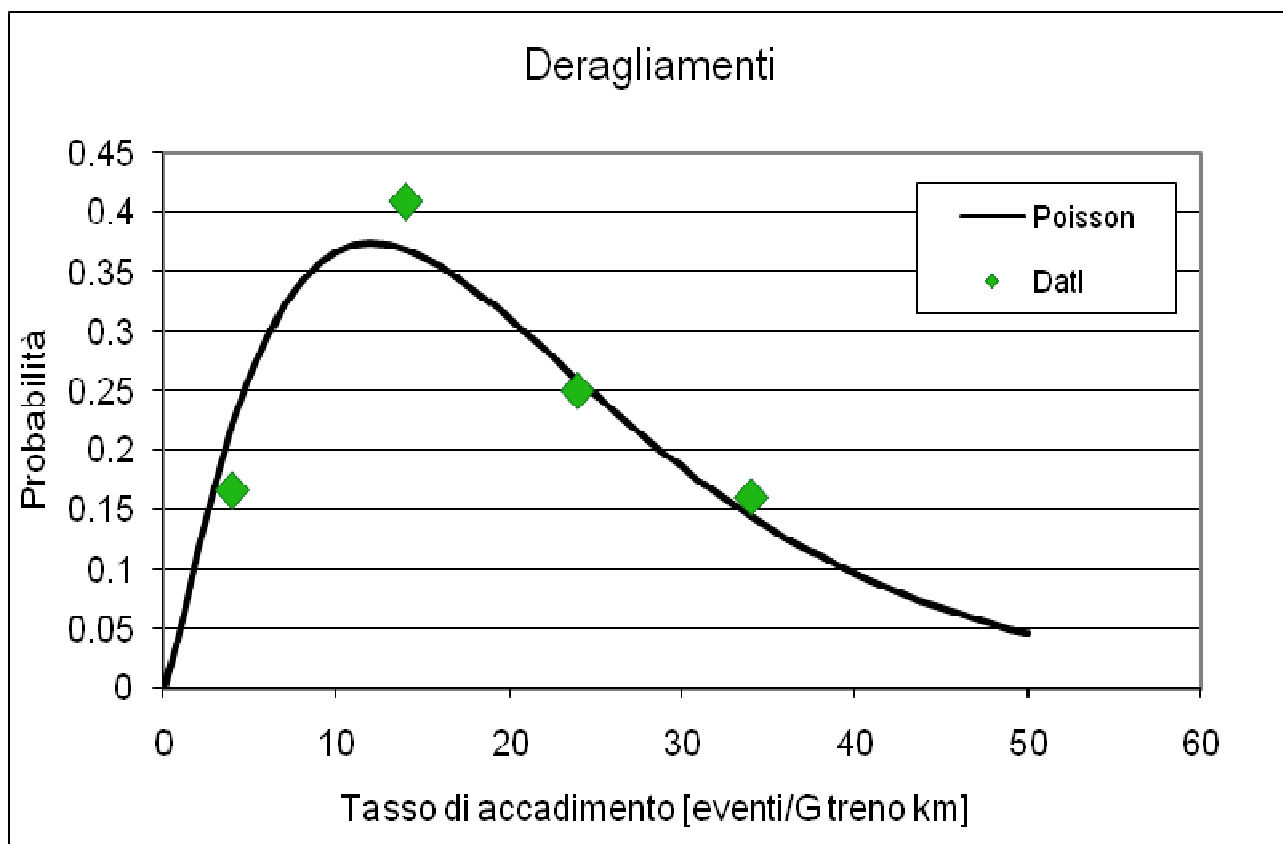
## Deragliamenti UIC treni passeggeri e treni merci (BDI-BDS, 1995-2010)

Anno	Deragliamenti TP	Deragliamenti TM	Treni-km TP	Treni-km TM	Tasso di deragliamento TP (eventi/treno-km)	Tasso di deragliamento TM (eventi/treno-km)
1995	5	16	2,56E+08	6,89E+07	1,95E-08	2,32E-07
1996	8	9	2,57E+08	6,84E+07	3,11E-08	1,32E-07
1997	7	16	2,56E+08	6,97E+07	2,74E-08	2,30E-07
1998	4	10	2,54E+08	6,65E+07	1,58E-08	1,50E-07
1999	1	7	2,49E+08	5,80E+07	4,01E-09	1,21E-07
2000	7	8	2,52E+08	5,82E+07	2,76E-08	1,37E-07
2001	3	8	2,52E+08	6,24E+07	1,19E-08	1,28E-07
2002	7	2	2,54E+08	6,17E+07	2,76E-08	3,24E-08
2003	0	1	2,56E+08	5,88E+07	0,00E+00	1,70E-08
2004	5	7	2,60E+08	6,23E+07	1,92E-08	1,12E-07
2005	2	4	2,64E+08	5,83E+07	7,56E-09	6,86E-08
2006	4	6	2,69E+08	6,01E+07	1,49E-08	9,98E-08
2007	4	4	2,68E+08	5,87E+07	1,49E-08	6,82E-08
2008	3	5	2,68E+08	5,22E+05	1,12E-08	9,58E-08
2009	1	4	2,66E+08	3,61E+07	3,75E-09	1,11E-07
2010	2	1	2,67E+08	3,08E+07	7,48E-09	3,25E-08

La successiva tabella sintetizza i Valori Medi di Accadimento dell'evento critico iniziatore deragliamento per l'anno 2010 come determinati dall'analisi delle banche dati disponibili.

Tasso di accadimento [Eventi/G treno km]	
	2010
Deragliamenti TP	15
Deragliamenti TM	50

Le successive figure mostrano le Funzioni di Distribuzione di Poisson che riproducono con sufficiente verosimiglianza le serie storiche di dati relative ai Tassi di accadimento dell'evento critico iniziatore deragliamento.



### Funzione di distribuzione di Poisson

Le frequenze di accadimento degli eventi critici individuati dal DIM 28/10/2005 sono state determinate utilizzando la funzione di distribuzione di Poisson come funzione rappresentativa dei tassi di accadimento degli eventi critici per la galleria ferroviaria.

La funzione di distribuzione di Poisson adottata ha la seguente struttura:

$$p(N(t) = k) = ((\lambda t)^k / k!) \times e^{-\lambda t}$$

dove  $\lambda$  è il valore medio del tasso di accadimento del singolo evento critico considerato.

Eventi	PDF	$\lambda$	t
Deragliamento	Poisson	2 (4 deviatori)	10

Le Frequenze di Accadimento degli Eventi Critici sono determinate moltiplicando le Funzioni di Distribuzione dei Tassi di Accadimento degli Eventi Critici per il Volume di **Traffico Annuo incidente sul uno specifico Sistema Galleria e per la Lunghezza della galleria.**

La frequenza di accadimento è calcolata secondo l'espressione:

$$f = 365 L VT Ta$$

dove

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 189 di 301

L è la lunghezza della galleria espressa in km

VT in volume di traffico espresso in treni/giorno

Ta è il tasso di accadimento espresso in eventi/treni km

La successiva tabella riporta i Valori Medi delle Frequenze di Accadimento dell'Evento Critico Iniziatore deragliamento:

Galleria	TP	TM
	Eventi/anno	Eventi/anno
Deragliamento	0,145	0,062

La successiva tabella sintetizza i valori medi delle frequenze di accadimento degli eventi critici come determinate dall'analisi dei dati di incidentalità relativi alla rete europea utilizzati come termine di confronto per le gallerie della tratta oggetto di analisi.

### **Frequenze di Accadimento degli Eventi Critici Iniziatori**

(10<sup>6</sup> treni per chilometro)

Evento Critico Iniziatore	1 – 2 G	2 – 1 G
Deragliamento	0.001	0.001

- 1 – 2 G Galleria Singola Canna Doppio Binario
- 2 – 1 G Galleria Doppia Canna Singolo Binario

### **Curva di tendenza per i tassi di accadimento dell'evento critico Deragliamento**

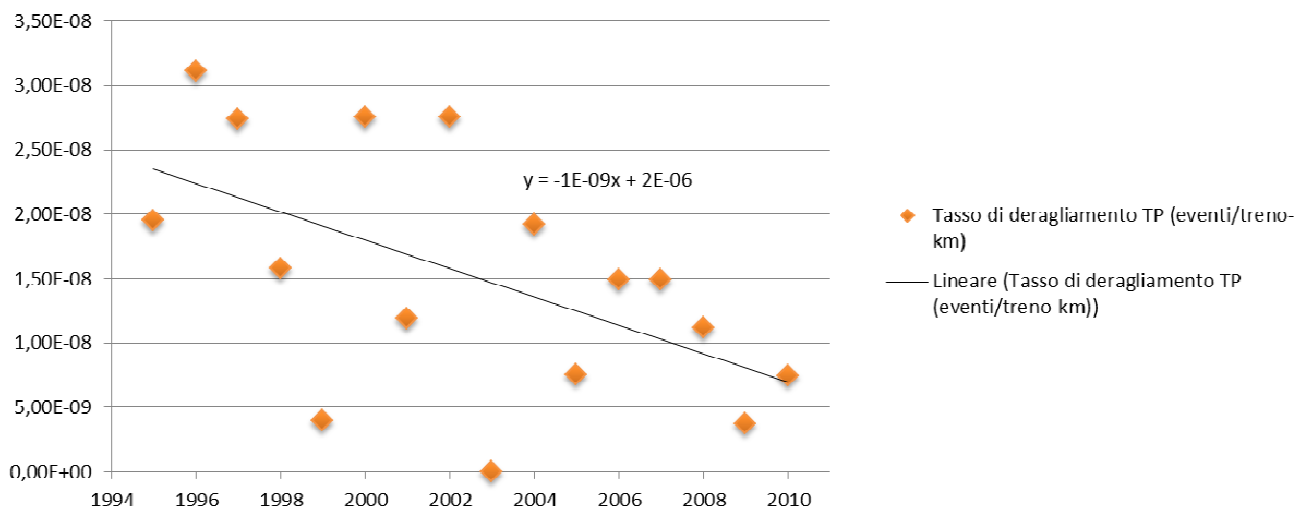
La valutazione dei tassi di accadimento dell'evento critico deragliamento per gli scenari temporali analizzati è stata ulteriormente affinata utilizzando una curva di tendenza individuata dall'analisi statistica dei dati di incidentalità contenuti nelle banche dati relative alla rete ferroviaria italiana.

La valutazione dei tassi di accadimento degli eventi critici in accordo alle modalità sollecitate dalla committenza presuppone l'accettazione dei risultati riportati in un lavoro reperibile nella letteratura libera (Evans, 2003) per i quali l'estrapolazione in accordo in una linea di tendenza desunta dall'analisi statistica dei dati storici di incidentalità è adeguata alla caratterizzazione dell'incidentalità attesa per un sistema di trasporto ferroviario.

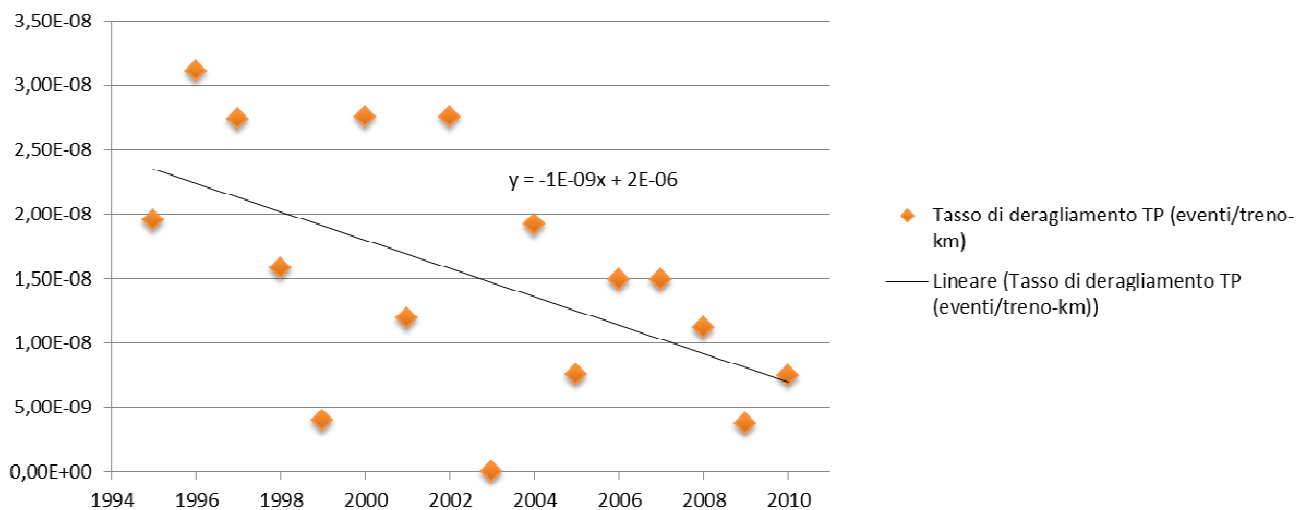
Il confronto tra le stime ottenute adottando la curva di tendenza e le stime ottenute adottando il modello di rischio Safety Risk Model (SRM) sviluppato dalla Railway Safety (2001) evidenzia una discrepanza significativa: le stime ottenute adottando la curva di tendenza risultano, in media, inferiori alle stime ottenute dal modello di rischio di un fattore pari a due.

La successiva figura mostra la curva di tendenza individuata per l'evento critico deragliamento rispettivamente per i treni passeggeri e per i treni merci.

### Tasso di deragliamento TP (eventi/treno-km)



### Tasso di deragliamento TM (eventi/treno-km)



L'analisi statistica dei dati ha permesso la definizione della curva di tendenza dei tassi di accadimento.

La curva di tendenza di tipo lineare negativa è stata utilizzata per la stima dell'efficienza del sistema di trasporto relativa ai diversi anni analizzati.

## 9.5 Calcolo del rateo di collisione

Le successive tabelle sintetizzano i Valori Medi dei Tassi di Accadimento dell'evento critico iniziatore collisione come determinati dall'analisi statistica delle banche dati BDI-BDS, 1995-2010:

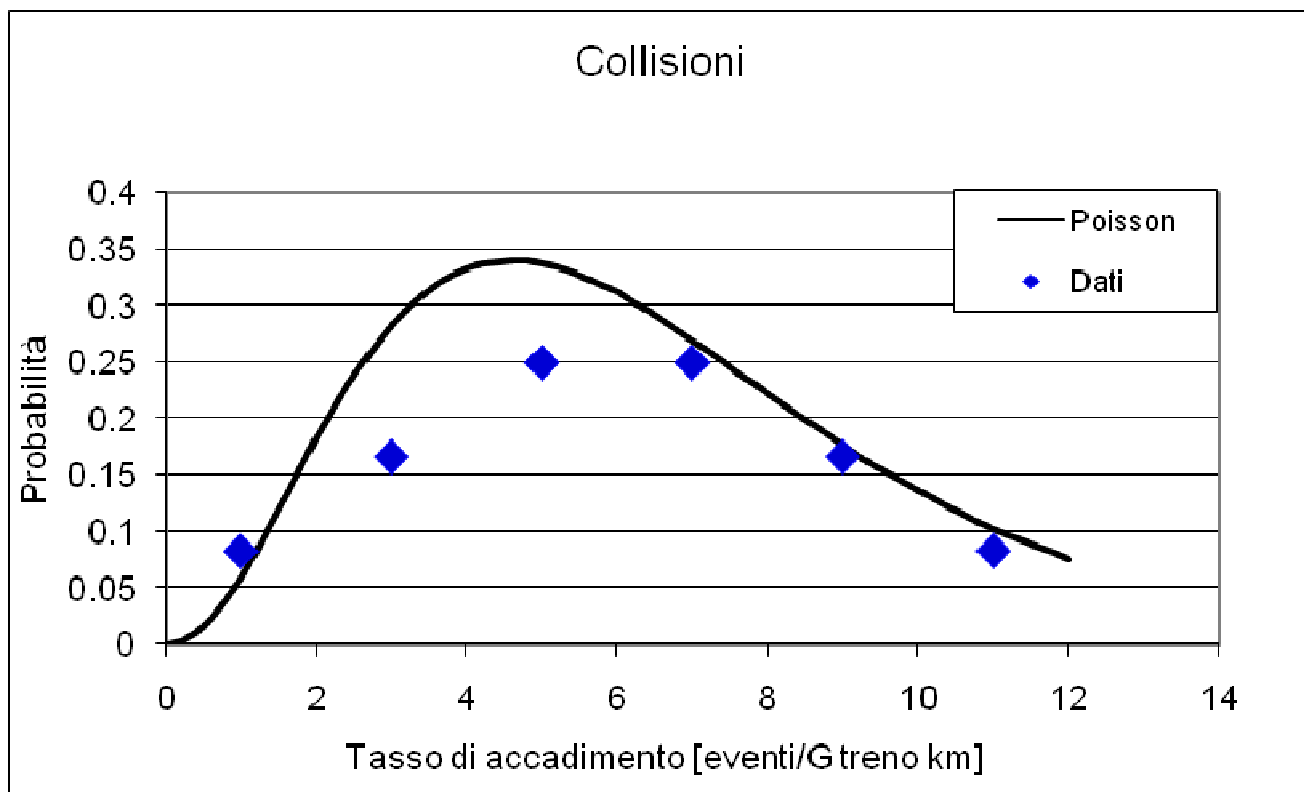
### Collisioni UIC (BDI-BDS, 1995-2010)

Anno	Collisioni tra treni	Treni-km	Tasso di Collisione (eventi/treno-km)
1995	2	3,25E+08	6,15E-09
1996	2	3,25E+08	6,15E-09
1997	2	3,25E+08	6,15E-09
1998	1	3,20E+08	3,13E-09
1999	3	3,07E+08	9,77E-09
2000	4	3,10E+08	1,29E-08
2001	2	3,15E+08	6,35E-09
2002	2	3,16E+08	6,33E-09
2003	2	3,14E+08	6,37E-09
2004	1	3,22E+08	3,11E-09
2005	2	3,21E+08	6,23E-09
2006	1	3,27E+08	3,06E-09
2007	0	3,29E+08	0,00E+00
2008	0	3,27E+08	0,00E+00
2009	0	2,69E+08	0,00E+00
2010	0	3,02E+08	0,00E+00

La successiva tabella sintetizza i Valori Medi di Accadimento dell'evento critico iniziatore collisione per l'anno 2010 come determinati dall'analisi delle banche dati disponibili.

Tasso di accadimento [Eventi/G treno km]	
	2010
Collisioni	5

Le successive figure mostrano le Funzione di Distribuzione di Poisson che riproducono con sufficiente verosimiglianza le serie storiche di dati relative ai Tassi di accadimento dell'evento critico iniziatore collisione.



### Funzione di distribuzione di Poisson

Le frequenze di accadimento degli eventi critici individuati dal DIM 28/10/2005 sono state determinate utilizzando la funzione di distribuzione di Poisson come funzione rappresentativa dei tassi di accadimento degli eventi critici per la galleria ferroviaria.

La funzione di distribuzione di Poisson adottata ha la seguente struttura:

$$p(N(t) = k) = ((\lambda t)^k / k!) \times e^{-\lambda t}$$

dove  $\lambda$  è il valore medio del tasso di accadimento del singolo evento critico considerato.

Eventi	PDF	$\lambda$	t
Collisione	Poisson	2	2

Le Frequenze di Accadimento degli Eventi Critici sono determinate moltiplicando le Funzioni di Distribuzione dei Tassi di Accadimento degli Eventi Critici per il Volume di **Traffico Annuo incidente sul uno specifico Sistema Galleria e per la Lunghezza della galleria.**

La frequenza di accadimento è calcolata secondo l'espressione:

$$f = 365 L VT Ta$$



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 193 di 301

dove

L è la lunghezza della galleria espressa in km

VT in volume di traffico espresso in treni/giorno

Ta è il tasso di accadimento espresso in eventi/treni km

La successiva tabella riporta i Valori Medi delle Frequenze di Accadimento dell'Evento Critico Inziatore deragliamento:

Galleria	
	Eventi/anno
Collisione	0,104

La successiva tabella sintetizza i valori medi delle frequenze di accadimento degli eventi critici di collisione come determinate dall'analisi dei dati di incidentalità relativi alla rete europea utilizzati come termine di confronto per le gallerie della tratta oggetto di analisi.

### **Frequenze di Accadimento degli Eventi Critici Inziatori**

(10<sup>6</sup> treni per chilometro)

Evento Critico Inziatore	1 – 2 G	2 – 1 G
Collisione	0.0003	0.0002

- 1 – 2 G Galleria Singola Canna Doppio Binario
- 2 – 1 G Galleria Doppia Canna Singolo Binario

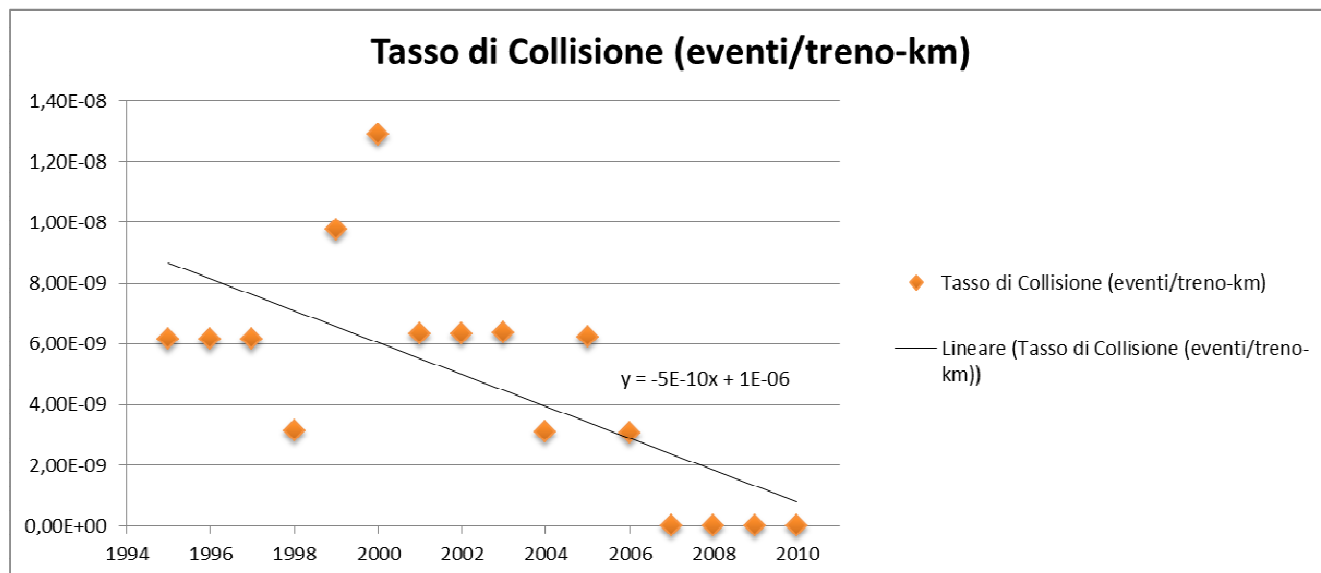
### **Curva di tendenza per i tassi di accadimento dell'evento critico Collisione**

La valutazione dei tassi di accadimento dell'evento critico collisione per gli scenari temporali analizzati è stata ulteriormente affinata utilizzando una curva di tendenza individuata dall'analisi statistica dei dati di incidentalità contenuti nelle banche dati relative alla rete ferroviaria italiana.

La valutazione dei tassi di accadimento degli eventi critici in accordo alle modalità sollecitate dalla committenza presuppone l'accettazione dei risultati riportati in un lavoro reperibile nella letteratura libera (Evans, 2003) per i quali l'estrapolazione in accordo in una linea di tendenza desunta dall'analisi statistica dei dati storici di incidentalità è adeguata alla caratterizzazione dell'incidentalità attesa per un sistema di trasporto ferroviario.

Il confronto tra le stime ottenute adottando la curva di tendenza e le stime ottenute adottando il modello di rischio Safety Risk Model (SRM) sviluppato dalla Railway Safety (2001) evidenzia una discrepanza significativa: le stime ottenute adottando la curva di tendenza risultano, in media, inferiori alle stime ottenute dal modello di rischio di un fattore pari a due.

La successiva figura mostra la curva di tendenza individuata per l'evento critico collisione.



L'analisi statistica dei dati ha permesso la definizione della curva di tendenza dei tassi di accadimento.

La curva di tendenza di tipo lineare negativa è stata utilizzata per la stima dell'efficienza del sistema di trasporto relativa ai diversi anni analizzati.



## 9.6 Calcolo del rateo di incendio

Le successive tabelle sintetizzano i Valori Medi dei Tassi di Accadimento dell'evento critico iniziatore incendio come determinati dall'analisi statistica delle banche dati BDI-BDS, 1995-2010 diviso per treni passeggeri e treni merci:

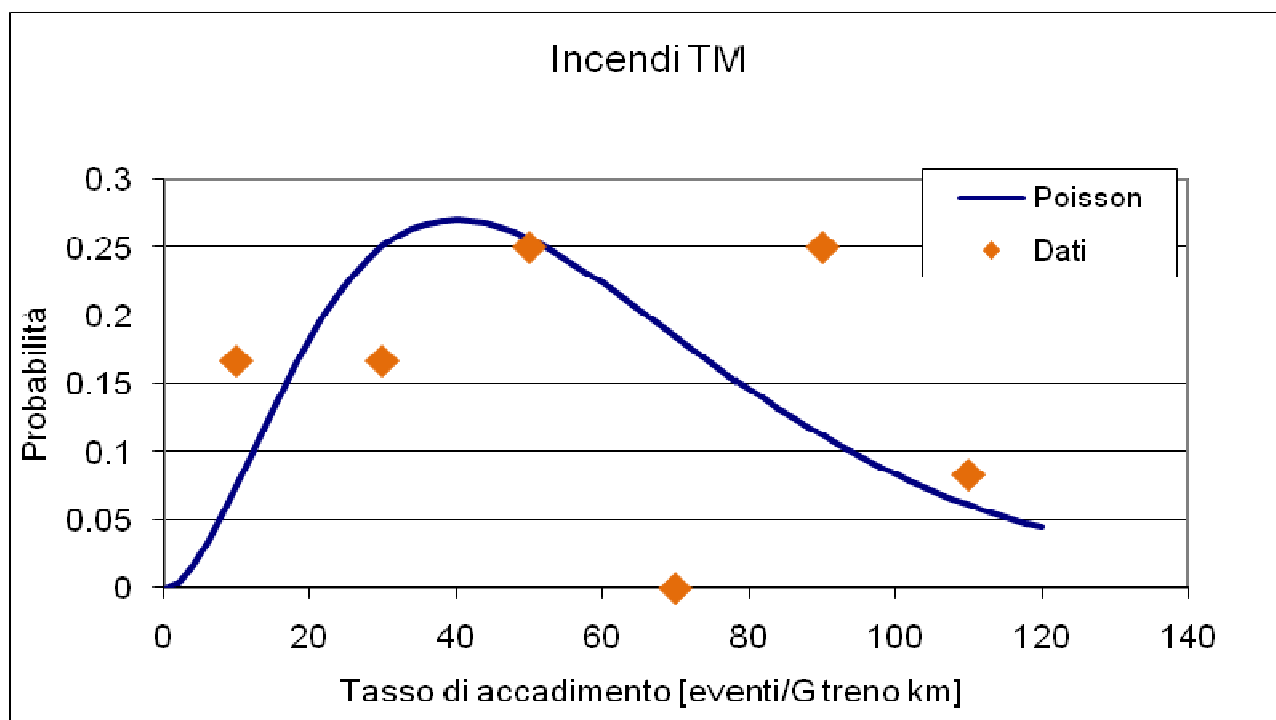
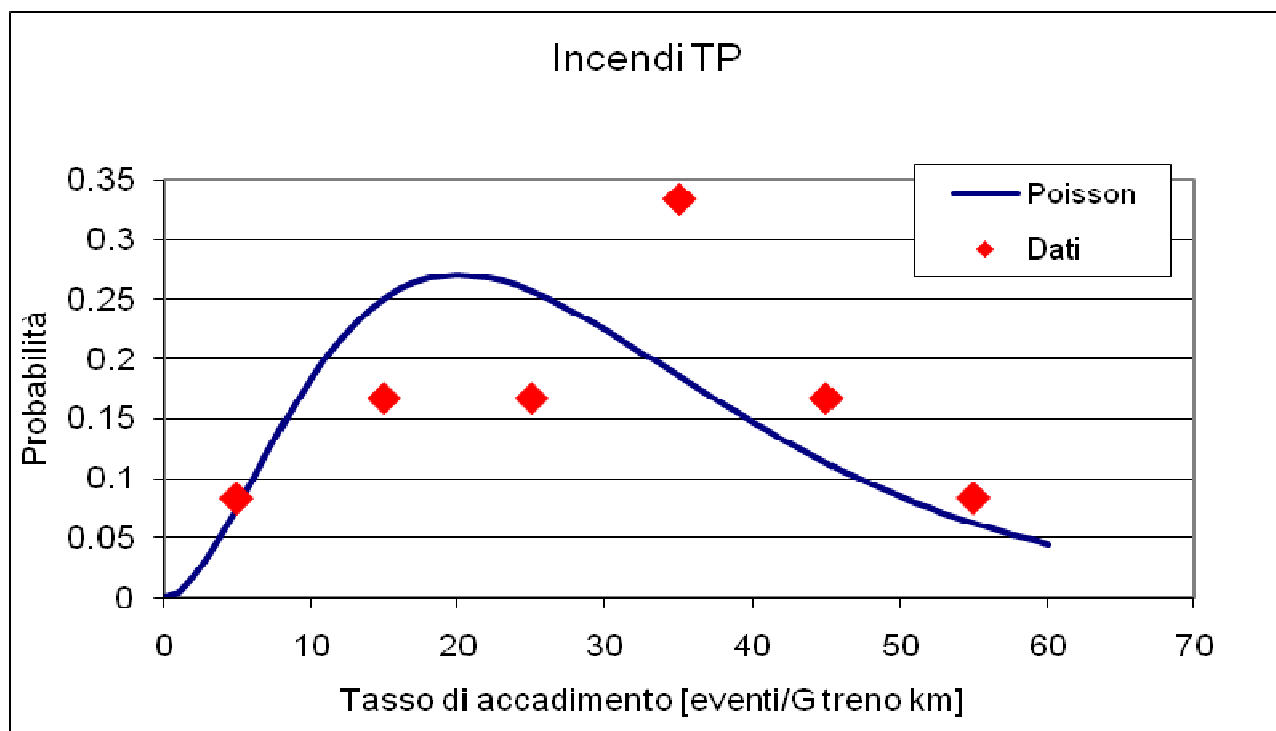
Incendi UIC treni passeggeri e treni merci (BDI-BDS, 1995-2010)

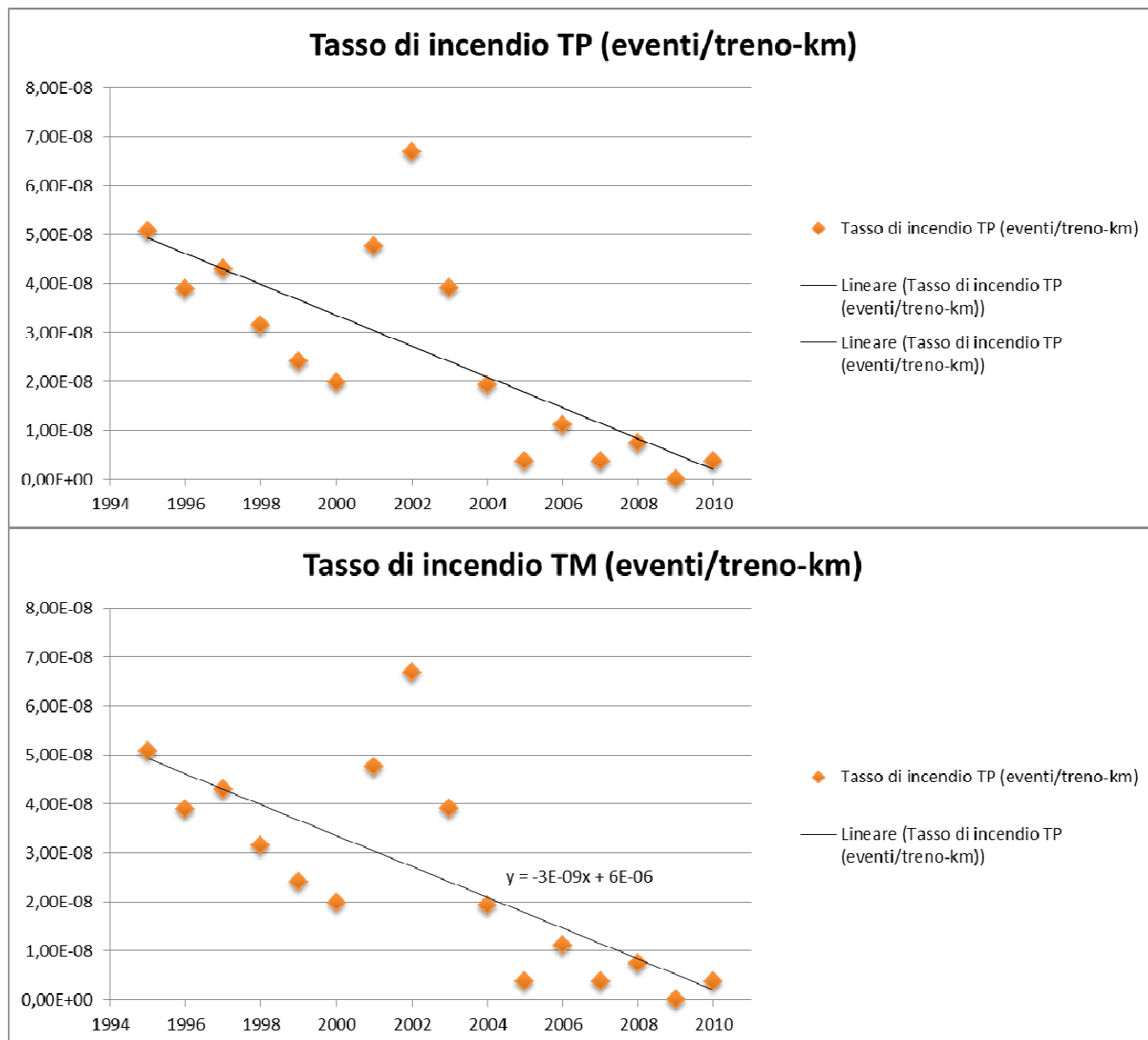
Anno	Incendi TP	Incendi TM	Treni-km TP	Treni-km TM	Tasso di incendio TP (eventi/treno-km)	Tasso di Incendio TM (eventi/treno-km)
1995	13	8	2,56E+08	6,89E+07	5,07E-08	1,16E-07
1996	10	9	2,57E+08	6,84E+07	3,89E-08	1,32E-07
1997	11	7	2,56E+08	6,97E+07	4,30E-08	1,00E-07
1998	8	4	2,54E+08	6,65E+07	3,15E-08	6,02E-08
1999	6	3	2,49E+08	5,80E+07	2,41E-08	5,17E-08
2000	5	7	2,52E+08	5,82E+07	1,99E-08	1,20E-07
2001	12	2	2,52E+08	6,24E+07	4,76E-08	3,20E-08
2002	17	4	2,54E+08	6,17E+07	6,69E-08	6,48E-08
2003	10	2	2,56E+08	5,88E+07	3,91E-08	3,40E-08
2004	5	3	2,60E+08	6,23E+07	1,92E-08	4,82E-08
2005	10	1	2,64E+08	5,83E+07	3,78E-09	1,72E-08
2006	3	0	2,69E+08	6,01E+07	1,12E-08	0,00E+00
2007	1	2	2,68E+08	5,87E+07	3,73E-09	3,41E-08
2008	2	0	2,68E+08	5,22E+05	7,47E-09	0,00E+00
2009	0	0	2,66E+08	3,61E+07	0,00E+00	0,00E+00
2010	1	0	2,67E+08	3,08E+07	3,74E-09	0,00E+00

La successiva tabella sintetizza i Valori Medi di Accadimento dell'evento critico iniziatore collisione per l'anno 2010 come determinati dall'analisi delle banche dati disponibili.

Tasso di accadimento [Eventi/G treno km]	
	2010
Incendi TP	20
Incendi TM	20

Le successive figure mostrano le Funzione di Distribuzione di Poisson che riproducono con sufficiente verosimiglianza le serie storiche di dati relative ai Tassi di accadimento dell'evento critico iniziatore incendio.





La successiva tabella riporta i parametri caratteristici delle funzioni di distribuzione di Poisson per i tassi di accadimento dell'evento critico incendio.

### **Funzione di distribuzione di Poisson**

Le frequenze di accadimento degli eventi critici individuati dal DIM 28/10/2005 sono state determinate utilizzando la funzione di distribuzione di Poisson come funzione rappresentativa dei tassi di accadimento degli eventi critici per la galleria ferroviaria.

La funzione di distribuzione di Poisson adottata ha la seguente struttura:

$$p(N(t) = k) = ((\lambda t)^k / k!) \times e^{-\lambda t}$$

dove  $\lambda$  è il valore medio del tasso di accadimento del singolo evento critico considerato.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	Codifica Documento A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC
	Foglio 198 di 301

Eventi	PDF	$\lambda$	t
Incendio TM	Poisson	2	10
Incendio TP	Poisson	2	10

Le Frequenze di Accadimento degli Eventi Critici sono determinate moltiplicando le Funzioni di Distribuzione dei Tassi di Accadimento degli Eventi Critici per il Volume di Traffico Annuo incidente sul uno specifico Sistema Galleria e per la Lunghezza della galleria.

La frequenza di accadimento è calcolata secondo l'espressione:

$$f = 365 L VT Ta$$

dove

L è la lunghezza della galleria espressa in km

VT in volume di traffico espresso in treni/giorno

Ta è il tasso di accadimento espresso in eventi/treni km

La successiva tabella riporta i Valori Medi delle Frequenze di Accadimento dell'Evento Critico Iniziatore deragliamenti:

Galleria	TP	TM
	Eventi/anno	Eventi/anno
Incendio	0,072	0,031

La successiva tabella sintetizza i valori medi delle frequenze di accadimento degli eventi critici di incendio come determinate dall'analisi dei dati di incidentalità relativi alla rete europea utilizzati come termine di confronto per le gallerie della tratta oggetto di analisi.

### **Frequenze di Accadimento degli Eventi Critici Iniziatori**

(10<sup>6</sup> treni per chilometro)

Evento Critico Iniziatore	1 – 2 G	2 – 1 G
Incendio	0.006	0.006

- 1 – 2 G Galleria Singola Canna Doppio Binario
- 2 – 1 G Galleria Doppia Canna Singolo Binario

### **9.7 Definizione della classe degli eventi iniziatori**

L'obiettivo di questa fase del lavoro è di definire la classe degli eventi iniziatori da considerarsi significativi dal punto di vista della valutazione del rischio, secondo i principi

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 199 di 301

metodologici definiti dal DM 28/10/2005.

La lista dei pericoli deve essere definita attraverso un processo sistematico, tale da garantirne la completezza (tutti i pericoli devono essere individuati per evitare che i risultati dell'analisi dei rischi risultino parziali) ed allo stesso tempo la chiara separazione degli stessi pericoli in base alle loro cause, in modo da evitare sovrapposizioni e ridondanze nella successiva fase di analisi quantitativa degli scenari incidentali. Peraltro, poiché le stime quantitative si basano sull'analisi statistica dei dati storici incidentali, è importante garantire l'omogeneità tra le tipologie di pericoli individuate e le tipiche classificazioni adottate nell'ambito della Banca Dati Incidenti (BDI) e della Banca Dati Sicurezza (BDS), nonché dalle varie amministrazioni ferroviarie ed Enti statistici esteri nel registrare gli eventi incidentali.

In definitiva, la metodologia adottata per lo svolgimento dell'identificazione degli eventi iniziatori è sviluppata attraverso i seguenti passi:

- analisi del sistema;
- individuazione dei pericoli per una generica tratta – lista preliminare dei pericoli;
- selezione dei pericoli per la galleria oggetto di studio;
- definizione della classe degli eventi iniziatori.

Di seguito si riportano gli eventi iniziatori individuati:

- Deragliamento;
- Collisione;
- Incendio di materiale rotabile.

### 9.7.1 Calcolo dei ratei degli eventi iniziatori

La presente sezione ricopre una importanza notevole all'interno dell'analisi di rischio: le frequenze di accadimento degli eventi iniziatori, utilizzate nelle analisi ad albero degli eventi, presentano, infatti, un notevole impatto sul calcolo del Rischio Individuale, RI, e del Rischio totale, R.

Per ogni evento iniziatore è necessario eseguire le seguenti attività specifiche di valutazione e calcolo:

- valutazione della base statistica da utilizzare;
- interpretazione critica dei dati;
- valutazione dei trend dei tassi incidentali mediante l'applicazione di modelli di regressione;
- calcolo dei ratei incidentali per la galleria oggetto di studio;
- stima dell'incertezza dei ratei.

L'analisi dei dati storici, relativi alle tipologie incidentali selezionate, presenta alcune difficoltà:

- generalmente i dati reperibili si riferiscono a intere reti ferroviarie, comprendenti stazioni, piazzali di manovra, tratti in linea aperta e tratti in galleria, porzione di linea, quest'ultima, che può essere considerata "protetta" per determinate tipologie di eventi;

- i dati, spesso, non sono direttamente confrontabili con una linea di nuova costruzione poiché sono associati a strutture datate;
- le informazioni utilizzabili possono provenire da diverse linee, ciascuna attrezzata con equipaggiamenti diversi, rendendo quindi difficile un confronto tra i dati.

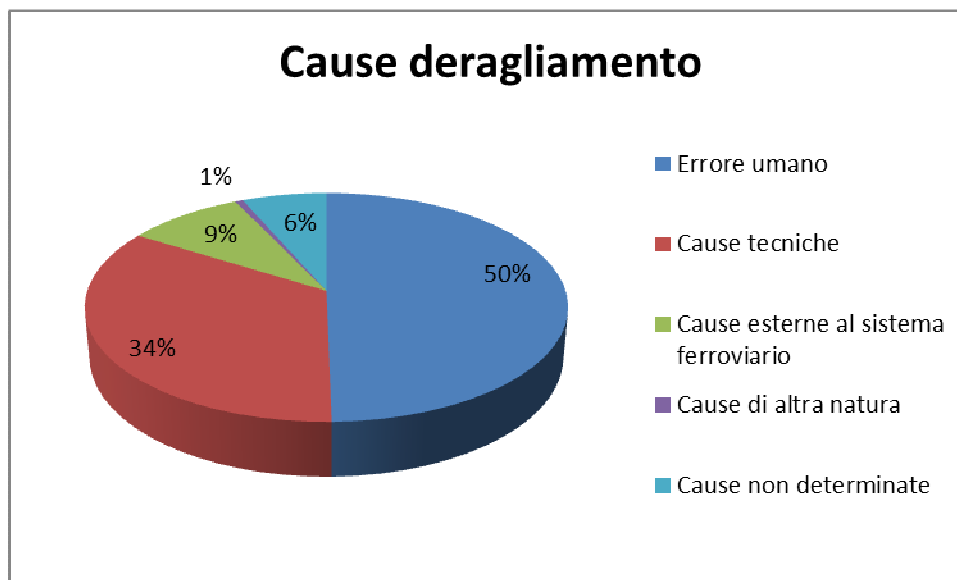
In merito ai dati disponibili ed al loro trattamento finalizzato al calcolo dei ratei, si dispone di una base statistica relativa al sistema ferroviario italiano che copre i periodi 1995-2010 (BDI-BDS). I dati sono tra loro raffrontabili, pur appartenendo a due banche dati differenti, in quanto la statistica complessiva, disponibile sino all'anno 2005 si riferisce agli "Incidenti UIC"; sui dati successivi, raccolti con criteri differenti, è stata effettuata una parametrizzazione finalizzata a rendere tali dati omogenei e confrontabili con i precedenti.

### 9.7.2 Studio delle cause di innesco dei singoli eventi iniziatori

Le successive tabelle sintetizzano le cause individuate, attraverso l'analisi statistica delle banche dati citate, quali cause prime inducenti gli eventi critici iniziatori:

- collisioni
- deragliamenti
- incendi.

#### 9.7.2.1 Cause Deragliamento



La seguente tabella e i successivi grafici riportano le cause di deragliamento per gli incidenti italiani presi in esame, relativi al periodo 1995-2010 (fonte BDI/BDS):

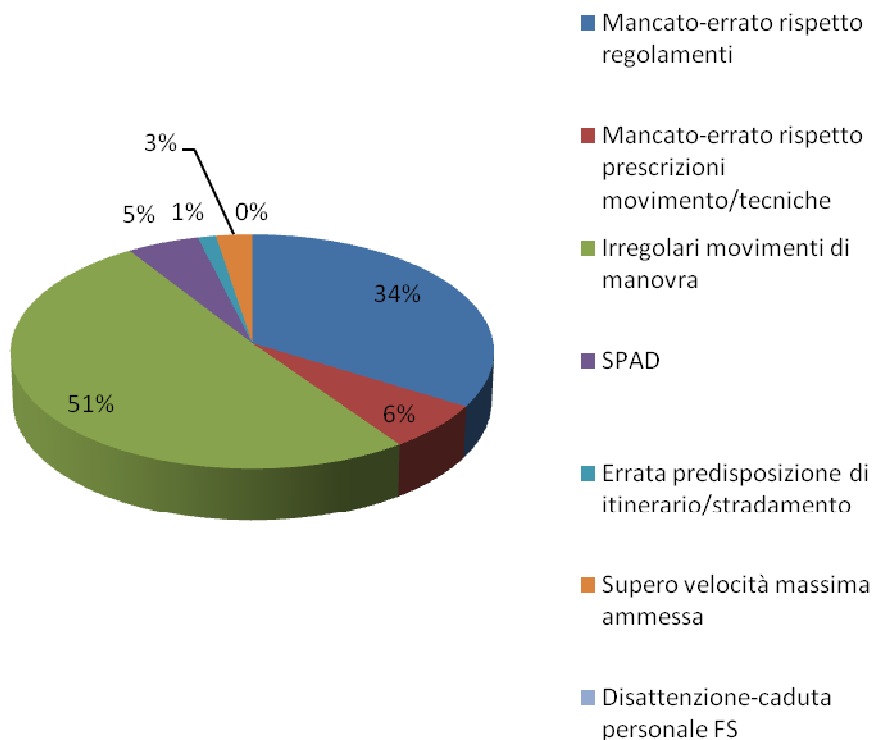
Tipologia treno	TP	TM	Non spec.	
<b>Errore Umano</b>				<b>46,2</b>
Mancato-errato rispetto regolamenti	10	13	3	15,2



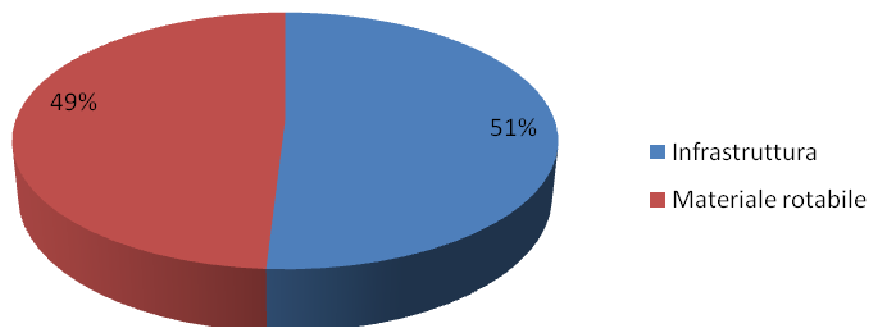
Mancato/errato rispetto prescrizioni movimento/tecniche	2	3	0	2,9
Irregolari movimenti di manovra	7	30	2	22,8
SPAD	1	3	0	2,3
Errata predisposizione di itinerario/istadamento	2	1	0	1,8
Supero velocità massima ammessa (dalla linea/dalle prescrizioni/dai rotabili in composiz.)	2	0	0	1,2
Disattenzione-caduta personale FS	0	0	0	0,0
<b>Cause Tecniche</b>				<b>37,4</b>
<b>Infrastruttura</b>				<b>18,7</b>
Irregolarità alla infrastruttura (binari/deviatoi/portali)	6	1	2	5,3
Irregolarità alla geometria del binario (sobbalzi/slineamento/rotaia rotta) o alla sede/infrastruttura	11	12	0	13,5
<b>Materiale Rotabile</b>				<b>18,7</b>
Difettosità-usura meccanica o elettrica del materiale rotabile-mezzo di trazione	4	13	0	9,9
Contenitori/containers/ferro cisterne circolanti con difetti alle strutture o ai componenti	0	3	0	1,8
Boccole calde/RTB con esito positivo	1	0	0	0,6
Carico non conforme (spostato/eccessivo peso/mal ripartito)	0	5	0	2,9
Perdita componenti dal mat. rotabile (compresi fanali)	2	3	0	2,9
Rottura organi di aggancio dei rotabili	0	1	0	0,6
<b>Cause esterne al sistema ferroviario</b>				<b>8,2</b>
Frane/massi/alberi ingombranti la sede ferroviaria	1	0	0	0,6
Anormalità per evento esterno	6	4	0	5,8
Atto vandalico	1	0	1	1,2
Anormalità riguardanti le squadre/cantieri di lavoro	1	0	0	0,6
<b>Cause di altra natura</b>				<b>0,6</b>
Ostacoli interferenti con la sagoma	1	0	0	0,6
<b>Cause non determinate</b>				<b>7,6</b>
	2	10	1	7,6



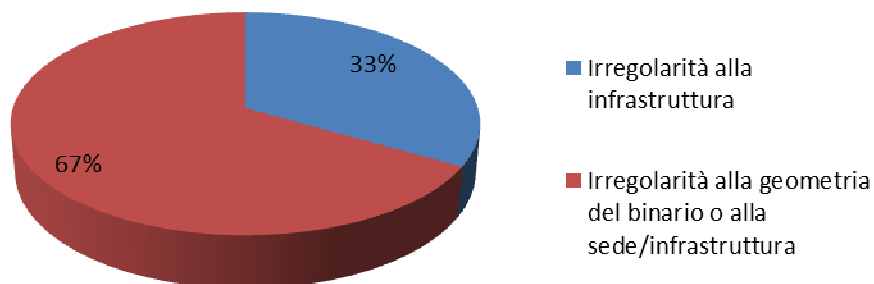
### Errore umano



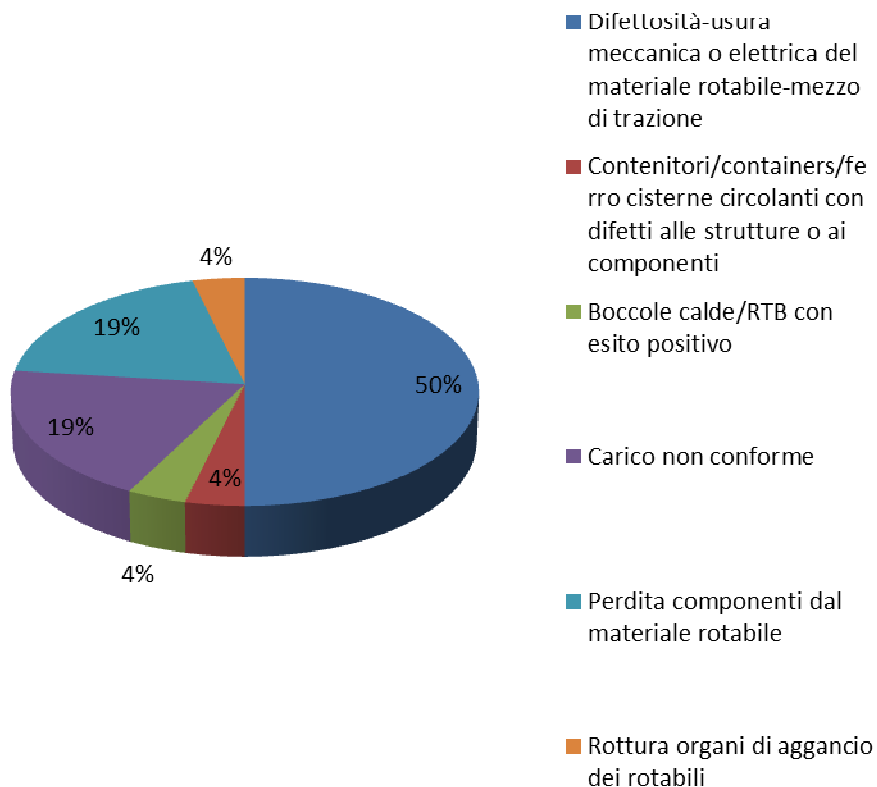
### Cause tecniche



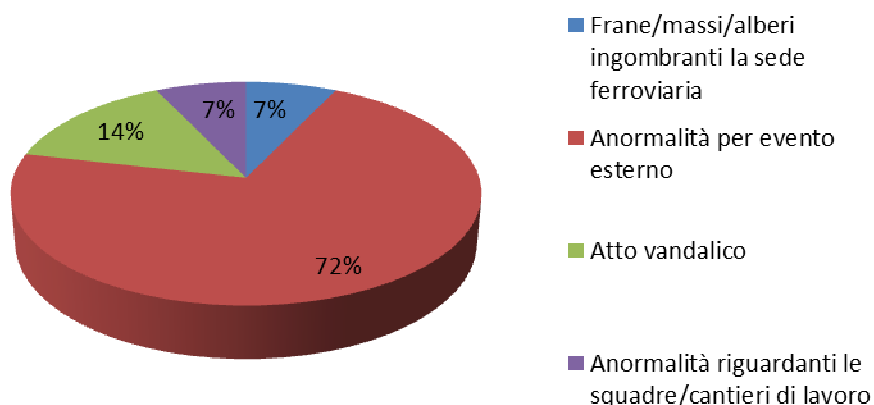
## Infrastruttura



## Materiale rotabile

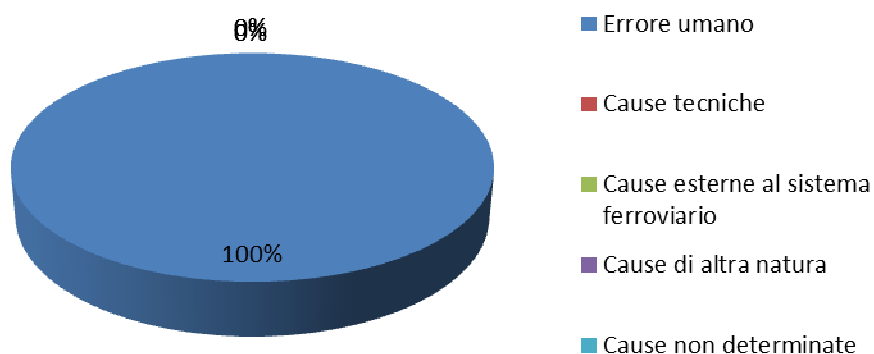


### Cause esterne al sistema ferroviario



#### 9.7.2.2 Cause Collisione

### Cause collisione tra treni



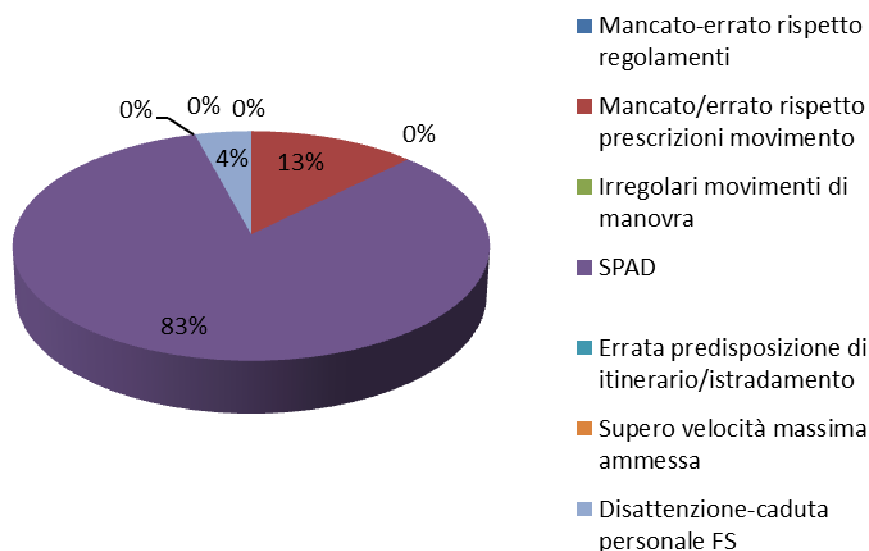
La seguente tabella e i successivi grafici riportano le cause di collisione per gli incidenti italiani presi in esame, relativi al periodo 1995-2010 (fonte BDI/BDS):

<b>Errore Umano</b>		<b>100,0%</b>
Mancato-errato rispetto regolamenti	0	0,0%
Mancato/errato rispetto prescrizioni movimento	3	12,5%



Irregolari movimenti di manovra	0	0,0%
SPAD	20	83,3%
Errata predisposizione di itinerario/istradamento	0	0,0%
Supero velocità massima ammessa (dalla linea/dalle prescrizioni/dai rotabili in	0	0,0%
Disattenzione-caduta personale FS	1	4,2%
<b>Cause Tecniche</b>		<b>0,0%</b>
<b>Infrastruttura</b>		<b>0,0%</b>
Irregolarità alla infrastruttura (binari/deviatoi/portali)	0	0,0%
Irregolarità alla geometria del binario (sobbalzi/slineamento/rotaia rotta) o alla	0	0,0%
<b>Materiale Rotabile</b>		<b>0,0%</b>
Difettosità-usura meccanica o elettrica del materiale rotabile-	0	0,0%
Contenitori/containers/ferro cisterne circolanti con difetti alle	0	0,0%
Boccole calde/RTB con esito positivo	0	0,0%
Carico non conforme (spostato/eccessivo peso/mal	0	0,0%
ripartito)		
Perdita componenti dal mat. Rotabile (compresi fanali)	0	0,0%
Rottura organi di aggancio dei rotabili	0	0,0%
<b>Cause esterne al sistema ferroviario</b>		<b>0,0%</b>
Frane/massi/alberi ingombranti la sede ferroviaria	0	0,0%
Anormalità per evento esterno	0	0,0%
Atto vandalico	0	0,0%
Anormalità riguardanti le squadre/cantieri di lavoro	0	0,0%
<b>Cause di altra natura</b>		<b>0,0%</b>
Ostacoli interferenti con la sagoma	0	0,0%
<b>Cause non determinate</b>		<b>0,0%</b>
	0	0,0%

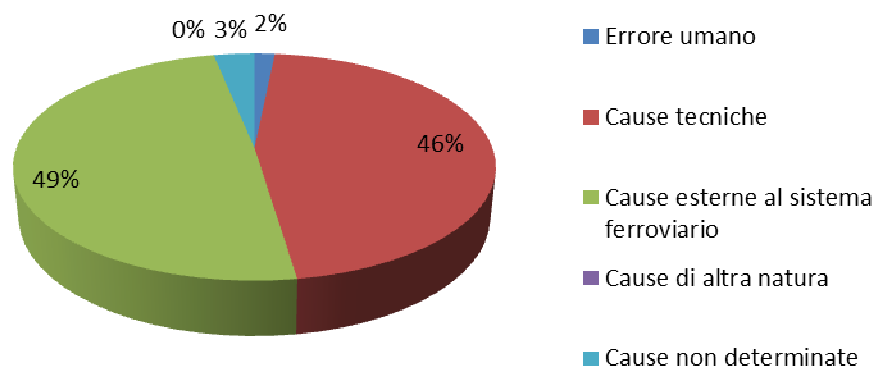
## Errore umano



### 9.7.2.3 Cause Incendio

Le seguenti tabelle e grafici annessi riportano le cause di incendio di materiale rotabile (distinguendo tra materiale rimorchiato e mezzo di trazione) per gli incidenti italiani presi in esame, relativi al periodo 1995-2010 (fonte BDI/BDS).

## Cause incendio di materiale rimorchiato



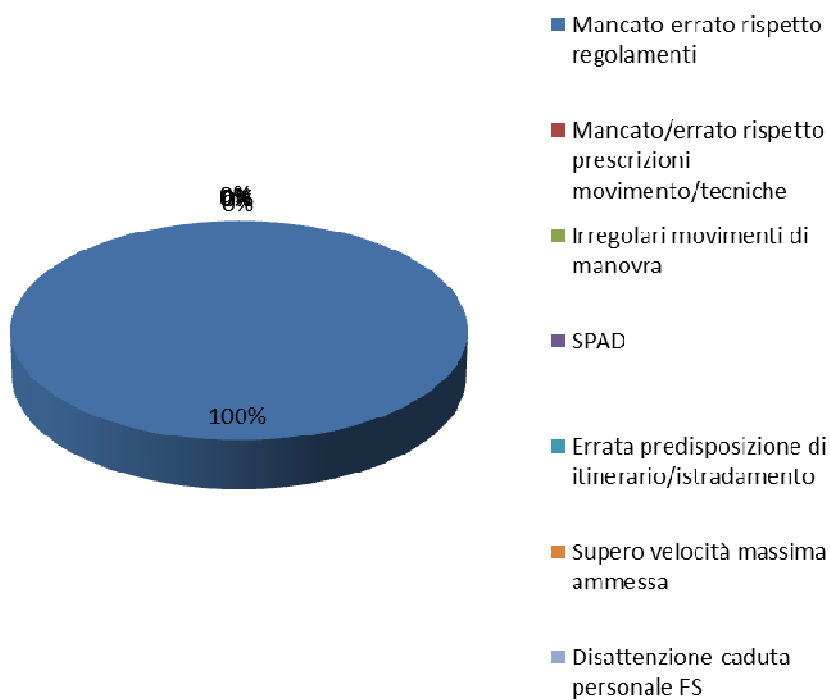
Cause Incendio di Materiale Rimorchiato

**Tipologia treno TP TM Non specif.**

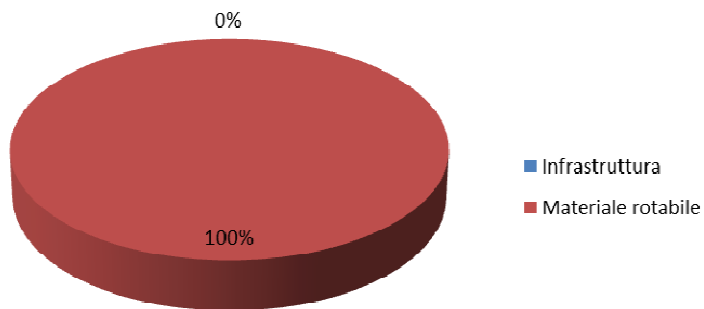
<b>Errore Umano</b>				<b>1,6%</b>
Mancato-errato rispetto regolamenti	0	1	0	1,6%
Mancato/errato rispetto prescrizioni movimento/tecniche	0	0	0	0,0%
Irregolari movimenti di manovra	0	0	0	0,0%
SPAD	0	0	0	0,0%
Errata predisposizione di itinerario/istradamento	0	0	0	0,0%
Supero velocità massima ammessa (dalla linea/dalle prescrizioni/dai rotabili in composizione)	0	0	0	0,0%
Disattenzione-caduta personale FS	0	0	0	0,0%
<b>Cause Tecniche</b>				<b>45,3%</b>
<b>Infrastruttura</b>				<b>0,0%</b>
Irregolarità alla infrastruttura (binari/deviatoi/portali)	0	0	0	0,0%
Irregolarità alla geometria del binario (sobbalzi/slineamento/rotaia rotta) o alla sede/infrastruttura	0	0	0	0,0%
<b>Materiale Rotabile</b>				<b>45,3%</b>
Difettosità-usura meccanica o elettrica del materiale rotabile-mezzo di trazione	2	1	0	4,7%
Difettosità impianto elettrico	5	0	0	7,8%
Contenitori/containers/ferro cisterne circolanti con difetti alle strutture o ai componenti	0	0	0	0,0%
Boccole calde/RTB con esito positivo	0	0	0	0,0%
Sfrenature materiale rotabile/surriscaldamento	7	9	1	26,6%
Carico non conforme (spostato/eccessivo peso/mal ripartito)	0	2	0	3,1%
Perdita componenti dal mat. rotabile (compresi fanali)	0	0	0	0,0%
Portellone aperto	0	2	0	3,1%
Rottura organi di aggancio dei rotabili	0	0	0	0,0%
<b>Cause esterne al sistema ferroviario</b>				<b>50,0%</b>
Frane/massi/alberi ingombranti la sede ferroviaria	0	0	0	0,0%
Anormalità per evento esterno	1	0	0	1,6%
Atto vandalico	23	0	2	39,1%
Accensione di fuochi all'interno dei rotabili da parte di ignoti	5	0	0	7,8%
Sterpaglie in fiamme lungo la linea	0	0	1	1,6%
Anormalità riguardanti le squadre/cantieri di lavoro	0	0	0	0,0%
<b>Cause di altra natura</b>				<b>0,0%</b>
Ostacoli interferenti con la sagoma	0	0	0	0,0%
<b>Cause non determinate</b>				<b>3,1%</b>
	2	0	0	<b>3,1%</b>



### Errore umano

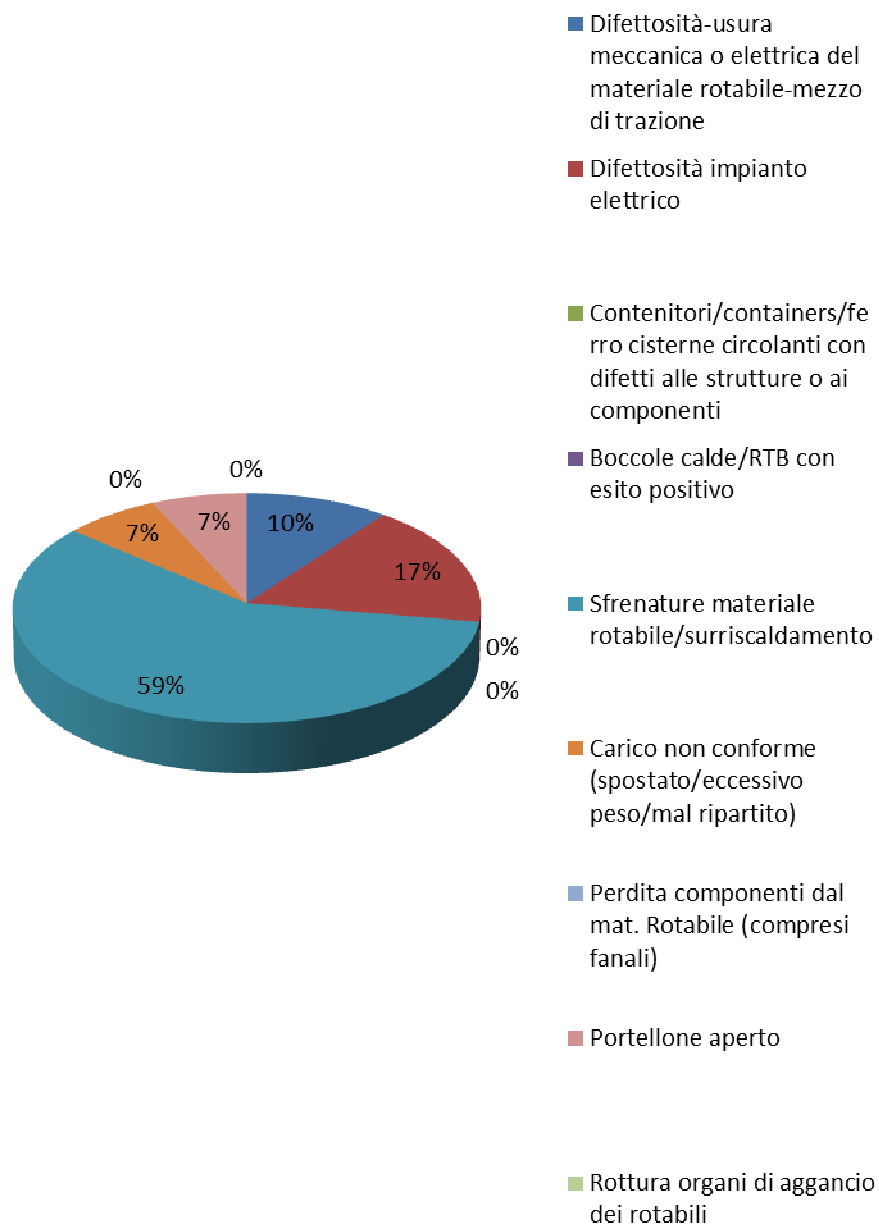


### Cause tecniche

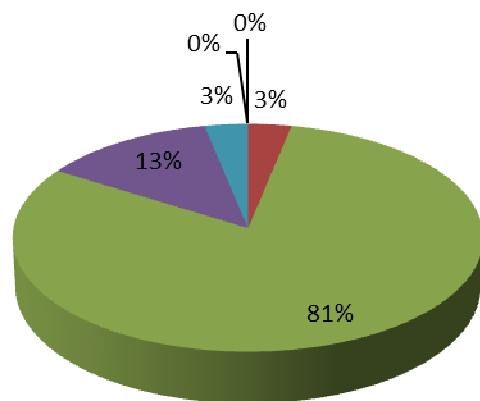




## Materiale rotabile

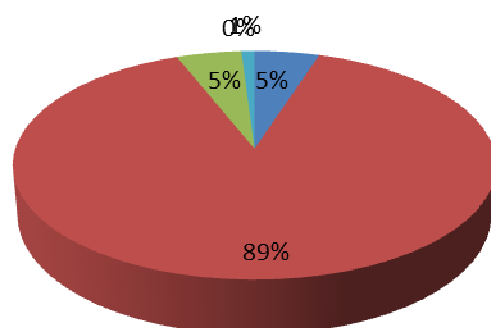


## Cause esterne al sistema ferroviario



- Frane/massi/alberi ingombranti la sede ferroviaria
- Anormalità per evento esterno
- Atto vandalico
- Accensione di fuochi all'interno dei rotabili da parte di ignoti
- Sterpaglie in fiamme lungo la linea
- Anormalità riguardanti le squadre/cantieri di lavoro

## Cause incendio mezzo di trazione



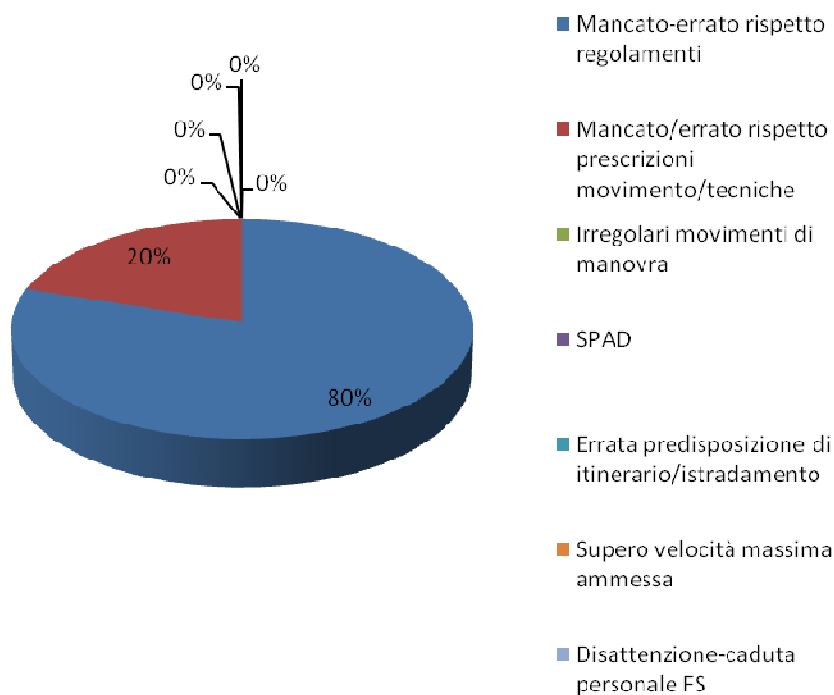
- Errore umano
- Cause tecniche
- Cause esterne al sistema ferroviario
- Cause di altra natura
- Cause non determinate

## Cause Incendio Mezzo di Trazione

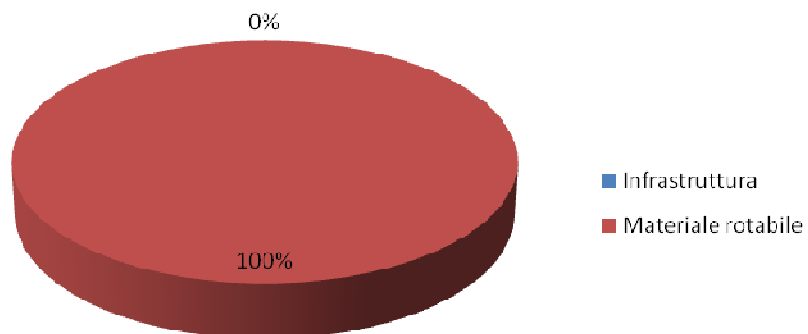
Tipologia treno	TP	TM	Non Specif.
<b>Errore Umano</b>			
Mancato-errato rispetto regolamenti	1	2	1
Mancato/errato rispetto prescrizioni movimento/tecniche	0	1	0
Irregolari movimenti di manovra	0	0	0
<b>SPAD</b>			
Errata predisposizione di itinerario/istadamento	0	0	0
Supero velocità massima ammessa (dalla linea/dalle prescrizioni/dai rotabili in composizione)	0	0	0
Disattenzione-caduta personale FS	0	0	0
<b>Cause Tecniche</b>			
<b>Infrastruttura</b>			
Irregolarità alla infrastruttura (binari/deviatoi/portali)	0	0	0
Irregolarità alla geometria del binario (sobbalzi/slineamento/rotaia rotta) o alla sede/infrastruttura	0	0	0
<b>Materiale Rotabile</b>			
Difettosità-usura meccanica o elettrica del materiale rotabile-mezzo di trazione	33	25	9
Difettosità impianto elettrico	16	2	1
Contenitori/containers/ferro cisterne circolanti con difetti alle strutture o ai componenti	0	0	0
Boccole calde/RTB con esito positivo	1	0	0
Sfrenature materiale rotabile/surriscaldamento	2	0	0
Carico non conforme (spostato/eccessivo peso/mal ripartito)	0	0	0
Perdita componenti dal mat. Rotabile (compresi fanali)	0	0	0
Portellone aperto	0	0	0
Rottura organi di aggancio dei rotabili	0	0	0
<b>Cause esterne al sistema ferroviario</b>			
Frane/massi/alberi ingombranti la sede ferroviaria	0	0	0
Anormalità per evento esterno	2	1	0
Atto vandalico	1	0	0
Accensione di fuochi all'interno dei rotabili da parte di ignoti	1	0	0
Sterpaglie in fiamme lungo la linea	0	0	0
Anormalità riguardanti le squadre/cantieri di lavoro	0	0	0
<b>Cause di altra natura</b>			
Ostacoli interferenti con la sagoma	0	0	0
<b>Cause non determinate</b>			
	0	1	0



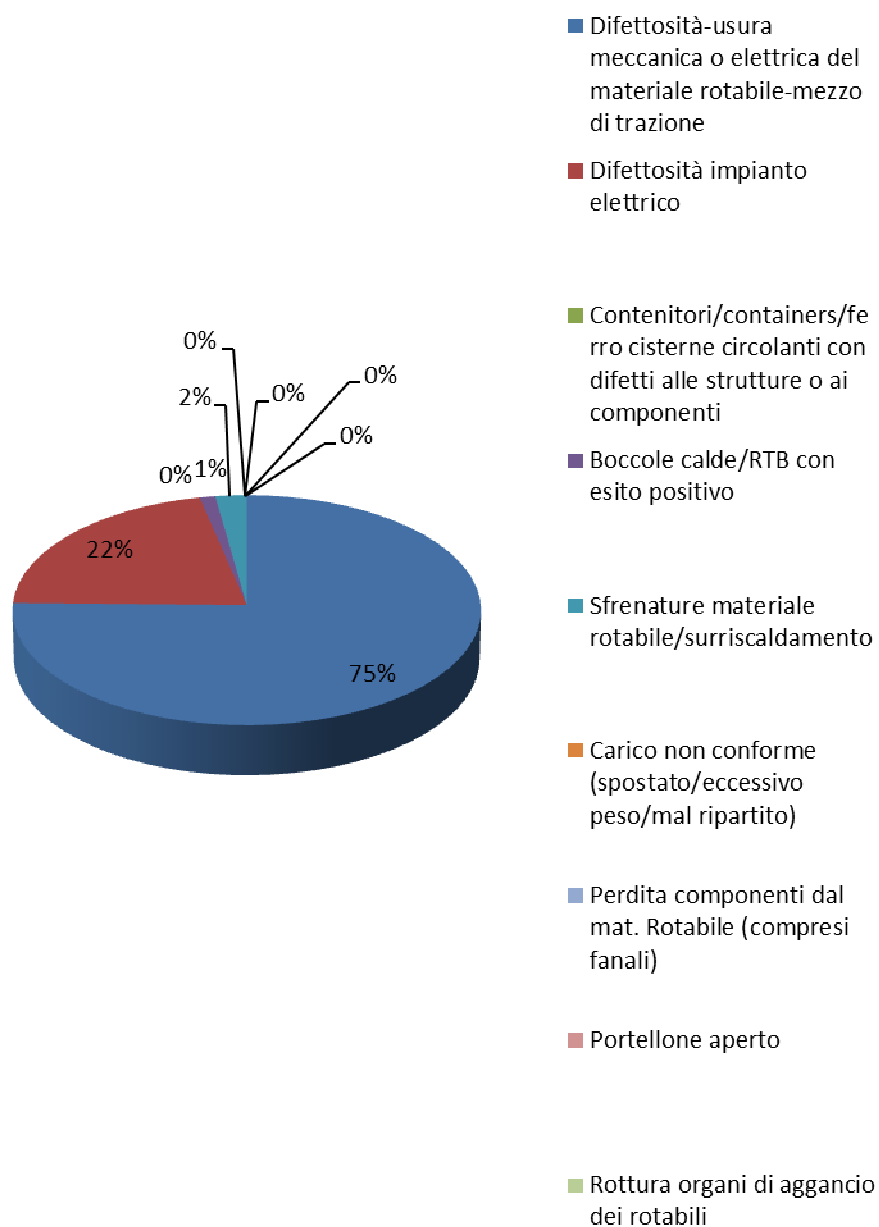
### Errore umano



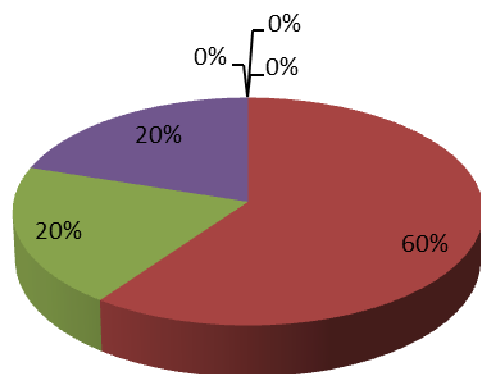
### Cause tecniche



## Materiale rotabile



## Cause esterne al sistema ferroviario



■ Frane/massi/alberi ingombranti la sede ferroviaria

■ Anormalità per evento esterno

■ Atto vandalico

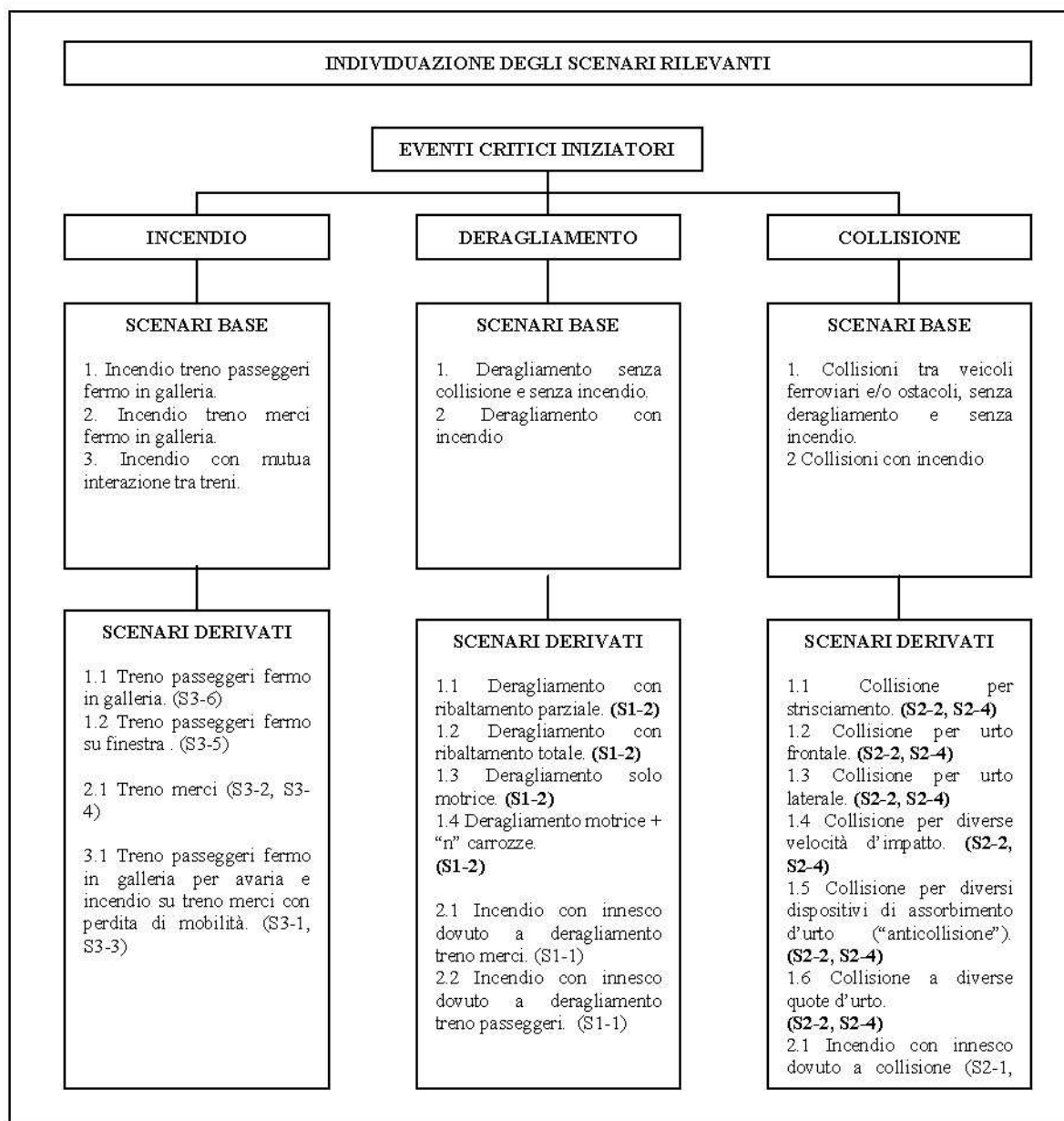
■ Accensione di fuochi all'interno dei rotabili da parte di ignoti

■ Sterpaglie in fiamme lungo la linea

■ Anormalità riguardanti le squadre/cantieri di lavoro

### 9.7.3 Analisi delle sequenze incidentali

Gli Scenari Rilevanti per le gallerie sono individuati in accordo alla procedura sintetizzata nella successiva tabella sviluppata applicando la tecnica Albero degli Eventi.



In particolare partendo dagli eventi iniziatori individuati dal Decreto Ministeriale n 89 e cioè l'incendio, il deragliamento e la collisione si individuano gli scenari incidentali rilevanti che ne possono derivare e che verranno successivamente caratterizzati in termini di frequenze e in termini di conseguenze sulle persone.



La successiva tabella sintetizza le tipologie di scenari rilevanti considerate nello svolgimento dell'analisi di rischio per la galleria Pozzolo.

<i>Scenario rilevante</i>	<i>Descrizione</i>
<b>Deragliamento</b>	
<b>S1-1</b>	Deragliamento TMP con altro treno TP con rilascio/incendio/esplosione
<b>S1-2</b>	Deragliamento TMP con altro treno TP
<b>S1-3</b>	Deragliamento TMP con altro treno
<b>S1-4</b>	Deragliamento TMP
<b>S1-5</b>	Deragliamento TM con altro treno TP con rilascio/incendio/esplosione
<b>S1-6</b>	Deragliamento TM con altro treno TP
<b>S1-7</b>	Deragliamento TM con altro treno
<b>S1-8</b>	Deragliamento TM
<b>S1-9</b>	Deragliamento TP
<b>S1-10</b>	Deragliamento TP con altro treno
<b>S1-11</b>	Deragliamento TP con altro treno TP
<b>S1-12</b>	Deragliamento TP con altro treno TP con rilascio/incendio/esplosione
<b>Collisione</b>	
<b>S2-1</b>	Collisione
<b>S2-2</b>	Collisione con altro treno
<b>S2-3</b>	Collisione con altro treno TP
<b>S2-4</b>	Collisione con altro treno TP con rilascio/incendio/esplosione
<b>Incendio</b>	
<b>S3-1</b>	Incendio TMP con altro treno presente in galleria
<b>S3-2</b>	Incendio TMP
<b>S3-3</b>	Incendio TM con altro treno presente in galleria
<b>S3-4</b>	Incendio TM
<b>S3-5</b>	Incendio TP
<b>S3-6</b>	Incendio TP con altro treno presente in galleria
<b>S3-7</b>	Incendio TP con altro treno con rilascio/incendio/esplosione



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>Codifica Documento</p> <p>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</p>	<p>Foglio</p> <p>217 di 301</p>

### 9.7.3.1 Deragliamento

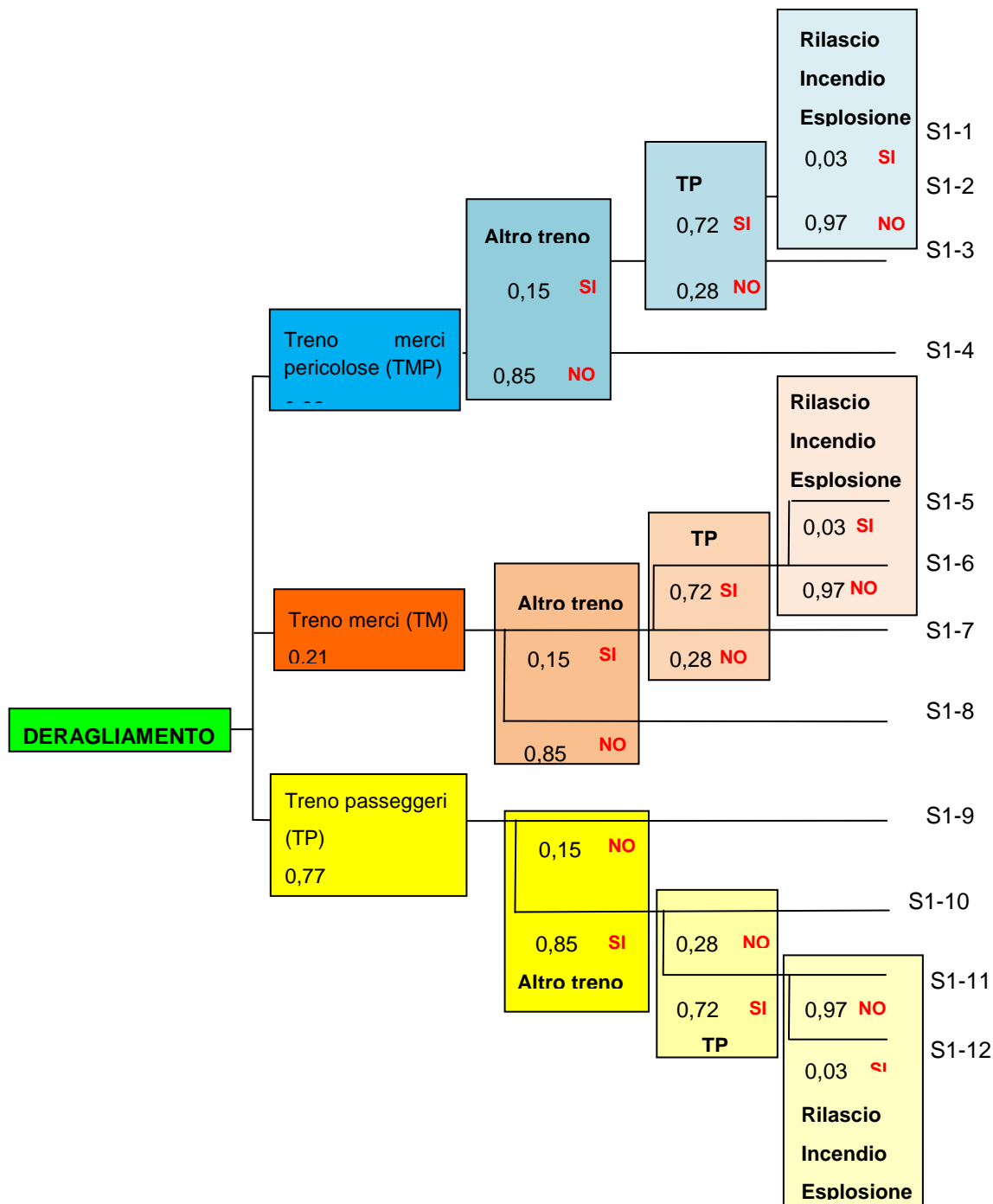
Dall'analisi dei dati incidentali disponibili, si evince che il rateo di deragliamento dipende dalla tipologia di materiale rotabile in esame; pertanto, tale rateo è stato valutato separatamente per i treni passeggeri e per i treni merci.

Nello sviluppo di ciascuno degli alberi degli eventi (deragliamento treno passeggeri e deragliamento treno merci) sono stati presi in considerazione i seguenti sottoeventi che caratterizzano la sequenza incidentale, in base al verificarsi o meno degli stessi:

- gravità del deragliamento (solo per i treni passeggeri);
- scontro con un treno;
- rilascio di sostanze pericolose/ incendio/ esplosione;
- coinvolgimento altro treno passeggeri (solo per i treni merci/merci pericolose).



scenario di deragliamento:

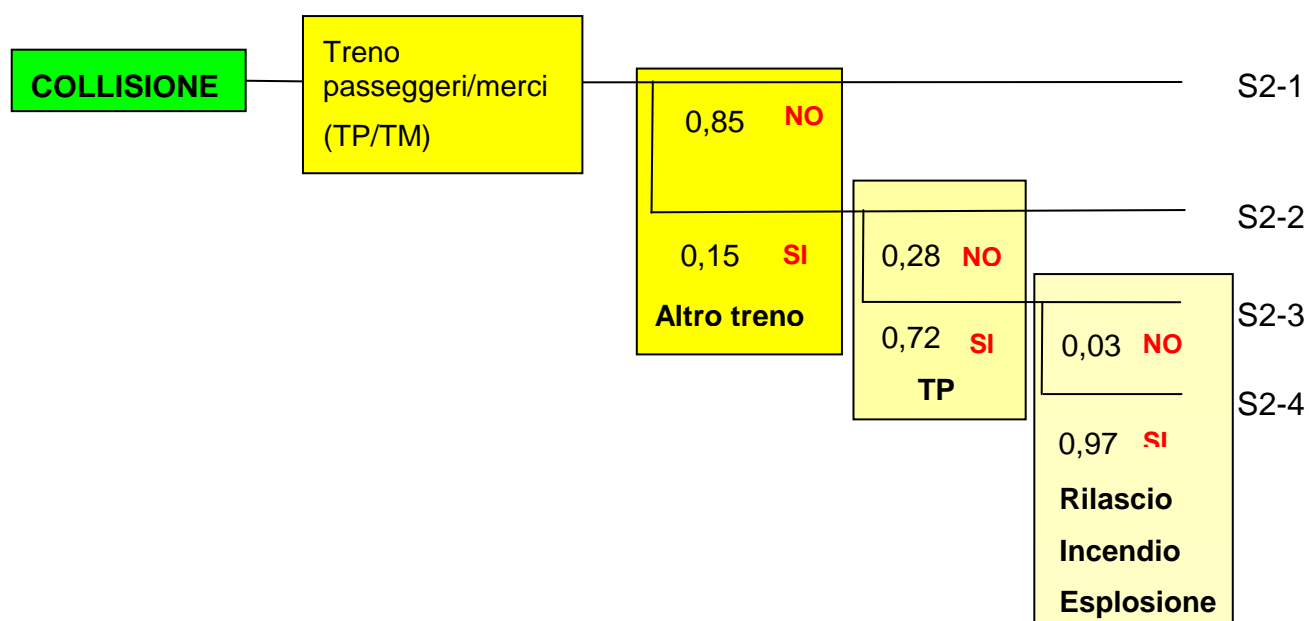


### 9.7.3.2 Collisione

Nello sviluppo dell'albero degli eventi (collisione treno passeggeri e collisione treno merci) sono stati presi in considerazione i seguenti sottoeventi che caratterizzano la sequenza incidentale, in base al verificarsi o meno degli stessi:

- scontro con un treno;
- tipologia treno colliso (passeggeri);
- rilascio di sostanze pericolose/ incendio/ esplosione.

scenario di collisione:



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 220 di 301

### 9.7.3.3 Incendio di materiale rotabile

Dall'analisi dei dati incidentali disponibili, è emerso che il tasso di incendio dipende dalla tipologia di materiale rotabile in esame, pertanto il rateo deve essere valutato separatamente per i treni passeggeri, per i treni merci e per i treni con merci pericolose.

Di seguito vengono elencati i sottoeventi relativi all'albero preso in esame nel presente studio:

#### Albero degli eventi incendio treno merci

- tipologia del treno merci;
- coinvolgimento altro treno;
- rilascio di sostanze pericolose/incendio/esplosione.

#### Albero degli eventi incendio treno passeggeri

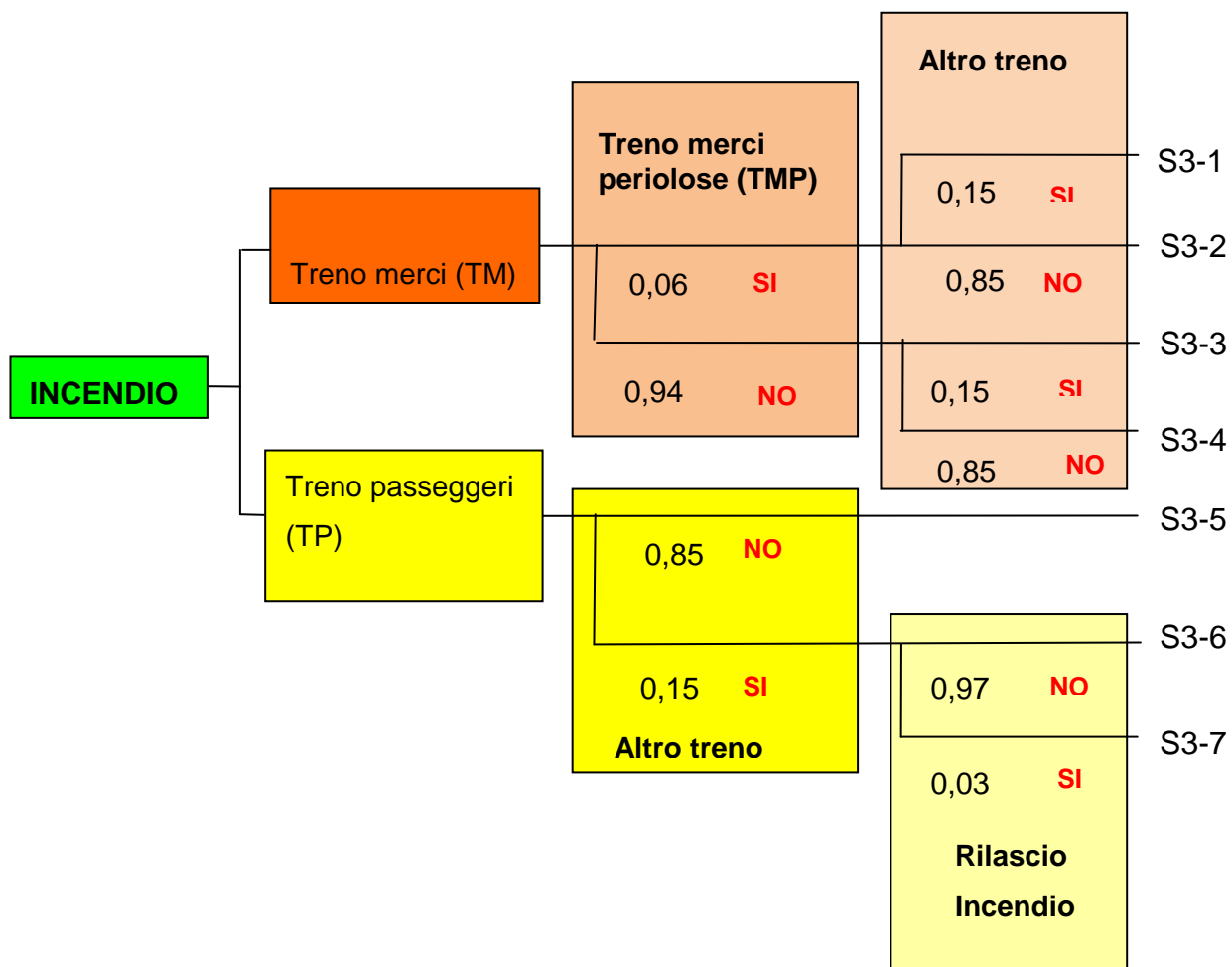
- coinvolgimento altro treno;
- rilascio di sostanze pericolose/incendio/esplosione.

#### Albero degli eventi incendio treno merci pericolose

- coinvolgimento altro treno;
- rilascio di sostanze pericolose/incendio/esplosione.



**scenario di incendio:**



#### 9.7.4 Calcolo delle frequenze di accadimento degli scenari incidentali

La Funzione di Distribuzione di Poisson riproduce con sufficiente verosimiglianza le serie storiche di dati relative ai Tassi di accadimento degli Eventi Critici Iniziatori.

La successiva tabella riporta i parametri caratteristici delle funzioni di distribuzione di Poisson per i tassi di accadimento degli eventi critici.

##### Funzione di distribuzione di Poisson

$$p(N(t) = k) = ((\lambda t)^k / k!) \times e^{-\lambda t}$$

Eventi	PDF		t
Deragliamenti	Poisson	2 (4 deviatoi)	10
Collisione	Poisson	2	2
Incendio TM	Poisson	2	10
Incendio TP	Poisson	2	10

La successiva tabella sintetizza i valori medi delle frequenze di accadimento degli eventi critici come determinate dall'analisi dei dati di incidentalità relativi alla rete europea utilizzati come termine di confronto per le gallerie oggetto di analisi.

##### Frequenze di Accadimento degli Eventi Critici Iniziatori

(10<sup>6</sup> treni per chilometro)

Evento Critico Iniziatore	1 – 2 G	2 – 1 G
Deragliamenti	0.001	0.001
Collisione	0.0003	0.0002
Incendio	0.0009	0.0009
Urto Ostacolo	0.006	0.006

- 1 – 2 G Galleria Singola Canna Doppio Binario
- 2 – 1 G Galleria Doppia Canna Singolo Binario

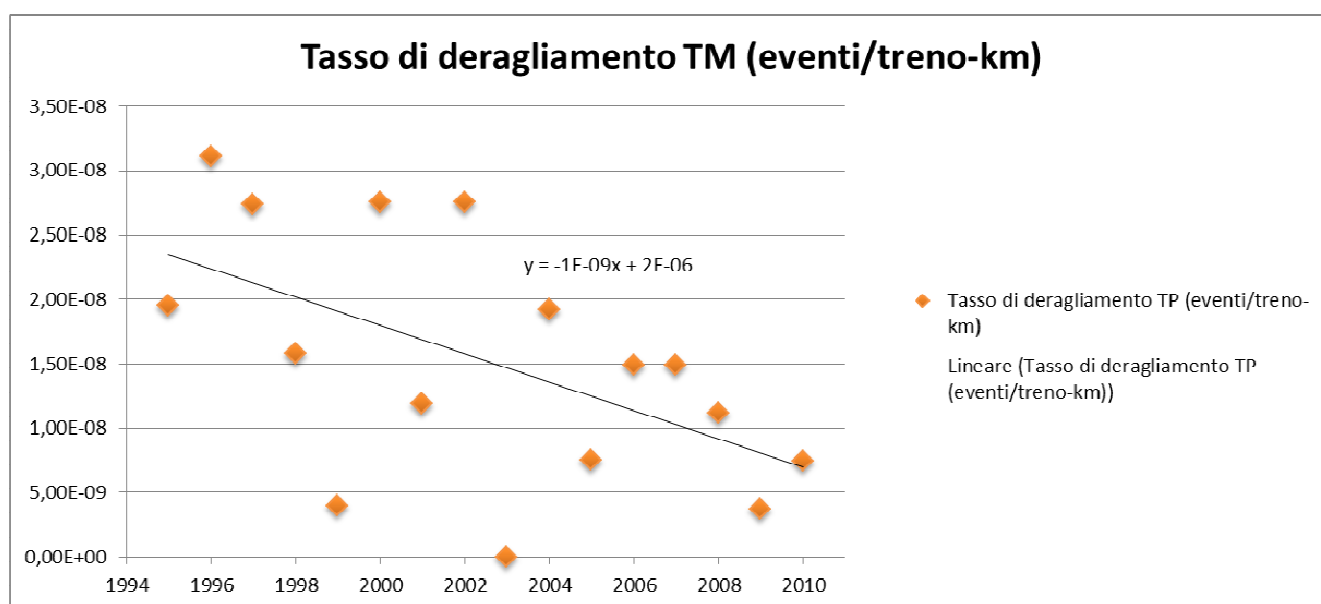
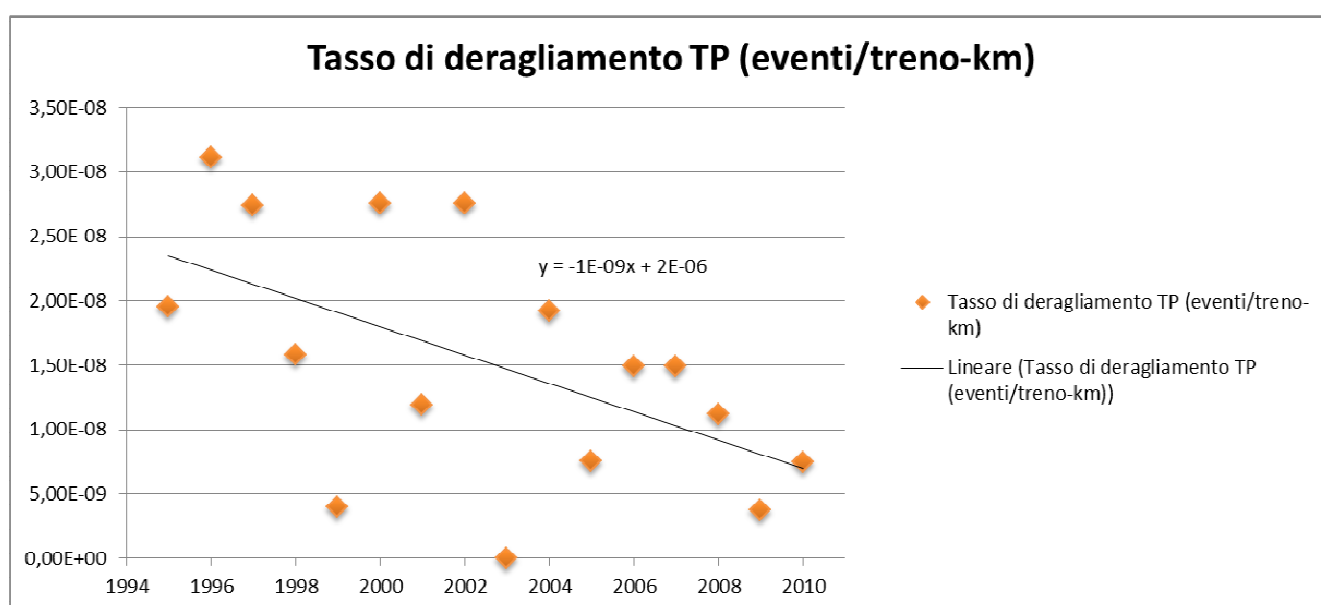
##### Curva di tendenza per i tassi di accadimento degli eventi critici Deragliamenti e Collisione

La valutazione dei tassi di accadimento degli eventi critici collisione e deragliamenti per gli scenari temporali analizzati è stata ulteriormente affinata utilizzando una curva di tendenza individuata dall'analisi statistica dei dati di incidentalità contenuti nelle banche dati relative alla rete ferroviaria italiana.

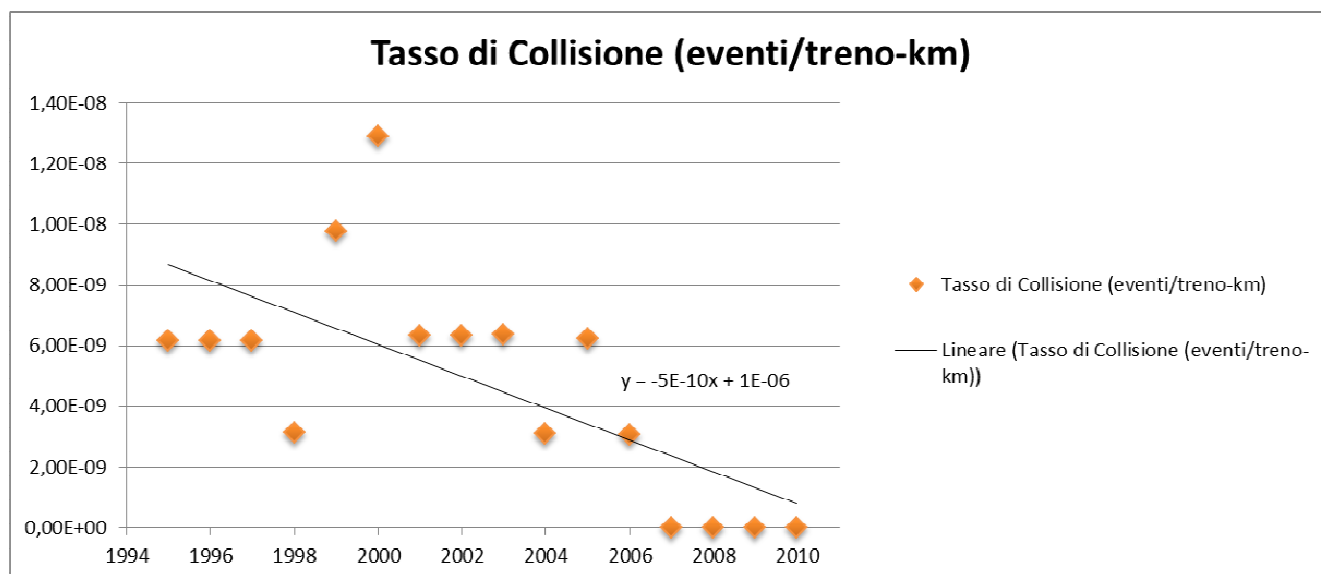
La valutazione dei tassi di accadimento degli eventi critici presuppone l'accettazione dei risultati riportati in un lavoro reperibile nella letteratura libera (Evans, 2003) per i quali l'estrapolazione in accordo in una linea di tendenza desunta dall'analisi statistica dei dati storici di incidentalità è adeguata alla caratterizzazione dell'incidentalità attesa per un sistema di trasporto ferroviario.

Il confronto tra le stime ottenute adottando la curva di tendenza e le stime ottenute adottando il modello di rischio Safety Risk Model (SRM) sviluppato dalla Railway Safety (2001) evidenzia una discrepanza significativa: le stime ottenute adottando la curva di tendenza risultano, in media, inferiori alle stime ottenute dal modello di rischio di un fattore pari a due.

La successiva figura mostra la curva di tendenza individuata per l'evento critico deragliamento rispettivamente per i treni passeggeri e per i treni merci.



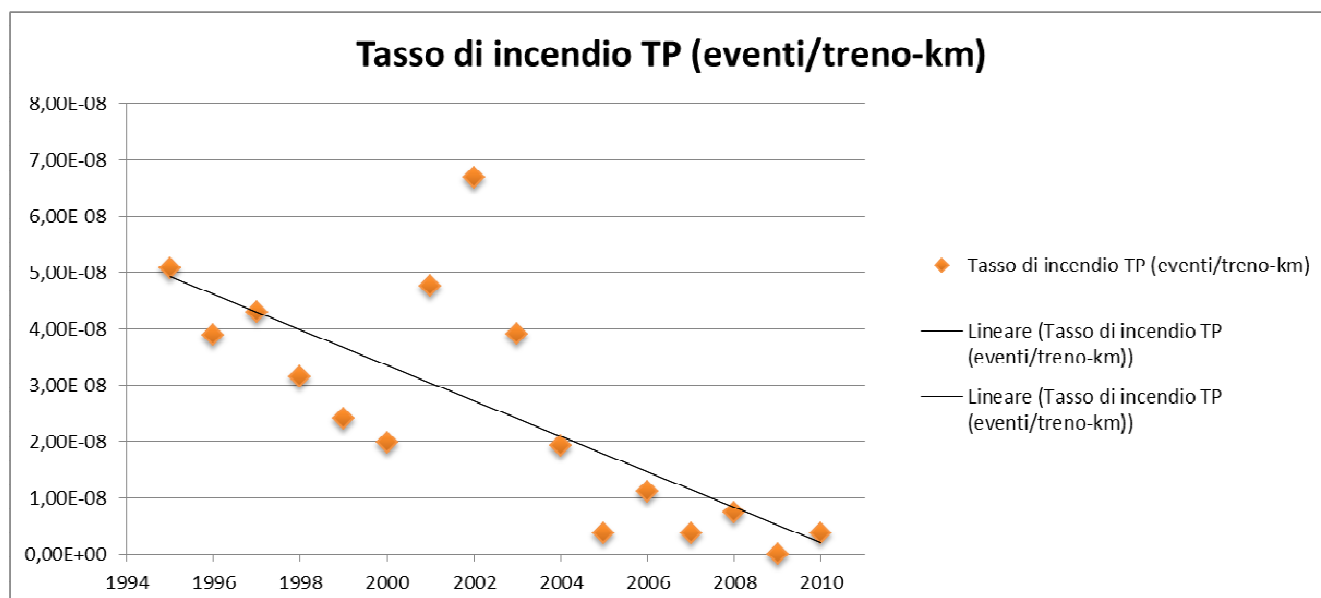
La successiva figura mostra la curva di tendenza individuata per l'evento critico collisione.



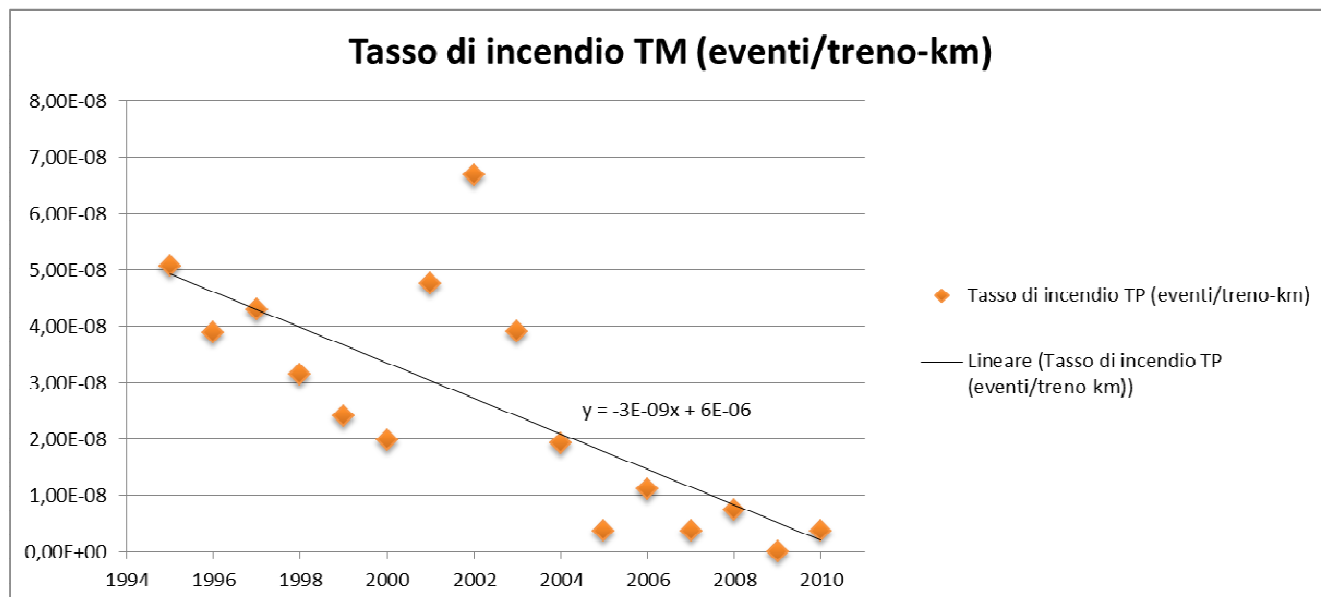
L'analisi statistica dei dati ha permesso la definizione della curva di tendenza dei tassi di accadimento.

La curva di tendenza di tipo lineare negativa è stata utilizzata per la stima dell'efficienza del sistema di trasporto relativa ai diversi anni analizzati.

La successiva figura mostra la curva di tendenza individuata per l'evento critico incendio rispettivamente per i treni passeggeri e per i treni merci.







I paragrafi seguenti descrivono le modalità di calcolo delle probabilità associate a ciascun sottoevento (gate) che caratterizza le sequenze incidentali degli alberi degli eventi; essi vengono di seguito descritti suddivisi per eventi iniziatori di riferimento di cui vengono illustrati i modelli adottati per la verifica dell'influenza dei sistemi di sicurezza sulla probabilità di accadimento degli eventi di collisione, deragliamento e incendio ovvero sul tasso di accadimento degli eventi incidentali finalizzata alla costruzione degli alberi degli eventi e alla determinazione dell'efficienza del sistema di trasporto.

### 9.7.5 Determinazione delle funzioni di distribuzione associate all'albero degli eventi

I successivi paragrafi riportano i criteri ed i modelli adottati per la definizione delle probabilità associate all'albero degli eventi relativo a ciascuno degli eventi critici iniziatori deragliamento, collisione, incendio.

I valori indicati sull'albero degli eventi relativamente alle probabilità di transizione tra i diversi rami costituiscono il valore centrale di una funzione di distribuzione che considera tutto il campo di variabilità del parametro.

#### 9.7.5.1 Deragliamento

##### Evento iniziatore

Il rateo dell'evento iniziatore, espresso in eventi all'anno, deriva dal prodotto del tasso incidentale dell'evento deragliamento per ciascuna tipologia di treno moltiplicato per il relativo traffico (treni-km) presente nella tratta in esame per la lunghezza della galleria.

##### Gravità del deragliamento (solo per i treni passeggeri)

Il sottoevento che distingue i deragliamenti in grado di produrre conseguenze in termini di fatalità per i soggetti esposti è modellizzato in base all'analisi dei dati statistici (BDI/BDS).

Il ramo associato allo sviluppo dell'evento di deragliamento in grado di produrre conseguenze in termini di fatalità è caratterizzato da una probabilità pari al rapporto tra il rateo atteso dell'evento di deragliamento, calcolato considerando solo gli eventi occorsi

con conseguenze significative (i.e. feriti gravi e/o fatalità), ed il rateo di deragliamento atteso, calcolato sulla base della totalità degli eventi di deragliamento.

Il valore di tale rapporto è pari a 0,105.

#### Occupazione del binario adiacente

La probabilità che il binario adiacente venga occupato dal treno deragliato è pari al prodotto di due fattori: il primo termine, P1, è la probabilità che il treno deragli in direzione di un altro binario; il secondo, P2, è la probabilità che il treno, uscendo dalla guida delle rotaie, percorra una distanza in direzione perpendicolare alle stesse tale da interferire con la sagoma dinamica nell'altro senso di marcia:

$$P_{occbinad} = P_1 \times P_2$$

dove

P1 è posto pari a 0,5;

P2 viene stimata utilizzando dati di deviazione laterale in caso di deragliamento.

#### **Deviazione laterale a seguito di deragliamento**

DISTANZA (metri)	EVENTI OSSERVATI	PROBABILITA'	PROBABILITA' CUMULATA
0.15	3	0.0484	1.00
0.24	1	0.0161	0.95
0.27	1	0.0161	0.94
0.30	16	0.2581	0.92
0.46	3	0.0484	0.66
0.67	12	0.1935	0.61
0.91	6	0.0968	0.42
1.22	4	0.0645	0.32
1.37	1	0.0161	0.26
1.52	3	0.0484	0.24
1.83	2	0.0323	0.19
2.74	1	0.0161	0.16
3.05	4	0.0645	0.15
3.67	1	0.0161	0.08
5.49	1	0.0161	0.06
6.40	1	0.0161	0.05

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>
	Foglio 227 di 301

10.70	1	0.0161	0.03
18.30	1	0.0161	0.02
<b>Totale</b>	62	1.0000	-

### Scontro con un treno

La probabilità complessiva associata all'evento di collisione, a seguito di deragliamento e successiva invasione del binario adiacente, con treno sopraggiungente è la media delle probabilità di collisione per ciascuna tipologia di treno (merci/passeggeri eventualmente distinti per velocità di marcia).

Viene ivi indicato con "i" il numero di tipologie di treni presenti (merci/passeggeri), si indica con  $p_{att}$  la probabilità che il convoglio sviato occupi il circuito di binario sul binario adiacente rispetto a quello sede dell'evento di deragliamento, con  $t_{cd}$  il tempo di cadenzamento medio, con  $\bar{v}$  la velocità media pesata per tipologia di treno, con  $v_i$  la massima velocità di ogni tipologia di treno, con  $t_{fi}$  il tempo di frenatura della tipologia i-esima di treno, con  $v_{fi}$  la velocità di frenatura della tipologia i-esima di treno, con  $n_i$  il numero della tipologia i-esima di treni, con  $n$  il numero totale di treni e con  $t_{all}$  il tempo che intercorre tra l'incidente e l'inizio della frenatura del treno sopraggiungente.

Si ha pertanto la seguente espressione della probabilità di collisione generica:

$$P_{col} = p_{att} \cdot \sum_i \frac{t_{fi} \cdot v_{fi} \cdot n_i}{t_{cd} \cdot \bar{v} \cdot n} + (1 - p_{att}) \cdot \sum_i \frac{(t_{all} \cdot v_i + n_i \cdot t_{fi} \cdot v_{fi})}{t_{cd} \cdot \bar{v} \cdot n}$$

La probabilità  $p_{att}$  è stata calcolata mediante la formula di Bayes; il suo valore, infatti, è condizionato dal verificarsi del sottoevento "occupazione del binario adiacente".

Il tempo di allarme è stato stimato pari a 2 minuti.

Il tempo di frenatura è stato valutato separatamente per i treni passeggeri e per i merci, tenendo conto della differente velocità iniziale, della diversa decelerazione e dei coefficienti di attrito in gioco.

### Tipologia del treno colliso (passeggeri o merci)

La probabilità che la collisione su binario adiacente coinvolga un treno passeggeri/merci dipende dal tempo di frenatura della i-esima tipologia (i treni vanno distinti per tipologia e per tempo di frenatura) del treno nonché dal numero di treni/g in transito.

In definitiva la probabilità che il treno sopraggiungente sul binario adiacente (il quale arriva a collidere col treno già deragliato) al binario sede del deragliamento sia un passeggeri ovvero un merci è data dalle seguenti espressioni:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 228 di 301

$$P_{colTP} = \frac{1}{1 + \frac{n_{TM}}{n_{TP}} \cdot \frac{t_{fTM}}{t_{fTP}}}$$

$$P_{colTM} = 1 - P_{colTP}$$

Ove si è indicato con  $n_{TM}$  ( $n_{TP}$ ) il numero di treni merci (passeggeri) in transito in galleria e con  $t_{fTM}$  ( $t_{fTP}$ ) il tempo di frenatura dei treni merci (passeggeri) in transito in galleria.

### Treno colliso merci pericolose

La probabilità che il treno colliso trasporti merci pericolose è pari al rapporto tra il numero di treni trasportanti merci pericolose e il totale dei treni merci, riferendosi ovviamente all'esercizio della galleria in oggetto. Come indicato nel modello di esercizio della galleria la percentuale di treni con merci pericolose rispetto al totale è pari al 6%.

La probabilità di questo gate ha significato solo se il treno incidentato non è passeggeri.

### Rilascio / Incendio / Esplosione

In assenza di informazioni nella Banca dati relativa alla ferrovia italiana (BDI/BDS), è stato adottato un valore di probabilità di incendio a seguito di deragliamento utilizzato in altri studi condotti utilizzando basi di dati incidentali riconosciute a livello internazionale. Il valore assunto è, pertanto, pari a 0,03 sia nel caso di treno passeggeri che di treno merci.

In caso di coinvolgimento di merci pericolose si è fatto invece riferimento ai dati della Banca Dati Sicurezza (BDS) di RFI. Da tale fonte si osserva una frequenza di evento catastrofico a seguito di deragliamento pari a 0,1 (i.e. 1 evento su 10 deragliamenti coinvolgenti merci pericolose); in particolare l'evento registrato è stato caratterizzato dall'innescò di un incendio di elevata potenza termica a seguito di rilascio di sostanza.

La frequenza succitata viene ivi estesa al caso di collisione, equiparando cioè la collisione al deragliamento come causa dello sversamento della sostanza pericolosa dalla ferrocisterna.

In virtù della suddetta posizione, la statistica si arricchisce di ulteriori 4 eventi incidentali ai quali però non ha fatto seguito alcuno sversamento catastrofico.

La frequenza di incendio a seguito di deragliamento o collisione coinvolgente merci pericolose è, pertanto, posta pari a 0,071 (i.e. 1/14). Come nel caso dei treni passeggeri e merci, un ulteriore evento farebbe raddoppiare tale valore.

In mancanza di ulteriori dati statistici, i valori del sottoevento associato al rilascio di quantità significative di sostanze tossiche a seguito di deragliamento o collisione coinvolgente merci pericolose e del sottoevento esplosione (sempre in presenza di merci pericolose) sono stati associati al sottoevento incendio, utilizzando quindi un'unica probabilità per i tre possibili sottoeventi.

Tale assunzione, vista la mancanza di dati statistici, appare giustificabile sulla base delle seguenti considerazioni:

- la sequenza incidentale che conduce a tali scenari condivide i medesimi sottoeventi costituenti la sequenza che conduce ai rami di incendio di merci pericolose,

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 229 di 301

- le entità delle conseguenze attese associate a tali scenari sono confrontabili tra loro, trattandosi degli scenari di massima letalità.

### Coinvolgimento altro treno passeggeri (solo per i treni merci/merci pericolose)

La probabilità che a seguito di un incendio si abbia il coinvolgimento di un treno sopraggiungente sul luogo dell'incidente viene influenzata dalle circostanze descritte di seguito.

L'incendio di un treno passeggeri, in generale, non implica il coinvolgimento di altri treni; pertanto ulteriori rischi legati a tale ultima circostanza sono stati ritenuti trascurabili.

Qualora l'incendio interessi invece un treno merci, il coinvolgimento nell'evento incidentale di un treno passeggeri sopraggiungente è stato preso in esame nelle seguenti ipotesi:

1. coinvolgimento di un treno passeggeri in transito in un incendio treno merci o merci pericolose a seguito di deragliamento con invasione del binario adiacente;
2. coinvolgimento di un treno passeggeri in transito in un incendio treno merci pericolose a seguito di deragliamento senza invasione del binario adiacente;

La probabilità che un treno passeggeri sopraggiungente venga coinvolto nell'incendio di un treno merci (a seguito di deragliamento, con l'invasione del binario adiacente) è associata alla circostanza per la quale il treno passeggeri si fermi nel tratto di galleria ove il flusso di pericolo è significativo rispetto a tale eventualità, implicando un esodo in condizioni di vivibilità gravose considerando lo spazio da percorrere sino alle uscite.

Il valore di tale probabilità è dato dalla seguente espressione:

$$P_{coinv.1} = \frac{2r_a}{S_c - \sum_i S_{fi} \frac{n_i}{n} - \sum_i S_{ai} \frac{n_i}{n}} \times \frac{n_{TP}}{n}$$

con il seguente significato dei simboli:

$S_f$  = spazio di frenatura (differenziato tra TM/TMP e TP);

$S_a$  = spazio percorso durante il tempo di allarme (differenziato tra TM/TMP e TP);

$S_c$  = spazio di cadenzamento medio pesato in base al traffico ed alle velocità (TP, TM/TMP);

$r_a$  = raggio di azione del flusso di pericolo generato dall'incendio di TM, pari a 200 [m]

$n_i$  = tipologia di treno

$n_{TP}$  = numero treni passeggeri

$n$  = totale treni

L'effetto degli effluenti dell'incendio sugli esodanti dipende dalla distanza di arresto del convoglio passeggeri rispetto al focolaio, nonché dalla distanza da percorrere da parte degli esodanti sino all'uscita (i.e. imbocchi ovvero uscite intermedie qualora presenti).

Il modello di calcolo adottato dal codice EURAM prevede la variazione della posizione del treno rispetto al focolaio mediante tecniche statistiche di tipo Monte-Carlo.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>Codifica Documento</p> <p>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</p>	<p>Foglio</p> <p>230 di 301</p>

I principali elementi del sistema ferroviario, considerati ai fini della modellizzazione del comportamento probabilistico della sequenza, sono l'esercizio ferroviario (i.e. il numero e la tipologia dei treni passeggeri e merci circolanti sulla tratta afferente la galleria), il tempo di allarme, cioè il tempo medio necessario per la comunicazione della informazione dettagliata dell'incidente al Personale di Macchina dal Posto Centrale, affinché lo stesso PdM possa effettuare in tempo la frenatura del convoglio, il tempo stesso di frenatura (funzione della tipologia merci – passeggeri e della velocità nella galleria).

Ulteriori elementi afferenti il segnalamento ed in particolare il sistema di controllo automatico della marcia del treno, di impatto rilevante sulla posizione finale del treno rispetto alla posizione dell'incendio in galleria; l'eventualità che il treno merci pericolose deragliato invada il binario adiacente implica la possibilità che il sistema rilevi istantaneamente la presenza di "via impedita" sul binario, con conseguente immediata attivazione della frenatura del convoglio sono considerati nell'ambito dell'efficacia del sistema di trasporto.

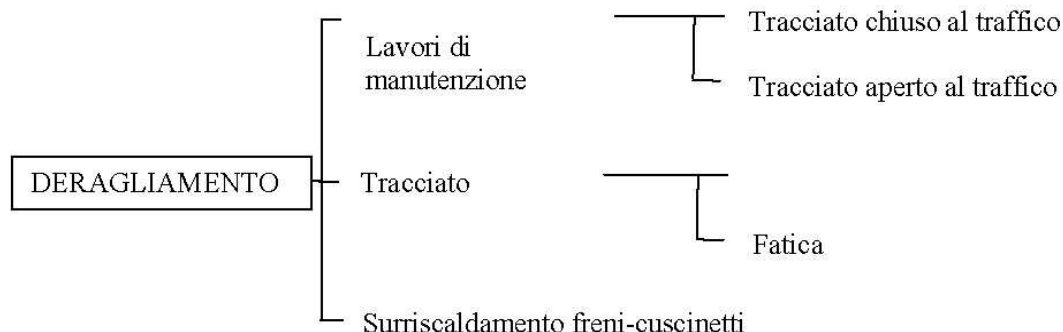
In merito alla ubicazione aleatoria dell'evento di deragliamento lungo la galleria, si definisce una PDF uniforme (ogni punto del tracciato in galleria è isoprobabile in prima approssimazione rispetto a tale evento) tra i due imbocchi della galleria, che identifichi appunto, per ciascuno scenario (iterazione) un generico punto ove l'evento di deragliamento ha luogo.

La PDF relativa alla posizione del TP sopraggiungente viene fissata anch'essa uniforme; al fine di tener conto del cadenzamento tra i vari treni presenti sulla tratta, funzione del modello di esercizio e quindi del numero di [treni/giorno] circolanti sulla tratta, si definisce una funzione di distribuzione sugli estremi dello spazio di cadenzamento (generalmente di lunghezza di un ordine di grandezza superiore rispetto alla galleria), cioè sullo spazio medio che separa due treni consecutivi sullo stesso binario.

Il modello probabilistico implementato attraverso il metodo montecarlo genera un numero fissato di iterazioni (tanto più è elevato, tanto maggiore è l'accuratezza della soluzione), ciascuna delle quali definisce un valore casuale per ogni variabile aleatoria considerata, in accordo con le PDF definite.

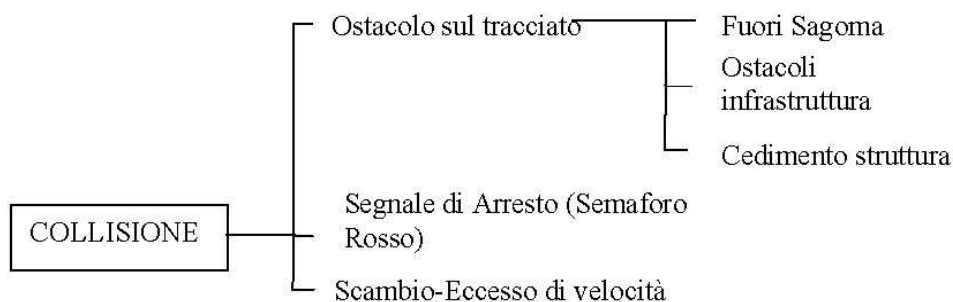
Ciascuna delle combinazioni generate dal metodo di calcolo probabilistico costituisce uno scenario incidentale differente, il cui esito è espresso dalle variabili di danno atteso e calcolato in funzione della matrice del danno.

La successiva figura sintetizza le cause dell'evento di deragliamento.



### 9.7.5.2 Collisione

La successiva figura sintetizza le cause dell'evento di collisione.



Successivamente sono dettagliate le analisi condotte mediante modelli al fine di stimare tassi di accadimento degli eventi di collisione come condizionati dalla presenza di sistemi di sicurezza.

#### 9.7.5.2.1 Determinazione della probabilità di collisione secondaria

La procedura IRAM prevede la determinazione della funzione di distribuzione rappresentativa di tutti gli eventi di collisione: essa include per costruzione, gli eventi di collisione secondaria.

La derivazione della funzione di distribuzione rappresentativa degli eventi di collisione è stata condotta assumendo che la realizzazione di una collisione secondaria a seguito del deragliamento di un rotabile sul binario attiguo è condizionata da:

- la probabilità che il materiale deragliato abbia effettivamente occupato la sagoma teorica del binario attiguo;
- la probabilità che il materiale deragliato, occupante la sagoma teorica del binario attiguo, generi una degradazione della MA assegnata al convoglio sopraggiungente;
- la probabilità che la distanza dal punto di ingombro del treno sopraggiungente consenta l'arresto nella tratta libera da ostacolo.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 232 di 301

La probabilità di occupazione della sagoma è stata stimata sulla base dell'applicazione del teorema di Bayes a dati relativi alla deviazione laterale a seguito di deragliamento.

La probabilità di degradazione MA è stata determinata pari a 0,5 considerando la sola chiusura del cdb quale evento di rilevazione tale da generare la degradazione della MA.

La probabilità di non arresto del treno prima della collisione è data dal rapporto tra lo spazio di arresto e l'interdistanza media tra due convogli.

La successiva tabella sintetizza i risultati dei calcoli effettuati. Essi risultano compatibili con le determinazioni ottenute adottando la funzione di distribuzione determinata come caratterizzante tutto l'insieme possibile degli eventi di collisione.

<b>Probabilità Occupazione Sagoma</b>	<b>Probabilità Degradazione MA</b>	<b>Probabilità di non arresto</b>	<b>Probabilità di Collisione Secondaria</b>
0,25	0,5	0,1	0,0125

### 9.7.5.3 Incendio di materiale rotabile

#### Evento iniziatore

Il rateo dell'evento iniziatore incendio di treno passeggeri, espresso in eventi all'anno, è calcolato come il prodotto del tasso di incendi gravi a treni passeggeri per il traffico passeggeri (treni-km) presente nella tratta in esame.

Il rateo dell'evento iniziatore incendio di treni trasportanti merci pericolose, espresso in eventi all'anno, è stato calcolato come il prodotto del tasso di incendio a treni merci per il traffico merci (treni-km) presente nella tratta in esame per la probabilità di coinvolgimento delle merci pericolose.

Tale probabilità di coinvolgimento è pari al rapporto tra il numero di treni trasportanti merci pericolose e il totale dei treni merci per la probabilità che la merce pericolosa partecipi all'incendio. Al fine di determinare il numero di treni trasportanti merci pericolose atteso nella galleria in esame, si è fatto riferimento al modello di esercizio previsto, che come detto, considera la massima potenzialità della linea ed è superiore al traffico reale; l'aliquota di treni trasportanti tale tipologia di merci è stata posta pari al 6% del totale dei treni merci.

La probabilità che la merce pericolosa sia coinvolta nell'incendio è stata valutata in proporzione alla frazione di convogli adibiti al trasporto di merci pericolose.

L'effetto delle misure di sicurezza quali le procedure di emergenza e la gestione del traffico è computato nell'efficacia del sistema di trasporto.



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC	Foglio 233 di 301

## 10 SCENARI INCIDENTALI

### 10.1 Analisi delle conseguenze

La valutazione delle conseguenze di eventi complessi, quali gli scenari incidentali considerati in questa analisi, necessita di un approccio sistematico.

La stima delle conseguenze, in questo studio, si basa su “modelli di letalità”.

Per ogni evento iniziatore (deragliamento, collisione, incendio di materiale rotabile), il modello stima il numero atteso di fatalità utilizzando come dati in input i seguenti:

- tipologia di treni coinvolti;
- occupazione dei convogli;
- velocità al momento dell'incidente;
- sviluppo degli eventi consecutivi.

Le conseguenze relative agli “incendi” dipendono fortemente dalle caratteristiche della galleria e del materiale rotabile; le conseguenze di “deragliamento” e collisione” sono maggiormente influenzate dall'esercizio della galleria.

#### 10.1.1 Conseguenze associate agli scenari di incendio di materiale rotabile

La determinazione delle conseguenze di un evento di incendio in una galleria ferroviaria richiede siano formulati e risolti modelli idonei a simulare l'evoluzione spazio-temporale (flusso del pericolo) di un insieme probabilistico di eventi critici ed i corrispondenti processi di esodo della popolazione esposta, finalizzati alla determinazione del numero degli individui salvati (numero atteso di salvati), in funzione delle misure di sicurezza ad azione protettiva previste e delle prestazioni ad esse attribuite.

La simulazione del flusso del pericolo è necessaria per la determinazione del tempo disponibile per l'esodo in sicurezza (A-SET) della popolazione esposta.

##### 10.1.1.1 Modello di Letalità

Un modello algebrico semplificato per la determinazione delle conseguenze di un evento di incendio in una galleria ferroviaria può essere così formulato:

$$C_i = N \cdot L_i$$

dove  $C_i$  è un numero delle vittime attese,  $N$  è il numero degli individui costituenti la popolazione esposta,  $L$  è la funzione letalità.

La funzione letalità, quale determinata esclusivamente dalla tossicità dei prodotti della combustione, può essere assunta coincidente con una funzione di distribuzione gaussiana:

$$L_i = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{Pr} e^{-\frac{u^2}{2}} du$$

dove  $Pr$  è la funzione probit pertinente ad uno specifico prodotto della combustione.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 234 di 301

La funzione probit è una funzione dipendente da una variabile rappresentativa dell'intensità propria di una specifica grandezza pericolosa (flusso termico irraggiato, concentrazione dei singoli prodotti della combustione ad azione tossica e nociva) e da una variabile rappresentativa del processo di esodo (tempo di esodo):

$$Pr = f(J; T_e)$$

La dipendenza funzionale della funzione probit delle variabili indicate varia in funzione del prodotto della combustione assunto come rilevante per la salvabilità degli individui costituenti la popolazione esposta.

Una funzione probit correntemente utilizzata nella stima delle conseguenze determinate dalla concentrazione di monossido di carbonio è definita come:

$$Pr = A_{CO} + B_{CO} \cdot \ln((C_{CO})^{n_{CO}} \cdot T_e)$$

dove  $A_{CO}$ ,  $B_{CO}$ ,  $n_{CO}$  sono costanti empiriche caratteristiche della funzione probit.

La concentrazione di monossido di carbonio può essere stimata dalla formula :

$$C_{CO} = \frac{\dot{m}_{CO}}{u_f \cdot A}$$

dove  $\dot{m}_{CO}$  è la quantità di monossido di carbonio generata nell'unità di tempo, variabile in funzione della potenza termica della sorgente,  $u_f$  è la velocità media dei fumi,  $A$  è l'area della sezione retta della galleria.

La variabile rappresentativa del processo di esodo può essere definita attraverso la formula:

$$T_e = t_i + t_e$$

con

$$t_e = \frac{d_e}{v_e}$$

dove  $t_i$  è l'intervallo di tempo che intercorre tra la fermata del convoglio e l'inizio del processo di esodo,  $t_e$  è il tempo richiesto per il raggiungimento di una via di fuga.

Il DMI 9/05/2007 "Direttiva per l'attuazione dell'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio" (Fire Engineering Method) individua in modo esplicito le grandezze determinanti la gravità e la velocità di propagazione di un evento di incendio:

- stato di aggregazione, caratteristiche chimico-fisiche, massa dei combustibili costituenti un focolaio;
- caratteristiche geometriche del focolaio;
- tasso di crescita del focolaio,
- potenza termica generata dal focolaio;
- tasso di generazione dei prodotti della combustione;
- caratteristiche geometriche dell'ambiente,
- localizzazione spaziale del focolaio;
- regime di ventilazione nell'ambiente.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 235 di 301

Le grandezze individuate dal DMI 09/05/2007, congruenti con le acquisizioni scientifiche recenti ed accettate sulla evoluzione di un evento di incendio in un ambiente confinato, possono essere assunte come grandezze significative nello studio dell'evoluzione di un evento di incendio indotto da un focolaio costituito da una carrozza ferroviaria e localizzato in una galleria ferroviaria.

I modelli di letalità così come l'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio assumono che le variabili di rappresentazione dell'evoluzione di un evento di incendio in galleria siano variabili deterministiche e che le dipendenze funzionali forniscano risultati univoci.

I successivi paragrafi sono tesi ad evidenziare come, se in accordo alle acquisizioni scientifiche recenti ed accettate la potenza termica generata da un focolaio è trattata come variabile statistica, caratterizzata da una specifica funzione di distribuzione, le determinazioni dei modelli di letalità risultino anch'esse variabili statistiche. Considerazioni analoghe valgono per le variabili di rappresentazione del processo di esodo, quali il tempo di esodo, grandezza dipendente dalle caratteristiche della popolazione esposta e dall'ambiente nel quale si realizza il processo di esodo.

Le conseguenze sulla popolazione esposta, quindi devono essere espresse in termini di funzioni di distribuzione.

#### Modello di evoluzione di un focolaio in un ambiente confinato

Un modello di evoluzione di un focolaio in un ambiente confinato, correntemente utilizzato nella pratica ingegneristica, è il modello noto come *Modello di Crescita*  $t^2$ , definito dall'equazione:

$$q_i(t) = \begin{cases} \alpha \cdot t^2 & t < t^* \\ q_\infty & t \geq t^* \end{cases}$$

Il modello introdotto assume:

- il rilascio di potenza termica del focolaio descrivibile in termini di un coefficiente di crescita e della potenza termica di flashover nella fase iniziale di sviluppo dell'evento;
- l'esistenza di una fase di rilascio costante della potenza termica nella fase pseudo-stazionaria di evoluzione dell'evento caratterizzata da una durata variabile in funzione delle caratteristiche del focolaio;
- l'esistenza di una fase di rilascio decrescente della potenza termica nella fase di estinzione dell'evento, anch'essa caratterizzata da una durata variabile in funzione delle caratteristiche del focolaio e delle misure di sicurezza.

L'area sottesa della curva di rilascio della potenza termica deve, per definizione, eguagliare l'energia del focolaio, ovvero il carico totale di incendio.

Il carico totale di incendio è determinato in base al potere calorifico dei materiali combustibili costituenti la carrozza ed alle masse pertinenti ad ogni materiale combustibile presente.

La potenza termica generata da un focolaio risulta essere una variabile statistica in quanto essendo dipendente da un coefficiente di crescita per natura una variabile statistica.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	Codifica Documento A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC	Foglio 236 di 301

Le acquisizioni scientifiche recenti ed accettate utilizzano nella quantificazione della potenza termica generata da un focolaio funzioni di distribuzione di tipo log-normale.

### Potenza termica generata da una carrozza ferroviaria in condizioni di flashover

La potenza termica massima generata da una carrozza ferroviaria, assimilata ad un locale abitativo interessato da un evento di incendio, può essere stimata attraverso la formula di Thomas:

$$Q_f = \alpha \cdot A_T + b A_{v,e} \cdot h_{v,e}^{0,5}$$

con

$$A_T = A - A_{v,e}$$

dove  $\alpha$  e  $b$  sono coefficienti empirici;  $A_{v,e}$  con  $h_{v,e}^{0,5}$  individuano, rispettivamente, l'area e l'altezza dell'apertura di ventilazione equivalente localizzata sull'involucro della carrozza.

L'applicazione della formula di Thomas consente di individuare, essendo noti le dimensioni caratteristiche della carrozza e trascurando l'effetto del flusso d'aria in galleria, l'intervallo di variazione della potenza termica massima generata da una carrozza ferroviaria, al variare dei regimi di ventilazione indotti dalla permeabilità dell'involucro.

Le stime fornite dall'applicazione della formula di Thomas, assumendo come dimensioni caratteristiche della carrozza dimensioni affatto analoghe alle dimensioni delle carrozze in produzione, individuano un campo di variazione entro il quale ricadono i dati sperimentali disponibili in letteratura libera sulla potenza termica massima generata da una carrozza ferroviaria.

Thomas

Potenza Termica Massima (MW)

5-24

Progetto EUREKA

13,5

Rasemi-Giappone

10-20

La potenza termica massima generata da una carrozza ferroviaria, come stimata attraverso la formula di Thomas, assumendo completamente aperte tutte le aperture di ventilazione presenti sull'involucro, risulta comparabile con le potenze termiche massime assunte nella progettazione dei sistemi di ventilazione di alcune metropolitane nel mondo (24 MW, Singapore 2003; 23 MW, Washington DC 1998), così come alla potenza termica massima attribuita ad un focolaio costituito da un autobus (25 MW), nel dimensionamento dei sistemi di ventilazione delle gallerie stradali.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 237 di 301

Effetti combinati dell'azione di confinamento della struttura (effetto tunnel) e del flusso d'aria in galleria (effetto della ventilazione) sulla potenza termica generata da un focolaio.

La valutazione delle velocità media del flusso d'aria in galleria può essere ottenuta applicando codici di fluidodinamica numerica che risolvono idonei modelli di flusso caratterizzati da livelli di complessità formale diverse in funzione del livello di dettaglio di rappresentazione richiesto.

### Velocità critica

Il parametro attraverso il quale si caratterizza il fenomeno del back-layering è la *velocità critica*, definita come la velocità minima del flusso d'aria longitudinale richiesta per prevenire il fenomeno del back-layering, i. e. la velocità massima dell'aria di ventilazione richiesta per prevenire il moto sopravvento dei fumi generati da un incendio nella galleria.

La grandezza introdotta dipende dai seguenti parametri:

- rilascio di energia termica, i.e. intensità dell'evento di incendio
- geometria del tunnel,
- pendenza del tunnel.

La dipendenza della velocità critica dalla intensità della sorgente di incendio può essere evidenziata dalle seguenti espressioni:

eventi di incendio di intensità elevata:  $u_c > (c_{cr} \cdot H)^{1/2}$

eventi di incendio di ridotta intensità:  $u_c > \sqrt{c_{cr}} \cdot \left(\frac{\dot{Q}}{H}\right)^{1/3}$

dove  $c_{cr}$  è una costante semi-empirica,  $H$  è l'altezza media della struttura,  $\dot{Q}$  è la potenza termica generata dal focolaio.

### Tasso di generazione dei prodotti della combustione e classi di fumo dei materiali combustibili

La quantità e la composizione chimica dei fumi generati da un focolaio può essere stimata utilizzando specifiche formule semi-empiriche reperibili nella letteratura libera.

Un esempio paradigmatico di formula semi-empirica per la stima del tasso di generazione dei fumi in funzione della potenza termica generata da un focolaio è la formula di Kolthe e Milne.

$$\dot{m}_f = 0.071 \cdot q_c^{1/3} \cdot (H_a - z_0)^{5/3} \cdot \left(1 + 0.026 \cdot q_c^{2/3} \cdot (H_a - z_0)^{-5/3}\right) \quad H_a > z_1$$

Un esempio paradigmatico di norma che regola i requisiti di reazione al fuoco dei materiali non metallici utilizzati nei veicoli ferro-tranviari è la norma UNI CEI 11170-3. In base alla norma citata la classificazione dei materiali deve essere condotta in accordo alla norma francese AFNOR NP F 16-101. La norma francese individua, in funzione della tossicità e dell'opacità dei fumi generati dai materiali costituenti una carrozza, cinque classi di reazione al fuoco (F0-F5), ordinate in modo decrescente i termini di "bontà di

comportamento”, introducendo un “indice” definito in funzione della concentrazione dei gas componenti, della densità ottica, del valore di oscuramento dei fumi emessi dal singolo materiale.

Le concentrazioni specifiche di ogni singolo gas, espresse in quantità in massa del gas emesso riferita alla quantità in massa di materiale bruciato (yield), possono essere stimate per confronto con i dati ottenuti durante prove condotte in laboratorio su materiali di caratteristiche chimico-fisiche similari, a condizione che siano note ovvero fissate le modalità con le quali evolve il processo di combustione.

Combustibile	Potere calorifico (H <sub>c</sub> ) [kJ/kg]	Massa (15 min.) [kg]	Densità ottica (OD) [m <sup>2</sup> /g]	Generazioni e CO (Y <sub>CO</sub> ) [g/g]	OD/H <sub>c</sub> [m <sup>2</sup> /kJ]	Y <sub>CO</sub> /H <sub>c</sub> [g/kJ]
Liquidi						
Ottano	27,1	23	0,196	0,011	0,0072	0,0004
Benzene	11,2	56	0,361	0,065	0,0322	0,0058
HMW/T Idrocarburi	24,5	26	0,237	0,019	0,0097	0,0008
Solidi						
Legno	8,7	78	0,040	0,005	0,0038	0,0006
Polietilene	21,8	29	0,230	0,024	0,0106	0,0011
Polipropilene	22,6	28	0,240	0,024	0,0106	0,011
Polistirene	11,0	57	0,335	0,060	0,0305	0,0055
Polivinilcloruro	3,1	203	0,400	0,063	0,1290	0,0203
Nylon	16,3	39	0,230	0,038	0,0141	0,0023

### Osservazioni

Le conseguenze stimate mediante le formule che definiscono il modello di letalità descritto sono affette da incertezze aleatorie ed espistemiche connesse alle variabili statistiche:

- cinetica del processo di combustione (potenza termica rilasciata dal focolaio, portata dei fumi generata dal focolaio, composizione dei prodotti della combustione),
- caratteristiche del flusso in galleria indotto dall'evento (stratificazione del flusso, velocità di propagazione della miscela aria-fumi, fenomeno della turbolenza),
- dinamica dell'aggregato di individui costituenti la popolazione esposta (la mobilità degli individui per genere, età, stato psico-fisico, il tempo richiesto per la realizzazione del processo di esodo, le caratteristiche del percorso).

I limiti evidenziati dimostrano l'inadeguatezza di una stima delle conseguenze mediante modelli di letalità pseudo-statistici.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 239 di 301

### 10.1.1.2 Metodo IRAM-RT

L'evento incendio è l'evento critico iniziatore analizzato con maggiore cura e dettaglio nella procedura di analisi di rischio codificata nell'IRAM-RT in quanto esso determina una sostanziale variazione nell'evoluzione degli scenari rilevanti probabili su una tratta ferroviaria in sotterraneo, quali deragliamenti e collisioni, rispetto all'evoluzione attesa per gli eventi citati quando essi avvengano in ambiente libero.

Le variazioni attese sono determinate dall'azione di confinamento esercitata dalla struttura sui processi chimico fisici che caratterizzano l'evoluzione di un evento di incendio e sul processo di esodo della popolazione presente in galleria.

La preminenza dell'evento critico iniziatore incendio nell'analisi di rischio dei sistemi di trasporto in sotterraneo trova riscontro nella normativa tecnica di settore che tende ad assumere l'evento incendio come paradigma in fase di stesura del progetto della sicurezza di uno specifico sistema galleria.

### 10.1.1.3 Modellazione di un evento di incendio

Un modello di incendio deve inglobare e descrivere in modo adeguato i processi termofluido-dinamici che determinano la fenomenologia di un evento di incendio:

- trasferimento di massa,
- trasferimento di energia termica per conduzione ed irraggiamento,
- ignizione,.
- pirolisi,
- combustione,
- formazione di incombusti e specie tossiche,

Tra le attività inerenti la ricerca sulla dinamica degli eventi di incendio in ambienti liberi e confinati, la modellazione attiene la descrizione quantitativa della fenomenologia e dell'evoluzione dell'evento quale determinata dai processi termofluidodinamici ad esso soggiacenti in funzione dei seguenti parametri:

- caratteristiche geometriche e strutturali dell'ambiente,
- caratteristiche termo-fluido-dinamiche dei focolai,
- caratteristiche chimico-fisiche e proprietà termofisiche dei materiali.

I modelli di incendio, validati con prove su modelli in scala e prove sul campo, possono svolgere importanti funzioni:

- fornire una base matematica unica per tutte le prove ed una base razionale per lo sviluppo di codici numerici dedicati;
- costituire un mezzo di controllo in tempo reale della propagazione delle fiamme e dei fumi negli ambienti interessati dall'evento;
- costituire uno strumento potente per la conduzione delle indagini post-evento e per la costruzione di banche dati mirate a delineare i rischi connessi ad eventi di incendio basati su scenari incidentali reali ed ipotetici.

I modelli di incendio, difficili da sviluppare a causa della complessità dei processi e dei fenomeni soggiacenti agli eventi descritti, devono tenere conto delle mutue interazioni tra cinque effetti di natura fisico-chimica diversa:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 240 di 301

- i processi fluidodinamici,
- i processi di scambio termico,
- il fenomeno della combustione,
- la natura dei materiali,
- le caratteristiche geometriche dell'ambiente.

Gli effetti indicati, per natura variabili nel tempo, si manifestano attraverso fenomeni singoli quali:

- ignizione, crescita, estinzione del focolaio,
- scambio termico radiativo,
- trasporto convettivo di massa e di energia,
- comprimibilità e stratificazione del flusso.

L'evoluzione del pericolo connesso ad un evento di incendio in un sistema di trasporto su rotaia può essere determinata utilizzando strumenti di indagine analitici di complessità formale crescente e diverso grado di dettaglio:

- formule semi-empiriche per stime di prima approssimazione,
- modelli a zone per la determinazione di massima delle distribuzioni di temperatura e concentrazione dei prodotti della combustione all'interno delle carrozze ed in galleria,
- modelli di campo per una analisi dettagliata dei campi di velocità, temperatura, concentrazione dei prodotti della combustione, caratteristici dei flussi turbolenti e reattivi associati ad un evento di incendio.

### Modelli a zone

Un *modello a zone* è un modello nel quale le singole regioni del flusso con caratteristiche termo-fluido-dinamiche uniche e distinguibili sono trattate come fasi aperte per le quali le variabili di stato sono funzioni solo di una variabile tipo tempo.

Esempi di zone sono:

- la fiamma,
- il pennacchio,
- lo strato dei fumi caldi in prossimità del soffitto,
- lo strato dell'aria pulita in prossimità del pavimento,
- gli strati limite alle pareti laterali dell'involucro,
- le regioni di ammissione ed estrazione in prossimità delle aperture presenti sull'involucro.

Ogni è modellata da semplici equazioni di bilancio per le grandezze:

- massa,
- quantità di moto,
- energia,
- concentrazione delle specie chimiche.

Le equazioni di bilancio introdotte sono integrate con modelli fisici definiti da correlazioni semi-empiriche derivate da prove condotte in condizioni quasi stazionarie.

Le interazioni tra le diverse zone sono tenute in conto attraverso relazioni di connessione ingresso-uscita per le variabili termiche e fluidodinamiche.



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 241 di 301

Il modello risulta costituito da un sistema di equazioni differenziali ordinarie accoppiate in modo non lineare che devono essere risolte con idonei metodi di integrazione numerica.

La soluzione dei modelli a zone, prescindendo dai problemi connessi all'ottenimento di soluzioni convergenti e dai problemi connessi alle incertezze che affliggono alcuni parametri di ingresso, sono rapide e non necessitano di ingenti risorse di calcolo.

### Modelli di campo

Un *modello di campo* è un modello definito da un sistema di equazioni differenziali alle derivate parziali trascrizioni formali dei principi di conservazione e bilancio delle variabili di stato assunte dipendenti dalle coordinate spaziali e dal tempo:

- massa,
- quantità di moto,
- energia,
- concentrazione delle specie chimiche.

Le equazioni di bilancio, formulate in modo idoneo a descrivere i tratti salienti della evoluzione di un evento di incendio, sono discretizzate su griglie di calcolo sovrapposte al dominio geometrico nel quale si realizza l'evento, ottenendo una suddivisione in celle interconnesse in corrispondenza delle quali sono valutate le variabili fluidodinamiche, termiche, chimiche.

Il numero e le dimensioni caratteristiche delle celle sono fissate a priori in funzione del dettaglio di rappresentazione del flusso richiesta e delle risorse di calcolo disponibili.

La discretizzazione del modello continuo definito dalle equazioni di bilancio per le variabili di stato effettuata in accordo ai metodi di discretizzazione alle *differenze finite* (FDM), ai *volumi finiti* (FVM), agli *elementi finiti* (FEM), genera il modello discreto definito da un sistema di equazioni algebriche non lineari accoppiate formalmente diverse in base al metodo di discretizzazione adottato, risolto mediante opportuni metodi di integrazione numerica.

Un modello di campo consente la previsione della propagazione di un evento di incendio in ambiente confinato di geometria comunque complessa tenendo in conto le interazioni fluidodinamiche e termiche tra le diverse celle all'interno del dominio di calcolo così come tra l'ambiente sede dell'evento e l'esterno.

Un modello di campo, formulato per flussi isotermi e non reattivi, consente altresì la previsione dei campi di velocità e dei campi di concentrazione di specie inquinanti all'interno di una generica struttura quale una galleria e la caratterizzazione fluidodinamica dei dispositivi e degli impianti in essa presenti.

Le determinazioni delle variabili di stato ottenute dalla soluzione di un modello di campo, in forma equivalente, le capacità previsionali di un modello di campo dipendono tanto dalla metodologia di integrazione quanto dalla scelta dei sotto-modelli adottati per descrivere il fenomeno della turbolenza, il fenomeno della combustione, gli scambi termici per irraggiamento, le mutue interazioni.

Il metodo della termofluidodinamica numerica costituisce un idoneo mezzo di indagine per la determinazione dell'evoluzione del rischio in ogni componente del sistema di trasporto essendo stati fissati il focolaio e lo scenario incidentale di riferimento.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>Codifica Documento</p> <p>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</p>	<p>Foglio</p> <p>242 di 301</p>

I risultati forniti da codici commerciali ( PHOENICS, FLUENT, FLOW-3D, STAR-CD, CFX, FDS) o da codici proprietari dedicati che adottano il metodo della termofluidodinamica numerica per simulare l'evoluzione del rischio possono essere post-processati in modo da essere utilizzati in programmi di animazione che generano realtà virtuali fruibili per l'addestramento alla gestione dell'emergenza e dell'intervento del personale di bordo e del personale del soccorso tecnico urgente.

### Modelli di campo monodimensionali

Il Modello di Campo Monodimensionale ed il Modello Termodinamico a Parametri Concentrati, stante la semplicità formale ad essi propria e la rapidità di integrazione, sono idonei alla Simulazione Statistica del Flusso del Pericolo in ogni singolo sistema galleria analizzato.

La Simulazione Statistica del Flusso del Pericolo comporta la caratterizzazione delle Variabili di Stato in termini di Funzioni di Distribuzione introdotte per Quantificare le Incertezze Epistemiche connesse alle Attuali Conoscenze Scientifiche sui Fenomeni ed i Processi Termofluidodinamici Pericolosi conseguenti all'Accadimento di un Evento Critico.

I tratti salienti del Modello di Campo Monodimensionale e del Modello termodinamico a Parametri Concentrati sviluppati dagli estensori del Metodo di Progetto della Sicurezza possono essere così riassunti:

- il modello di campo monodimensionale consente la simulazione del processo di combustione eterogenea che caratterizza gli eventi di incendio generati da focolai costituiti da veicoli e la caratterizzazione statistica del flusso del pericolo da essi indotto in una struttura nella quale sia presente un sistema di ventilazione longitudinale ovvero un sistema di ventilazione trasversale;
- il modello termodinamico a parametri concentrati consente, adottando una caratterizzazione energetica dei focolai, la simulazione statistica del flusso del pericolo generato da scenari di pericolo determinati da focolai costituiti da veicoli, in una struttura dotata di un sistema di ventilazione longitudinale.

Le caratteristiche essenziali del Modello di Campo Monodimensionale possono essere così sintetizzate:

- l'equazione che descrive l'atto di moto della miscela aria-fumi è derivata adottando l'approssimazione a bassi numeri di Mach;
- l'equazione di continuità e l'equazione dell'energia, sono discretizzate secondo la tecnica delle differenze finite su una griglia cartesiana,
- la tecnica di soluzione statistica adottata è ottimizzata in termini di tempi di calcolo.

La caratteristica essenziale del Modello Termodinamico a Parametri Concentrati può essere così sintetizzata:

"la soluzione del modello, coincidente con il Flusso del Pericolo nella Struttura analizzata, è esprimibile in termini di funzioni analitiche note, essendo esso derivato dall'applicazione del primo principio della termodinamica per i sistemi aperti"

La Caratterizzazione Probabilistica degli Scenari di Pericolo è attuata introducendo specifiche Funzioni di Distribuzione per le seguenti variabili:

- la probabilità di accadimento degli eventi critici,

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 243 di 301

- la localizzazione spaziale del treno nella struttura,
- la potenza termica generata dal focolaio,
- il tasso di generazione dei fumi,
- la velocità dell'aria nella struttura.

La Simulazione Statistica del Flusso del Pericolo si manifesta nell'Andamento delle Curve Cumulate Complementari come quantificazione degli Effetti delle Incertezze Aleatorie sulle Caratteristiche dei Focolai e delle Incertezze Epistemiche sulla Dinamica degli Eventi Critici.

I modelli sviluppati si configurano come strumenti idonei alla simulazione in tempo reale dell'evoluzione degli eventi critici in galleria e per la verifica delle prestazioni dei sistemi di sicurezza consentendo di analizzare in tempi ridotti una moltitudine di scenari di pericolo.

#### **10.1.1.4 Evento di incendio all'interno di una carrozza ferroviaria**

Nei successivi paragrafi sono riportati i risultati delle simulazioni di un evento di incendio all'interno di una carrozza ferroviaria condotte mediante un modello a zone (C-FAST) ed un modello di campo (FDS) finalizzate a valutare le condizioni di vivibilità all'interno della carrozza e la compatibilità con i tempi di rilevazione, attivazione, esodo dalla carrozza.

##### Modello a Zone

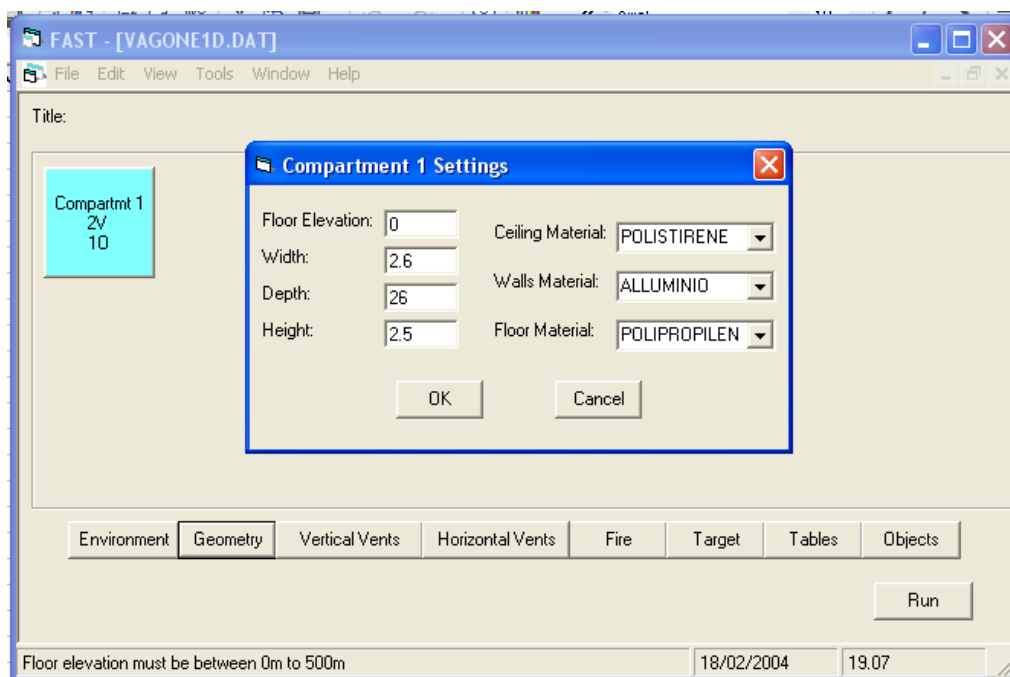
Il codice utilizzato per risolvere un modello a zone per la propagazione di un evento di incendio all'interno di una carrozza è il codice libero C-FAST distribuito dal NIST.

Il modello è stato applicato alla simulazione dell'evoluzione del rischio incendio in due diverse condizioni di ventilazione della carrozza:

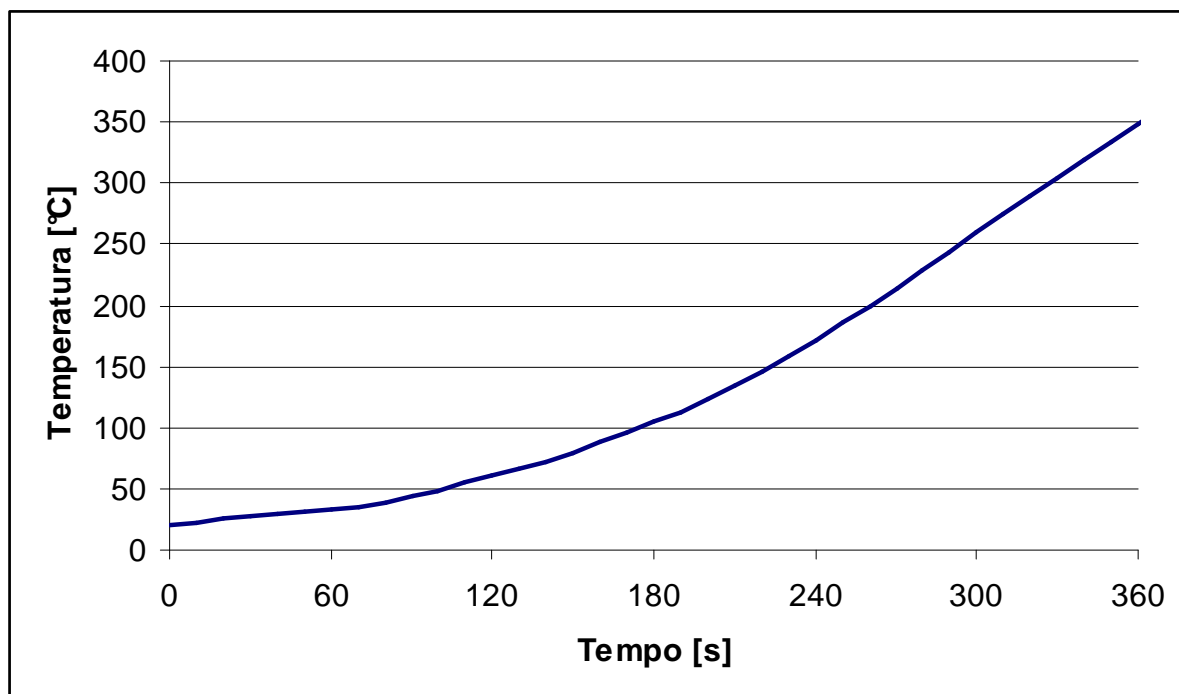
- **caso A** carrozza con porte chiuse,
- **caso B** carrozza con porte aperte.

Le successive figure riportano in sequenza:

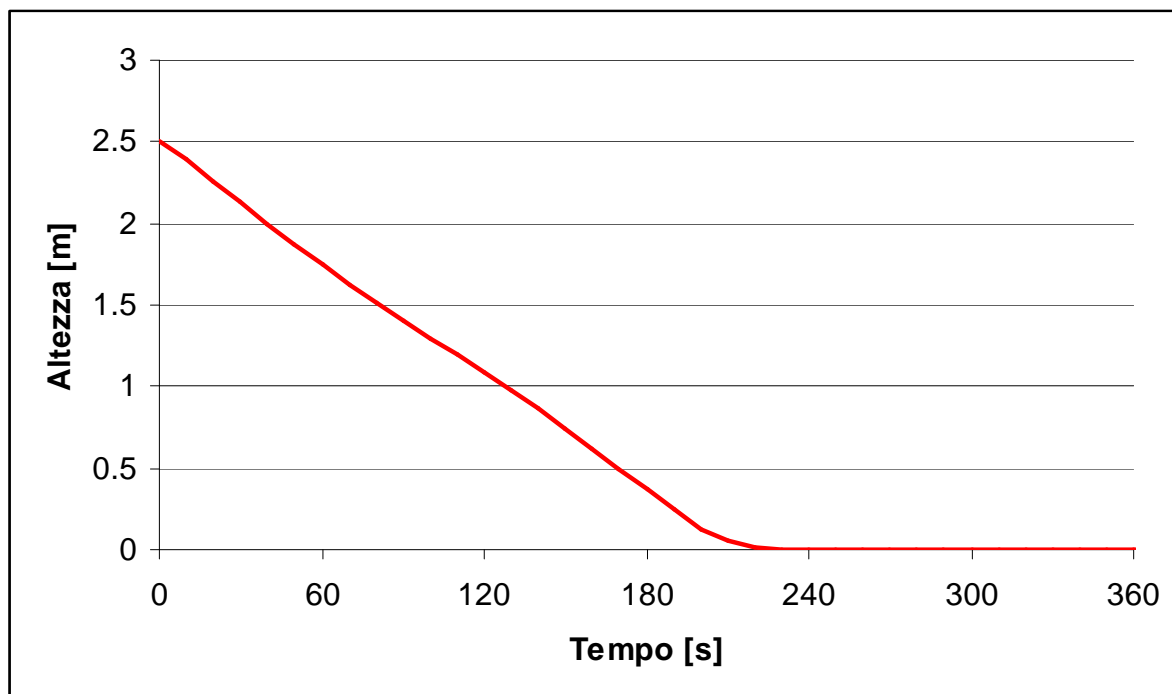
- i dati di ingresso utilizzati per la simulazione,
- l'evoluzione della temperatura dello strato dei fumi
- l'evoluzione dell'interfaccia aria-fumi.



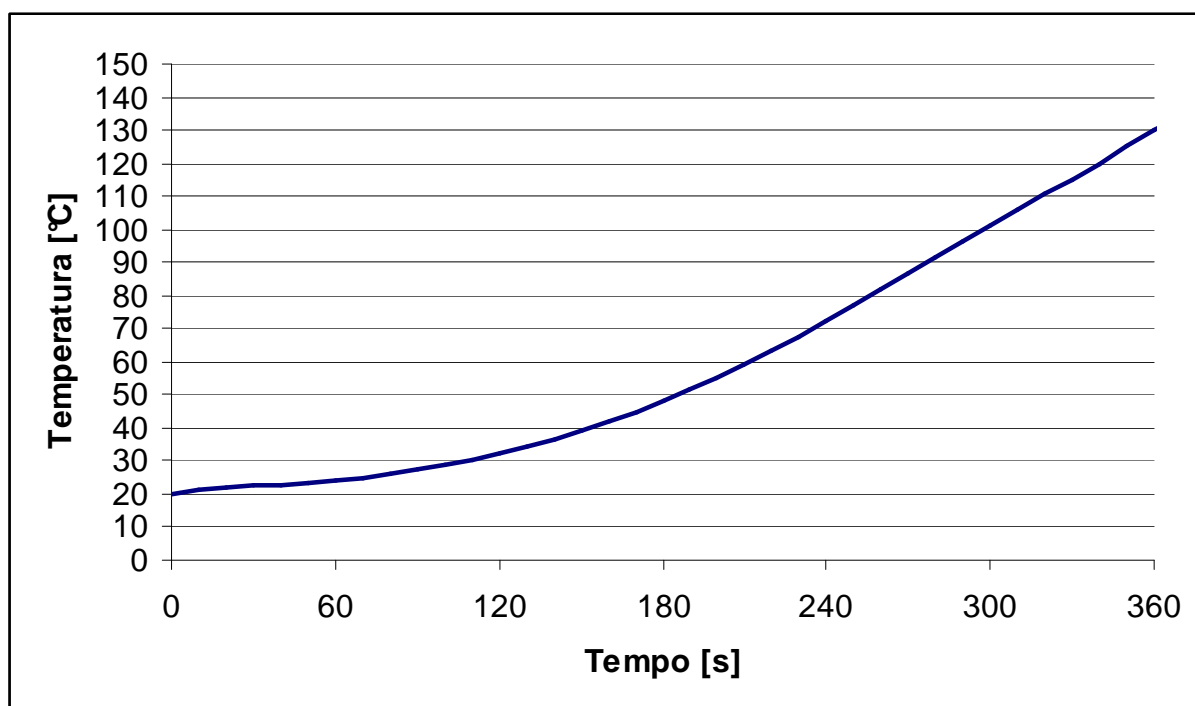
## Dati di ingresso



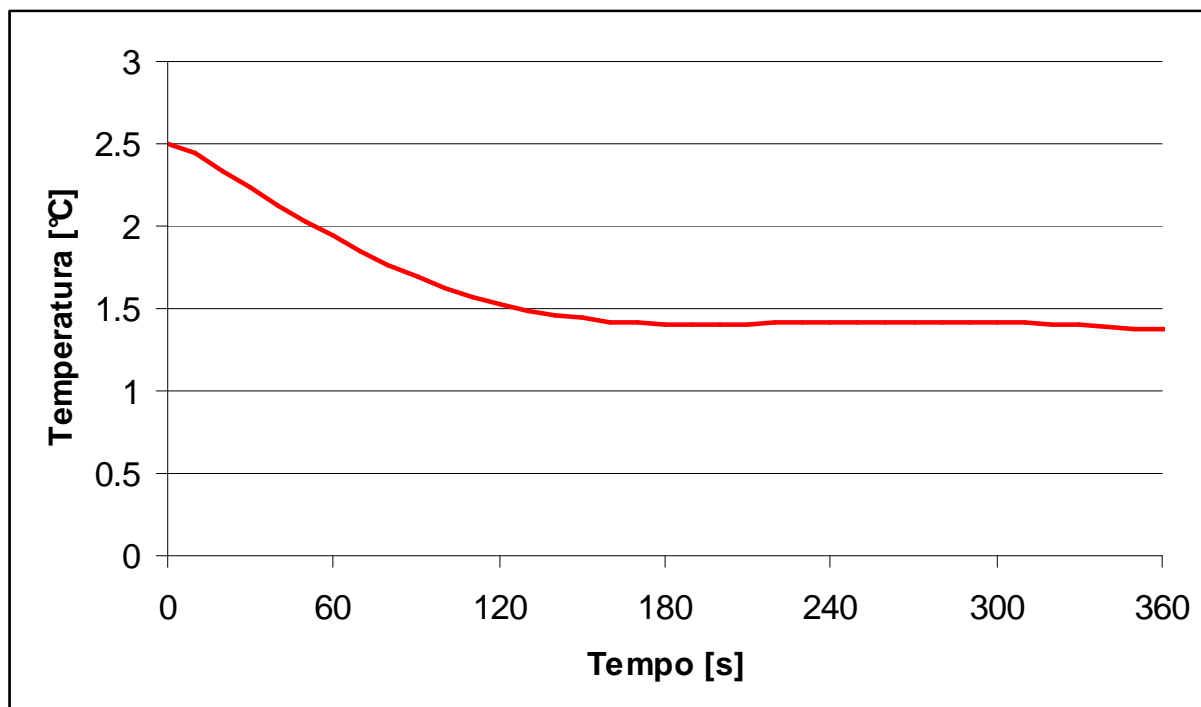
Caso A: evoluzione della temperatura



Caso A: evoluzione dell'interfaccia aria-fumi



Caso B: evoluzione della temperatura



Caso B: evoluzione dell'interfaccia aria-fumi

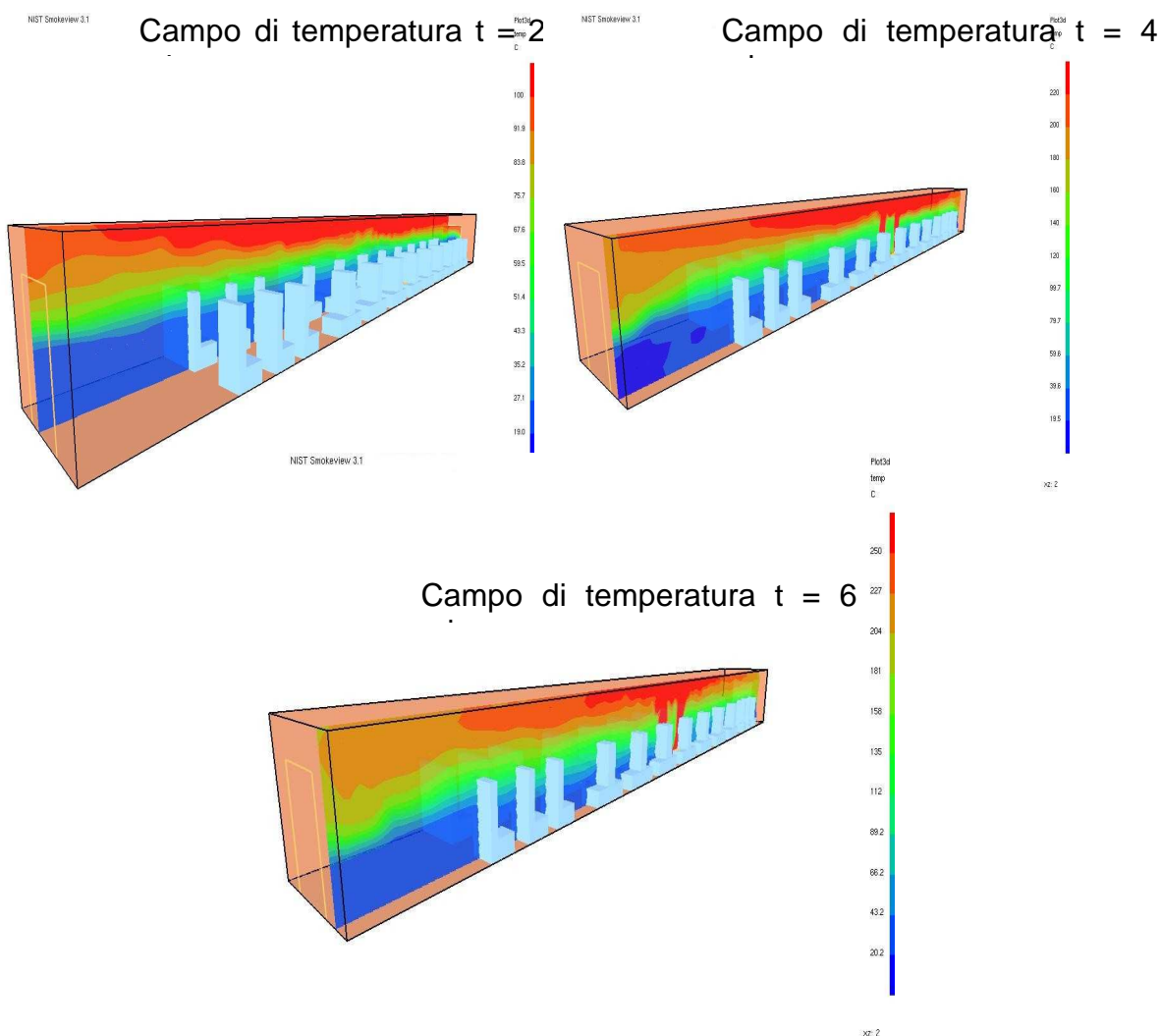
### Modello di campo

L'evoluzione della potenza termica generata dal focolaio costituito dagli allestimenti della carrozza è determinata risolvendo un modello di combustione *mixture fraction*. L'atto di moto turbolento dei prodotti della combustione è simulato adottando un modello *Large Eddy Simulation*; il modello di sottogriglia utilizzato è un modello di *Smagorinsky* modificato nel valore della *costante di Smagorinsky* e nel valore del *numero di Prandtl turbolento*. Le condizioni di ventilazione sono determinate dal grado di apertura delle porte.

Il codice di fluidodinamica numerica utilizzato per risolvere il modello di incendio descritto è il Codice FDS.

Le successive figure mostrano il campo di temperatura all'interno della carrozza ad istanti temporali diversi.

## Modello di campo LES: porte aperte



La successiva tabella sintetizza i dati caratterizzanti il flusso del pericolo generato dall'evento di incendio simulato.

Flusso del pericolo						
	Tempo [min]					
	1	2	3	4	5	6
Opacità	0.1	0.2	0.5	1.5	3.0	3.5
CO [ppm]	0	250	500	2000	3500	6000
HCN [ppm]	0	0	50	150	250	300
CO2 [%]	0	0	1.5	3.5	6.0	8.0
O2 [%]	20.9	20.9	19	17.5	15	12
T [°C]	20	65	125	220	360	400
$\phi$ [kW/m2]	0	1	4	10	25	25

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>Codifica Documento</p> <p>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</p>	<p>Foglio</p> <p>248 di 301</p>

I dati caratterizzanti il flusso del pericolo sono utilizzati per determinare le condizioni di sopravvivenza della popolazione esposta.

Le stime di sopravvivenza attengono la determinazione delle grandezze idonee alla quantificazione delle conseguenze sulla salute degli individui costituenti la popolazione esposta.

La gravità delle conseguenze sulla salute degli individui costituenti la popolazione dipende da:

- esposizione degli occupanti ai gas tossici e nocivi,
- esposizione degli occupanti alla componente convettiva del flusso termico,
- esposizione degli occupanti alla componente radiativa del flusso termico,
- visibilità all'interno dello strato dei fumi.

#### **10.1.2 Conseguenze associate a scenari coinvolgenti materiale rotabile per il trasporto merci pericolose**

Le frequenze attese, associate alle due tipologie di scenari incidentali rispettivamente di rilascio di sostanze pericolose tossiche (per lo più allo stato gassoso) e di incendio di sostanze infiammabili a seguito di rilascio, sono associate a scenari di particolare gravità, per i quali peraltro non si dispone di informazioni né di dati statistici significativi.

Si fanno pertanto le seguenti considerazioni al fine di determinare un livello di letalità coerente con le posizioni assunte nel presente studio:

scenario di rilascio di sostanze pericolose

- lo scenario di evento di deragliamento o collisione con successivo rilascio di sostanze tossiche allo stato gassoso implica una esposizione pressoché immediata della quasi totalità dei soggetti presenti nelle immediate vicinanze dell'evento, molti dei quali si presume siano impossibilitati ad effettuare l'autosoccorso, o quantomeno fortemente impediti;
- le persone non impossibilitate all'esodo, non presenti nelle immediate vicinanze dell'evento medesimo si presume possano effettuare l'autosoccorso, sino alle uscite, in virtù di una velocità di propagazione del flusso di pericolo inferiore alla velocità di esodo;
- lo scenario di evento di deragliamento o collisione con successivo rilascio di sostanze pericolose allo stato liquido (sversamento), è stato preso in esame unicamente per la formazione di pozze di liquido in grado di incendiarsi in presenza di innesco. I casi di significativa contaminazione dell'aria per evaporazione della sostanza sono assimilati ai rilasci di sostanze tossiche allo stato gassoso.

scenario di incendio di merci pericolose

- lo scenario di incendio di merci pericolose (infiammabili) a seguito di deragliamento o collisione implica un repentino innalzamento dei livelli di pericolosità dei fattori di rischio tipici degli scenari di incendio, quali la temperatura, l'irraggiamento termico, le emissioni di prodotti tossici e del soot, responsabile dell'oscuramento;
- diversamente dalle modalità di propagazione per diffusione delle sostanze tossiche gassose, i fattori di rischio dell'incendio possono propagarsi più rapidamente proprio a causa della elevata potenza termica attesa, in grado di imprimere velocità



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 249 di 301

relativamente elevate alle masse gassose, veicolo dei fattori di rischio. Occorre inoltre tenere conto dell'elevato irraggiamento termico delle fiamme, letale in tali casi entro un raggio di azione di decine di metri;

- il tempo di innesco di un incendio di merci pericolose può di contro attendere diversi minuti dall'accadimento dell'evento incidentale iniziatore, ciò è valutato in base a considerazioni di tipo statistico, basate sulla osservazione di eventi accaduti.

I risultati delle simulazioni numeriche, modulate sulle variabili aleatorie di maggior peso sul pericolo, sono classificati in base alle sole variabili aleatorie per le quali viene successivamente implementata l'indagine in ambito probabilistico; tale indagine necessita di associare ad ogni scenario possibile, tra quelli individuabili sul dominio delle stesse variabili aleatorie considerate, un valore del pericolo atteso, dunque del danno.

### **10.1.3 Conseguenze associate agli scenari di deragliamento e collisione di materiale rotabile passeggeri e merci senza sviluppo di incendio e senza rilascio di merci pericolose**

Le conseguenze connesse agli eventi critici deragliamento e collisione dipendono, in modo prevalente, dalla gestione del sistema ferroviario.

Le caratteristiche operative dei sistemi di sicurezza che minimizzano le misure gestionali finalizzate alla riduzione del tasso di accadimento degli eventi critici deragliamento e collisione rendono sufficiente l'adozione di un modello statistico di letalità per la stima delle conseguenze.

I modelli statistici di letalità adottati possono essere così formulati :

$$C\alpha = N \cdot L\alpha, \quad \alpha = D, C$$

Dove  $C\alpha$  è il numero atteso di vittime,  $N$  è il numero di individui costituenti la popolazione esposta,  $L\alpha$  è la funzione letalità per lo specifico evento critico considerato. La funzione letalità, supposta dipendente in modo lineare dalla velocità dei convogli, può essere definita come:

$$L\alpha = \begin{cases} A + (B * v(C_p)) \\ C * v(C_p) \end{cases} \quad \alpha = C, D; \beta = TP, TM, TP - AV$$

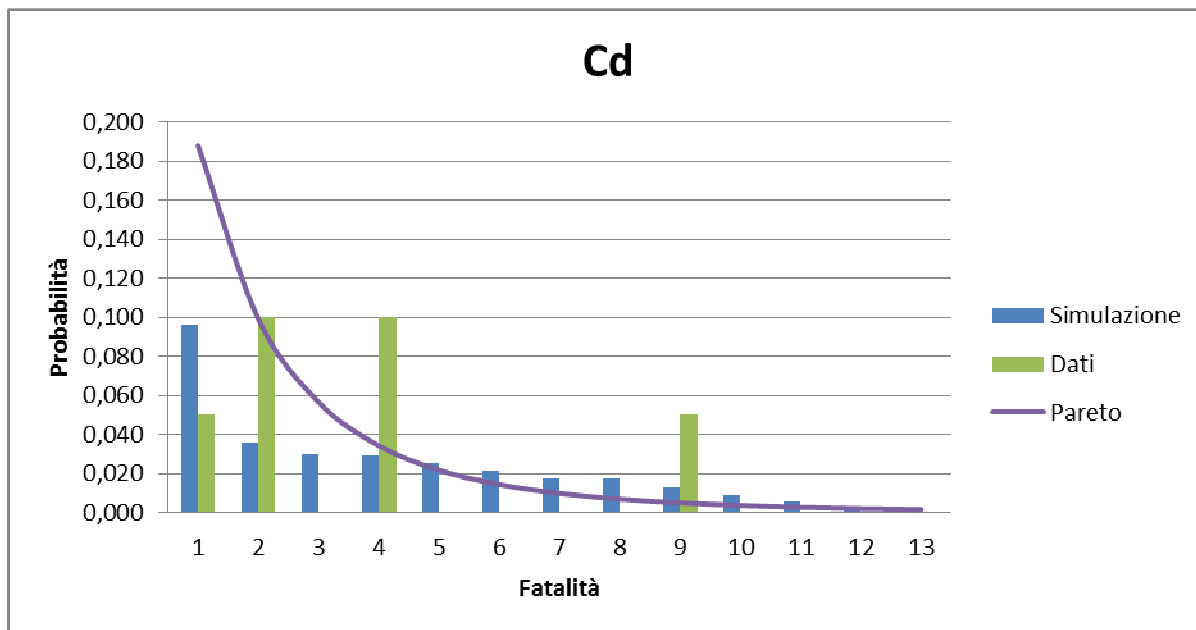
dove A,B,C sono costanti caratteristiche della funzione letalità,  $v$  è la velocità del convoglio,  $C_p$  indica la tipologia del convoglio

TP, TM, TP-AV, individuano, rispettivamente, i treni passeggeri, i treni merci, i treni passeggeri alta velocità. La velocità dei convogli è considerata una variabile statistica caratterizzata da una specifica funzione di distribuzione. La funzione di distribuzione adottata nei calcoli è una funzione di distribuzione triangolari (Deragliamenti) e trapezoidali (Collisioni).

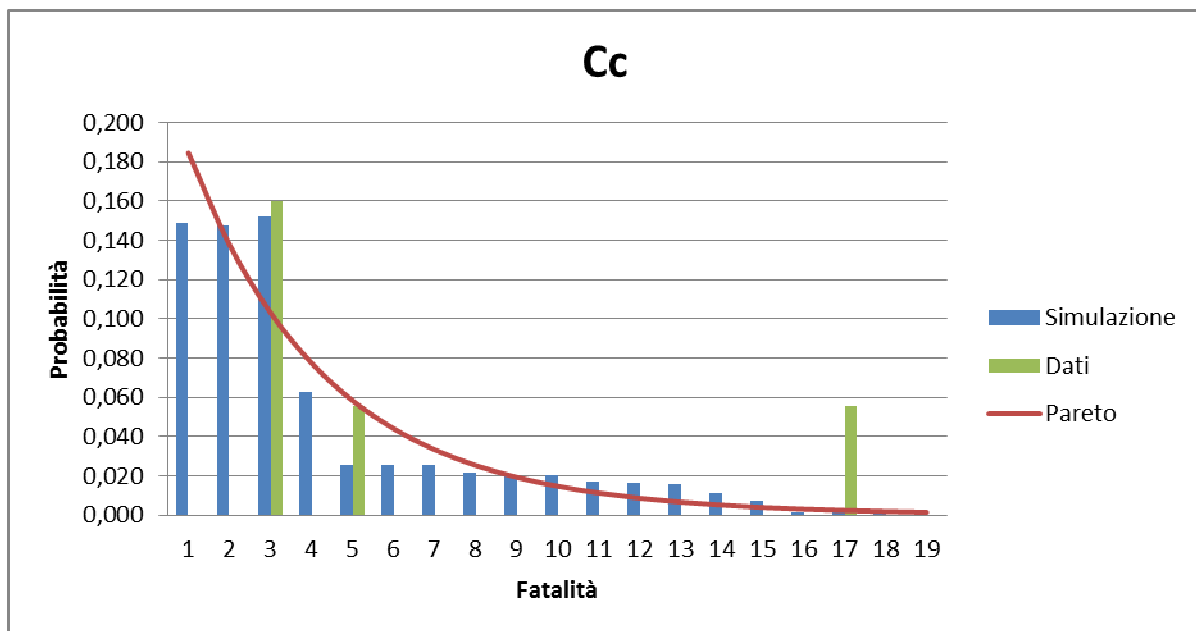
Le successive figure sintetizzano i risultati delle simulazioni effettuate applicando la tecnica Monte-Carlo per la determinazione delle conseguenze derivanti dagli eventi di collisione e deragliamento.



### Deragliamenti



### Collisioni



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 251 di 301

## 10.2 Simulazione del flusso del pericolo

Il presente paragrafo riporta una risultati di riferimento dei calcoli condotti risolvendo i modelli di incendio di tipo termodinamico accoppiati a metodi statistici tipo Monte Carlo necessari alla determinazione delle conseguenze sugli utenti e gli addetti coinvolti in eventi di incendio possibili nella galleria in esame.

I risultati sono rappresentati sotto forma di grafici tridimensionali che riportano l'andamento della grandezza componente il flusso del pericolo in funzione del tempo e dello spazio. Le grandezze sono indicate in termini di parametro termico, parametro tossico e parametro di visibilità-oscuramento, esse sono utilizzate per il calcolo della FED (Fractional Effective Dose) nell'ambito del modello di letalità, e per il calcolo della velocità di esodo.

La tecnica Monte Carlo prevede una simulazione diversa per ogni singolo scenario al variare delle condizioni al contorno (velocità dell'aria, potenza dell'incendio etc.), pertanto i grafici mostrati sono solo una rappresentazione degli oltre 50000 scenari simulati complessivamente. La rappresentazione contiene gli scenari con potenza di incendio più significativa atta a rappresentare i treni passeggeri, i treni merci, i treni merci pericolose.

L'utilizzo di variabili statistiche consente di valutare un numero sufficiente di scenari comprendenti anche condizioni estreme di pericolo e di sicurezza.

### Modello statistico del flusso del pericolo per gli scenari

Il modello termodinamico è stato utilizzato per quantificare il flusso del pericolo generato da focolai costituiti da:

- diverse tipologie di carrozze passeggeri,
- diverse tipologie di carri merci.

Il modello termodinamico consente di inglobare nelle simulazioni le caratteristiche statistiche delle seguenti variabili:

- potenza termica generata,
- tasso di generazione dei fumi,
- composizione dei prodotti della combustione,
- velocità del flusso d'aria in galleria,
- velocità critica,
- coefficiente liminare di scambio termico,
- coefficiente di attrito,
- posizione del focolaio all'interno della galleria.

La successiva tabella sintetizza le condizioni adottate per la simulazione del flusso del pericolo mediante un modello di campo tridimensionale risolto con un codice libero di fluido-dinamica numerica.

<b>Codice</b>	EURAM 1.0
<b>Cardinalità</b>	1D
<b>Dimensioni cella</b>	5-10 m
<b>Porzione di galleria simulata</b>	1000 m-10000 m
<b>Numero celle</b>	Max 40000
<b>Sottomodello di combustione</b>	Macromodello focolaio
<b>Condizioni al contorno</b>	Dp= 20 Pa-Vento 2-5 m/s
<b>Caratteristiche sorgente</b>	5 MW 10 MW, 30 MW, 50 MW, 100 MW-Pozza (150 MW)-Rilascio sostanze rosse-Esplosione Distribuzioni Log-Normali
<b>Tempo di crescita</b>	1-10 min
<b>Regime</b>	Transitorio

Le successive figure mostrano i risultati delle simulazioni effettuate dalle quali appare evidente l'effetto delle incertezze aleatorie ed epistemiche connesse alle variabili di rappresentazione dei processi di scambio termico e dei processi fluidodinamici.

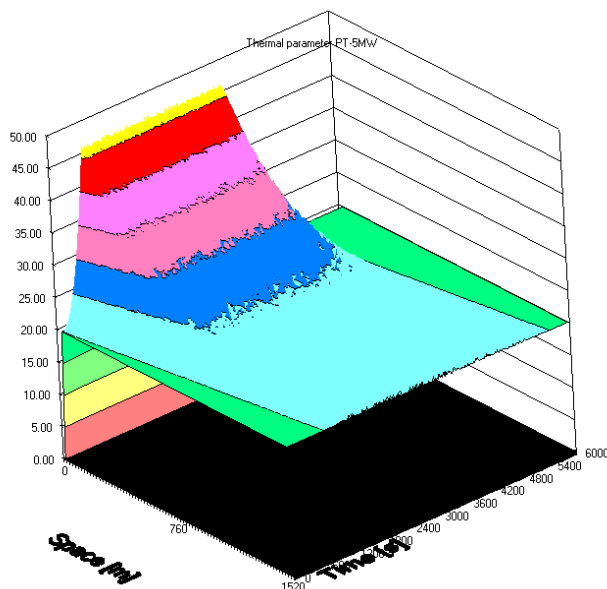


Figura 10.1 – Thermal parameter 5MW

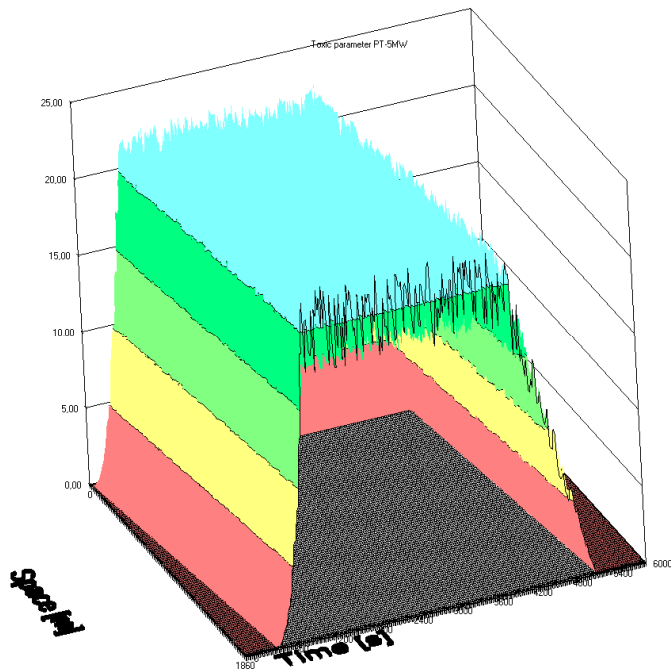


Figura 10.2 – Toxic parameter 5MW

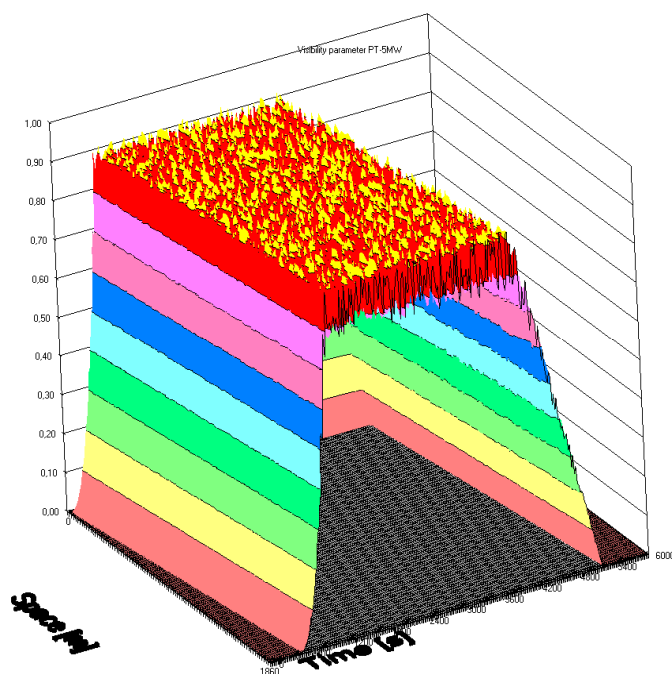


Figura 10.3 – Visibility parameter 5MW

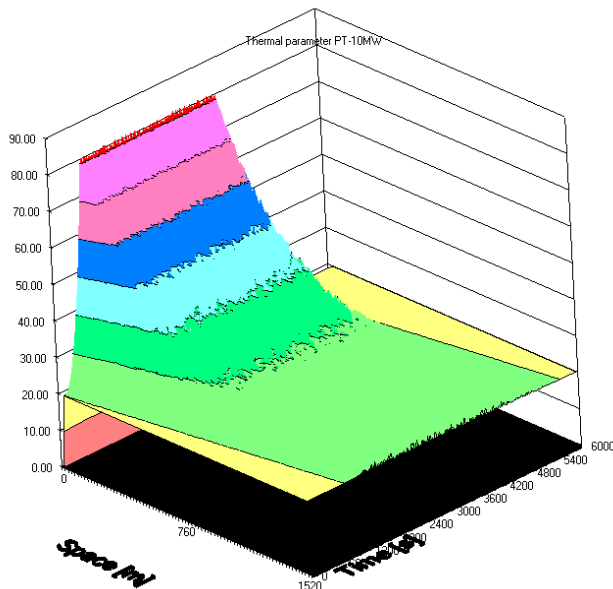


Figura 10.4 – Thermal parameter 10MW

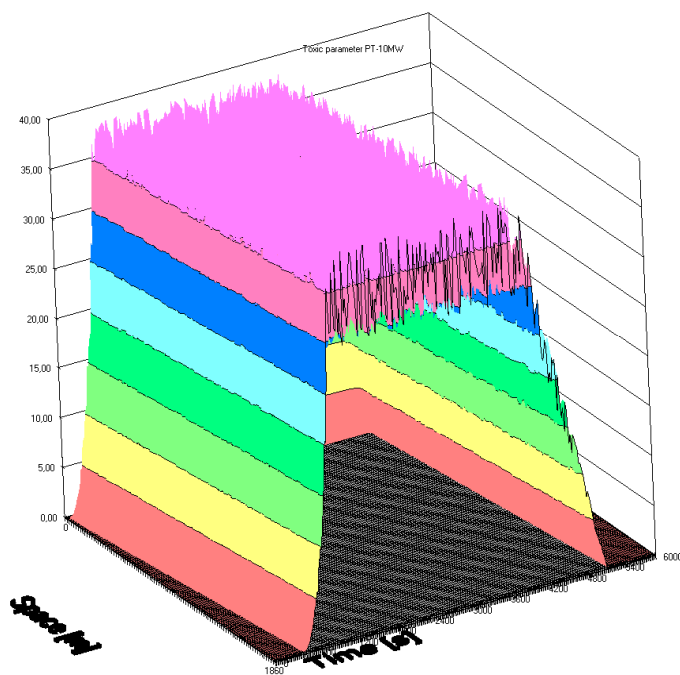


Figura 10.5 – Toxic parameter 10MW

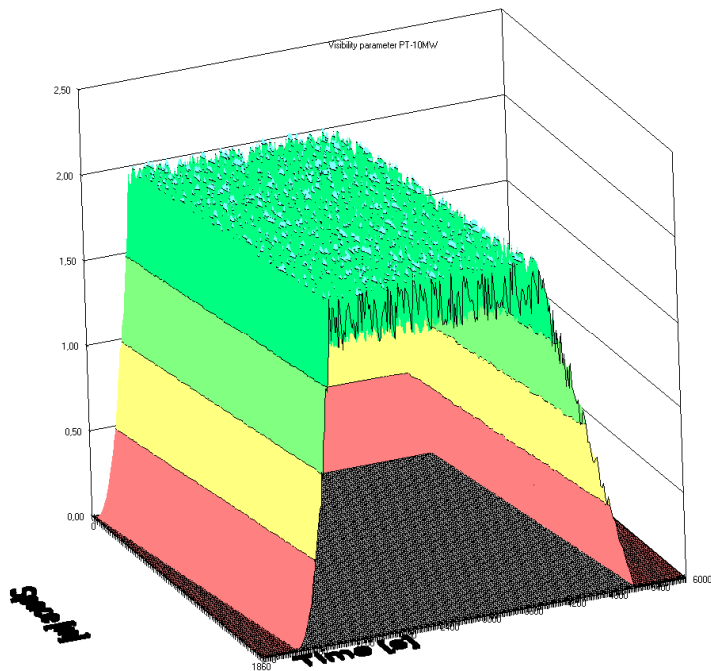


Figura 10.6 – Visibility parameter 10MW

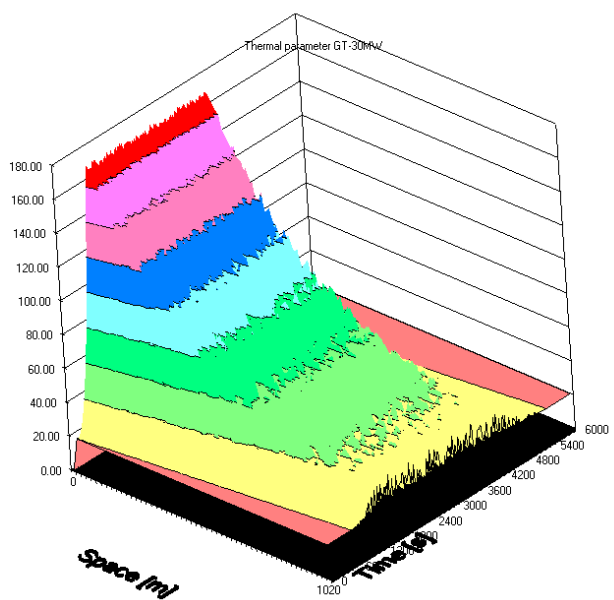


Figura 10.7 – Thermal parameter 30MW

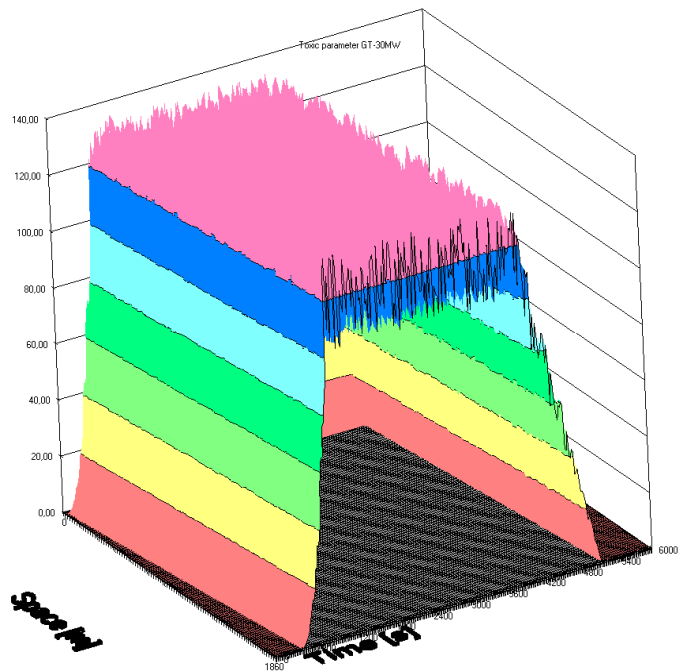


Figura 10.8 – Toxic parameter 30MW

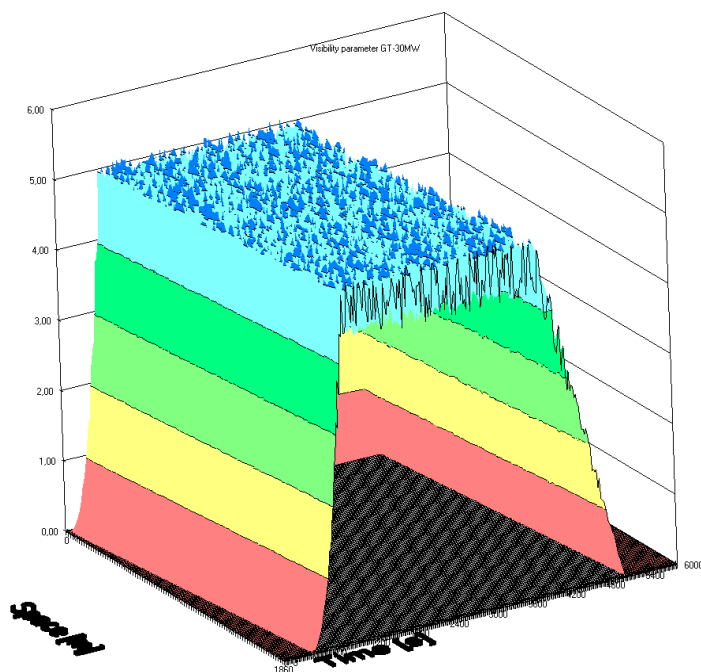


Figura 10.9 – Visibility parameter 30MW



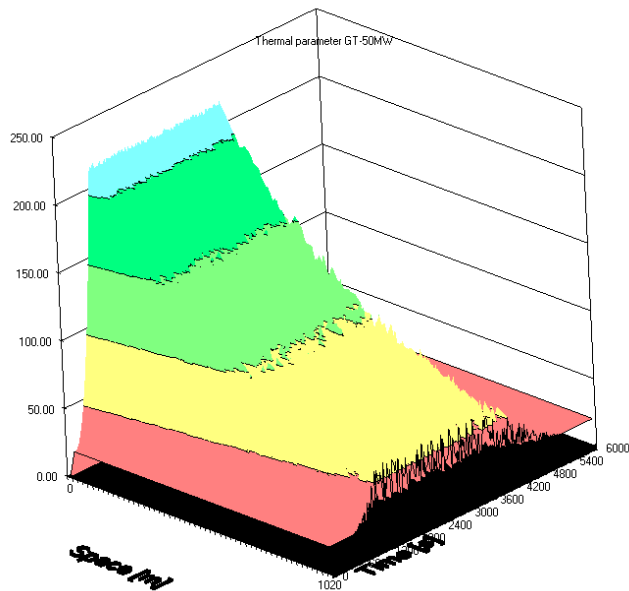


Figura 10.10 – Thermal parameter 50MW

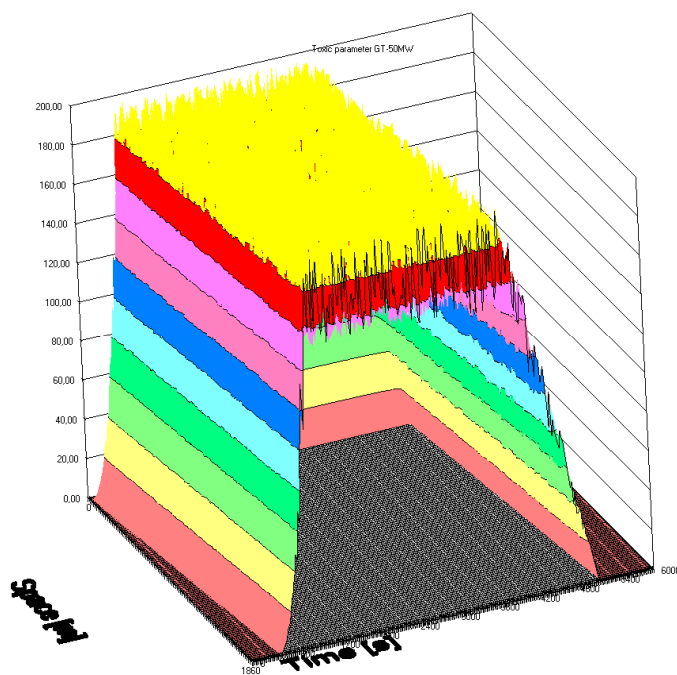


Figura 10.11 – Toxic parameter 50MW

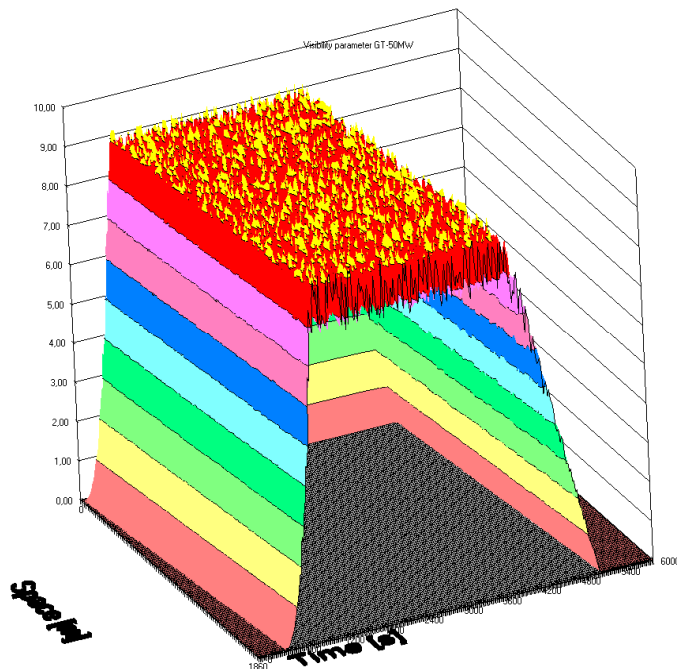


Figura 10.12 – Visibility parameter 50MW

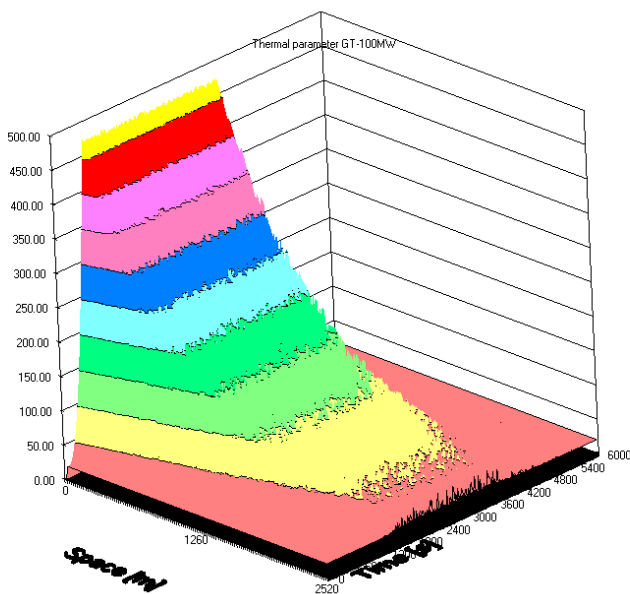


Figura 10.13 – Thermal parameter 100MW

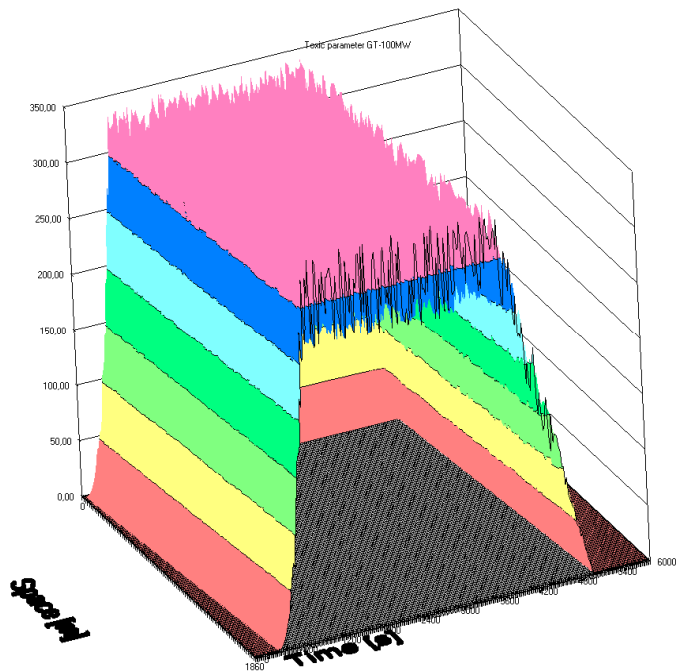


Figura 10.14 – Toxic parameter 100MW

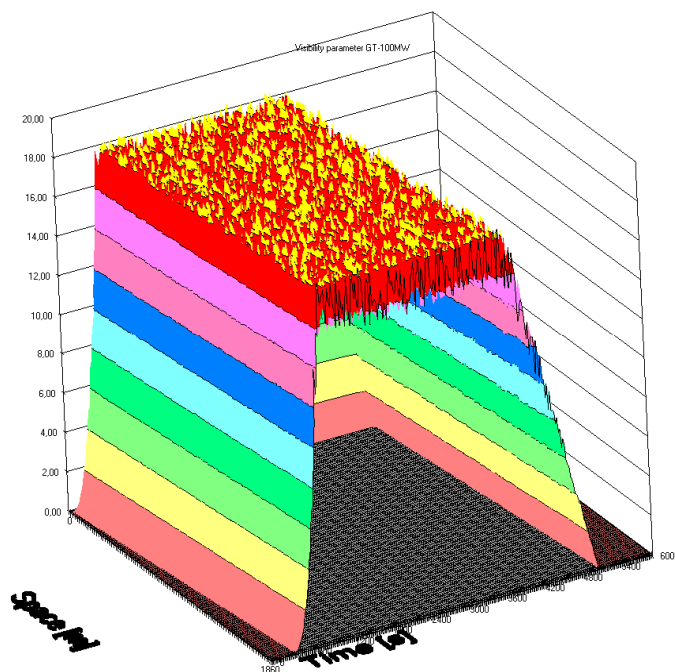


Figura 10.15 – Visibility parameter 100MW

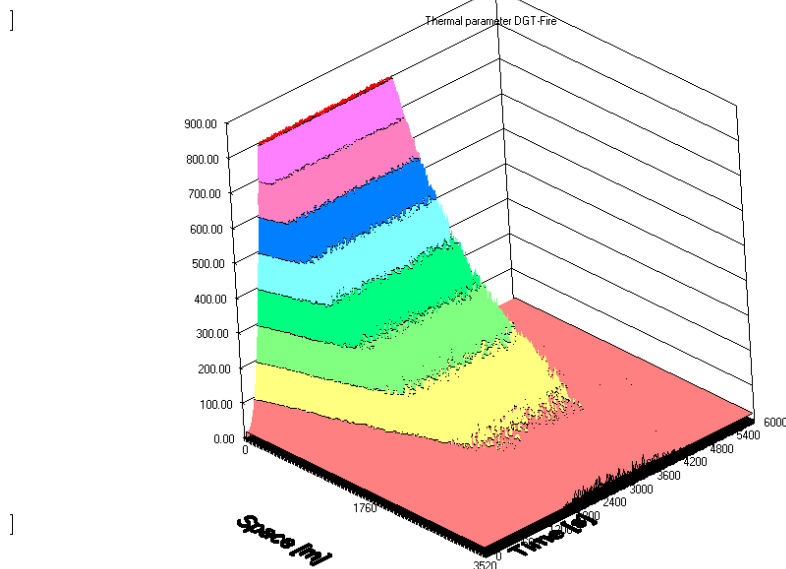


Figura 10.16 – Thermal parameter DGT-Fire

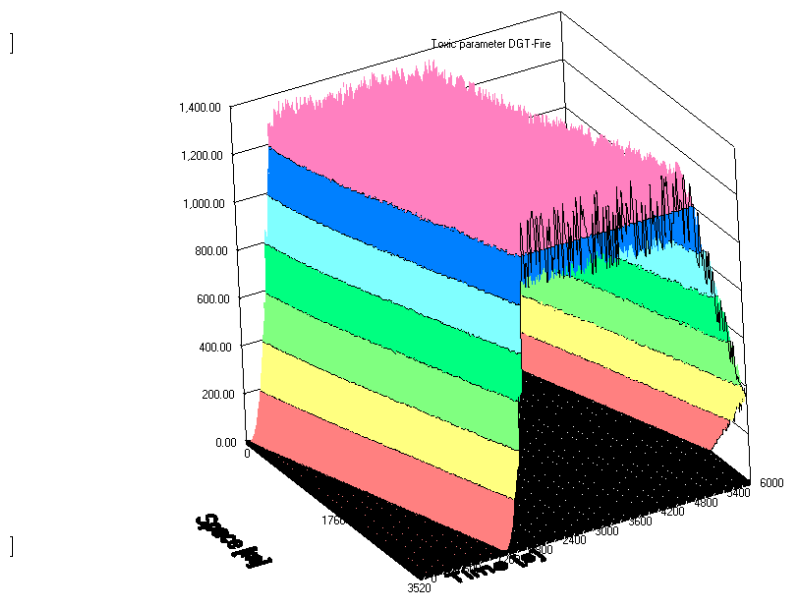


Figura 10.17 – Toxic parameter DGT-Fire

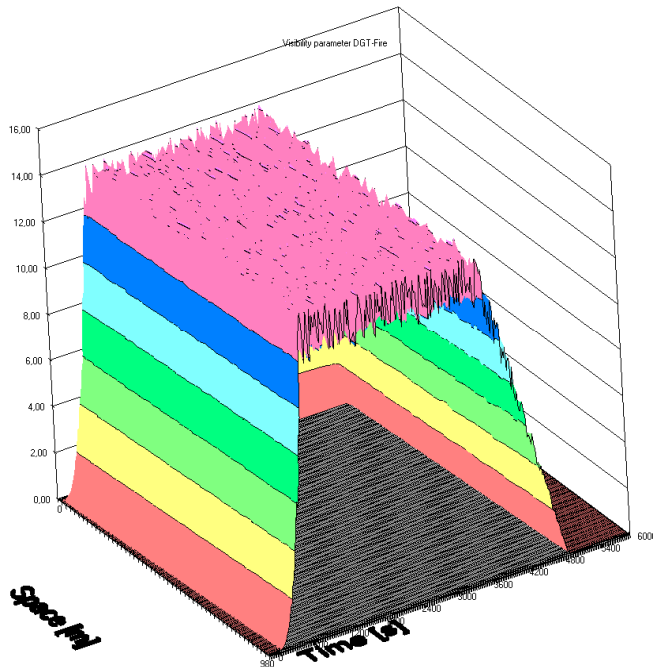


Figura 10.18 – Visibility parameter DGT-Fire

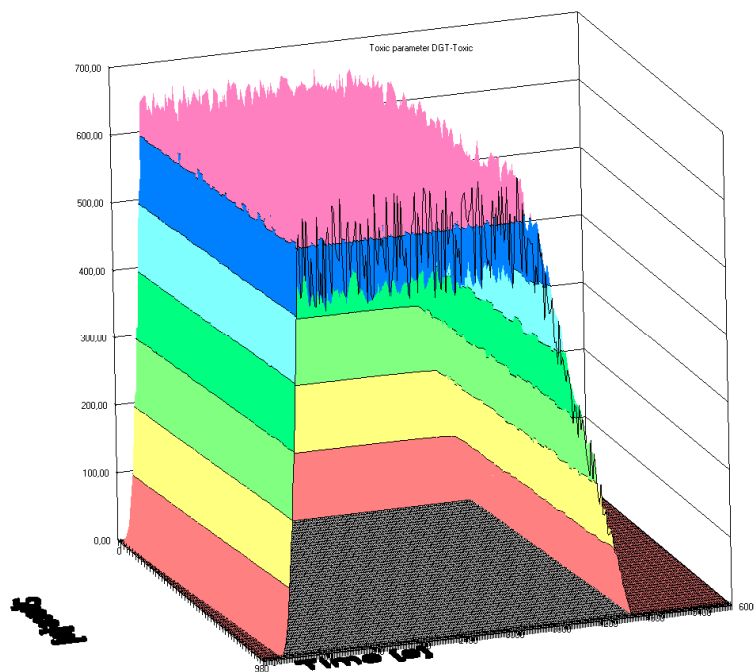


Figura 10.20 – Toxic parameter DGT-Toxic

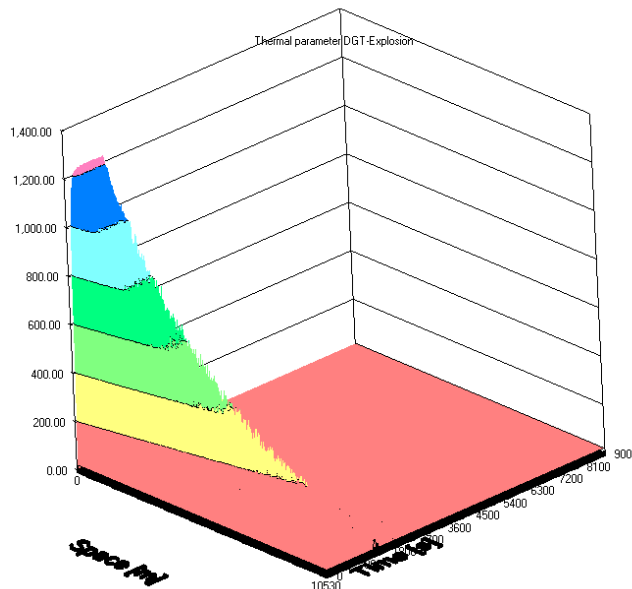


Figura 10.22 – Thermal parameter DGT-Explosion

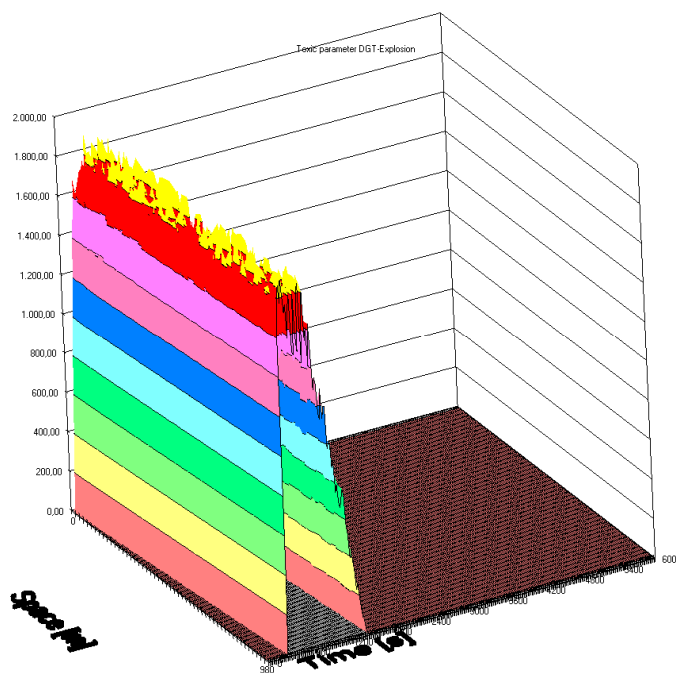


Figura 10.23 – Toxic parameter DGT-Explosion

## 11 PROBABILITA' DEGLI EVENTI CARATTERISTICI DEGLI SCENARI INCIDENTALI

### 11.1 Calcolo delle finali misure di rischio sociale per gli scenari incidentali

La successiva tabella esemplifica l'operazione di convoluzione tra funzioni di distribuzione attraverso la quale si determinano, nell'ambito della procedura di analisi di rischio codificata nell'IRAM –RT, le misure di rischio sociale per le gallerie.

Le simulazioni sono state condotte tramite il software di calcolo EURAM-RT.

Scenario rilevante	Frequenza di accadimento	Conseguenze	Determinazione del Rischio	
			$F_c(C-D)$	$F_c(I)$
<b>Deragliamento</b>				
<b>S1-1</b>	Poisson	Pareto $D + I_D$	Modello statistico Bayesiano	Simulazione statistica 1-D FP- EURAM RT
<b>S1-2</b>	Poisson	Pareto D	Modello statistico Bayesiano	EURAM RT
<b>S1-3</b>	Poisson	Pareto D	Modello statistico Bayesiano	EURAM RT
<b>S1-4</b>	Poisson	Pareto D	Modello statistico Bayesiano	EURAM RT
<b>S1-5</b>	Poisson	Pareto D	Modello statistico Bayesiano	EURAM RT
<b>S1-6</b>	Poisson	Pareto D	Modello statistico	EURAM RT

			Bayesiano	
<b>S1-7</b>	Poisson	Pareto D	Modello statistico Bayesiano	EURAM RT
<b>S1-8</b>	Poisson	Pareto D	Modello statistico Bayesiano	EURAM RT
<b>S1-9</b>	Poisson	Pareto D	Modello statistico Bayesiano	EURAM RT
<b>S1-10</b>	Poisson	Pareto D	Modello statistico Bayesiano	EURAM RT
<b>S1-11</b>	Poisson	Pareto D	Modello statistico Bayesiano	EURAM RT
<b>S1-12</b>	Poisson	Pareto D	Modello statistico Bayesiano	EURAM RT
<b>Collisione</b>				
<b>S2-1</b>	Poisson	Pareto C + Pareto I <sub>C</sub>	Modello statistico Bayesiano	Simulazione statistica 1-D FP+EVAC EURAM RT
<b>S2-2</b>	Poisson	Pareto C	Modello statistico Bayesiano	EURAM RT
<b>S2-3</b>	Poisson	Pareto C + Pareto I <sub>C</sub>	Modello statistico Bayesiano	Simulazione statistica 1-D FP+EVAC EURAM RT
<b>S2-4</b>	Poisson	Pareto C	Modello	EURAM RT



			statistico Bayesiano	
<b>Incendio</b>				
<b>S3-1</b>	Non rilevante	Gauss $I_{TMP-TP}$		Simulazione statistica 1D FP EURAM RT
<b>S3-2</b>	Poisson	Gauss $I_{TM-TP}$		Simulazione statistica 1D FP EURAM RT
<b>S3-3</b>	Poisson	Gauss $I_{TMP}$		Simulazione statistica 1D FP EURAM RT
<b>S3-4</b>	Poisson	Gauss $I_{TM}$		Simulazione statistica 1D FP EURAM RT
<b>S3-5</b>	Poisson	Non rilevante		Simulazione 3D FP EURAM RT
<b>S3-6</b>	Poisson	Pareto $I_{TP}$		Simulazione statistica 1D FP EURAM RT
<b>S3-7</b>	Poisson	Gauss $I_{TMP}$		Simulazione statistica 1D FP EURAM RT

La successiva tabella riporta valori tipici di rischio sociale per due diverse tipologie di galleria e volume di traffico come determinabili utilizzando i valori medi delle frequenze di accadimento e delle conseguenze attese per gli eventi critici rappresentativi della rete europea.

### Rischio Sociale

(100 treni/giorno 10 Km)

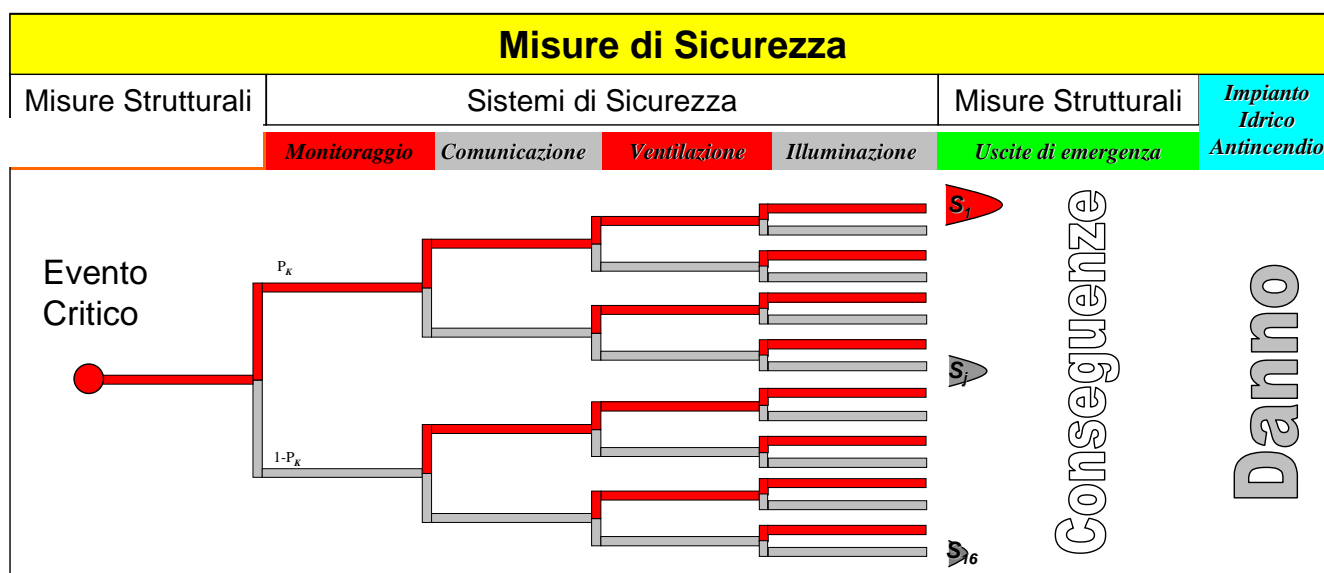
Evento Iniziatore	Critico	1 – 2 G	2 – 1 G
Deragliament		0.0039	0.0017
Collisione		0.0083	0.0056
Incendio		0.002	0.002
Urto Ostacolo		0.0036	0.0010
TOTALE		0.0178	0.0103

1 – 2 G Galleria Singola Canna Doppio Binario  
Singolo Binario

2 – 1 G Galleria Doppia Canna  
Singolo Binario

La successiva figura sintetizza l'albero degli eventi utilizzato per determinare le diverse configurazioni di pericolo che si possono instaurare all'interno della galleria in funzione delle prestazioni dei sistemi di sicurezza.

Le configurazioni di pericolo possibili nella galleria determinano le condizioni proprie entro le quali si realizzano gli scenari di esodo degli utenti e degli addetti dalla galleria.



La presenza dell'indicazione nell'albero degli eventi del sistema di sicurezza ventilazione è funzionale a sottolineare come il calcolo del rischio consideri gli effetti determinati sull'evoluzione degli eventi pericolosi da diverse condizioni di ventilazione naturale.

Le successive tabelle riportano i criteri correntemente adottati di identificazione dei sistemi di sicurezza in termini di prestazioni.



Livello di confidenza	Probabilità di Malfunzionamento
LC4	$\geq 10^{-5} < 10^{-4}$
LC3	$\geq 10^{-4} < 10^{-3}$
LC2	$\geq 10^{-3} < 10^{-2}$
LC1	$\geq 10^{-2} < 10^{-1}$

Efficienza	Tolleranza		
	0	1	2
< 60 %	Np	LC1	LC2
$\geq 60\% < 90\%$	LC1	LC2	LC3
$\geq 90\% < 99\%$	LC2	LC3	<b>LC4</b>
$\geq 99\%$	LC3	<b>LC4</b>	<b>LC4</b>

np = non possibile; LC4 = livello di confidenza raramente realizzato nei sistemi di processo

I valori di efficacia dei sistemi di sicurezza, responsabili delle probabilità di transizione fra i vari rami dell'albero degli eventi, devono essere considerati valori medi di idonee funzioni di distribuzione.

Gli alberi degli eventi devono essere considerati una rappresentazione sintetica dei reticoli bayesiani derivati dall'analisi dettagliata dell'insieme degli eventi critici possibili per la galleria in esame.

La lettura degli alberi è facilitata notando come:

- i singoli rami dell'albero degli eventi siano caratterizzati in termini di funzioni di distribuzione per le tipologie di convogli previsti in galleria in accordo al modello di esercizio;
- i singoli rami dell'albero degli eventi sono caratterizzati in termini dei valori medi delle funzioni di distribuzione utilizzate per determinare le probabilità di transizione tra i vari rami degli alberi in funzione dei risultati ottenuti dalla soluzione dei modelli statistici adottati per prevedere le probabilità di accadimento degli eventi critici considerati in funzione delle caratteristiche del modello di esercizio, delle caratteristiche del sistema ferroviario, delle prestazioni dei sistemi di sicurezza;
- le sigle riportate al termine dei rami degli alberi degli eventi individuano gli scenari di fine emergenza.

Gli scenari di fine emergenza, per gli eventi critici incendio, identificano gli scenari di esodo.

### 11.1.1 Frequenze associate agli scenari di deragliamento

Nel seguito del presente paragrafo verranno riportati i valori dei gate associati ai sottoeventi descritti.

Sono stati analizzati due casi: deragliamento di un treno merci e deragliamento di un treno passeggeri.

#### Scontro con un treno

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>Codifica Documento</p> <p>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</p>	<p>Foglio</p> <p>268 di 301</p>

La probabilità di scontro con un altro treno vale 0,07.

Tipologia del treno colliso (passeggeri)

La probabilità che il treno colliso sia un treno passeggeri è 0,70.

Rilascio di sostanze pericolose / Incendio / Esplosione

Per un treno la probabilità di incendio è pari a 0,03.

### 11.2 Frequenze associate agli scenari di collisione

Nel seguito del presente paragrafo verranno riportati i valori dei gate associati ai sottoeventi descritti.

Scontro con un treno

La probabilità di scontro con un altro treno vale 0,07.

Tipologia del treno colliso (passeggeri)

La probabilità che il treno colliso sia un treno passeggeri è 0,70.

Rilascio di sostanze pericolose / Incendio / Esplosione

Per un treno la probabilità di incendio è pari a 0,03.

### 11.3 Frequenze associate agli scenari di incendio di materiale rotabile

Nel seguito del presente paragrafo verranno riportati i valori dei gate associati ai sottoeventi descritti.

Sono stati analizzati tre casi: incendio di un treno merci, incendio di un treno passeggeri, incendio di un treno merci pericolose.

Presenza di altro treno

La probabilità di scontro con un altro treno vale 0,07.

Rilascio di sostanze pericolose / Incendio / Esplosione

Per un treno la probabilità di incendio è pari a 0,03.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	Codifica Documento A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC	Foglio 269 di 301

## 12 VALUTAZIONE DEI PROFILI DI RISCHIO

### 12.1 Calcolo del livello di rischio della galleria

La metodologia adottata per lo studio del livello di rischio presente in galleria si articola nei passi seguenti:

- valutazione del livello di Rischio Atteso Totale, Rischio Atteso Individuale e Rischio Cumulato (mediante lo sviluppo di curve F-N);
- analisi dell'impatto delle Misure di Sicurezza, minime ed integrative, sul livello di rischio della galleria in esame;
- valutazione dell'accettabilità del Rischio.

#### 12.1.1 Calcolo del livello di rischio associato alla configurazione base della galleria

Le frequenze di accadimento degli eventi critici individuati dal DM 28/10/2005 sono state determinate utilizzando la funzione di distribuzione di Poisson come funzione rappresentativa dei tassi di accadimento degli eventi critici per la galleria ferroviaria.

La funzione di distribuzione di Poisson adottata ha la seguente struttura:

$$p(N(t) = k) = ((\lambda t)^k / k!) \times e^{-\lambda t}$$

dove  $\lambda$  è il valore del tasso di accadimento del singolo evento critico considerato.

Eventi	PDF	$\lambda$	t
Deragliamenti	Poisson	2 (3 deviatoi)	$10 \cdot 10^{-9}$
Collisione	Poisson	3	$2 \cdot 10^{-9}$
Incendio TM	Poisson	2	$10 \cdot 10^{-9}$
Incendio TP	Poisson	2	$10 \cdot 10^{-9}$

Le Frequenze di Accadimento degli Eventi Critici sono determinate moltiplicando le Funzioni di Distribuzione dei Tassi di Accadimento degli Eventi Critici per il Volume di Traffico Annuo incidente sul uno specifico Sistema Galleria e per la Lunghezza della galleria.

La frequenza di accadimento è calcolata secondo l'espressione:

$$f = 365 L VT Ta$$

dove

L è la lunghezza della galleria espressa in km

VT in volume di traffico espresso in treni/giorno

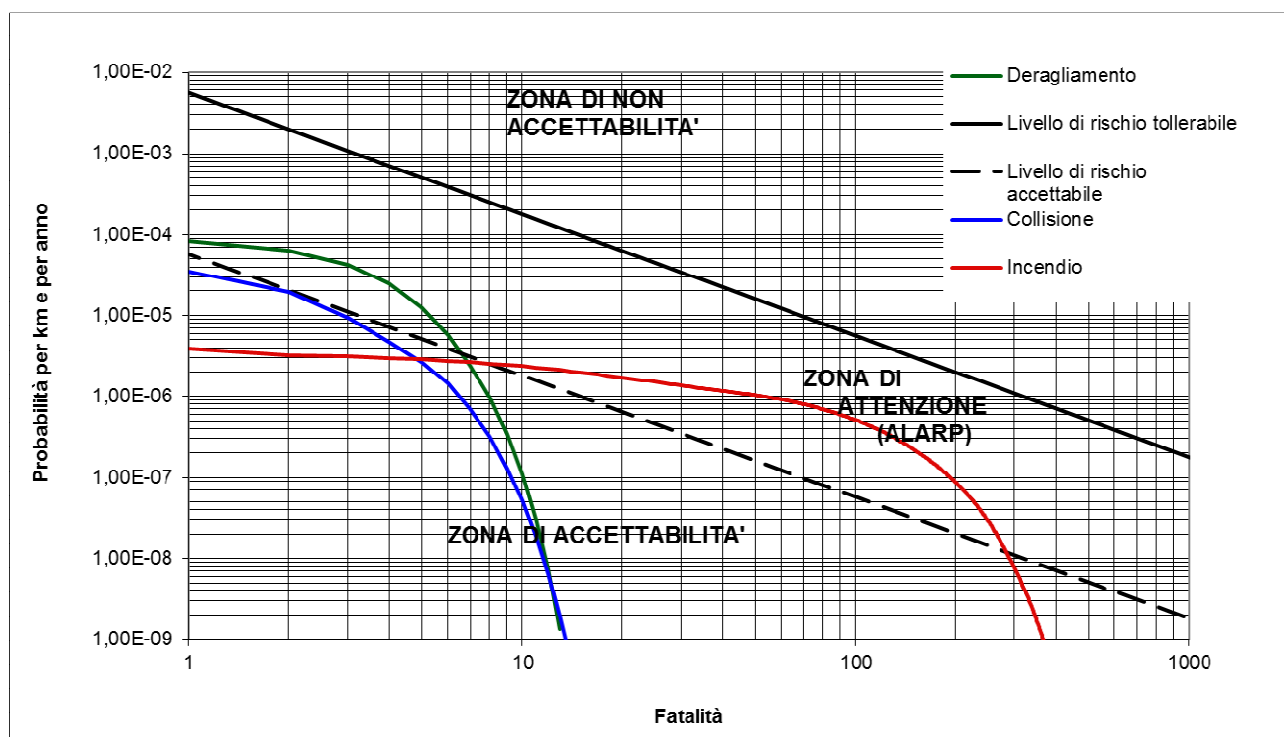
Ta è il tasso di accadimento espresso in eventi/treni km

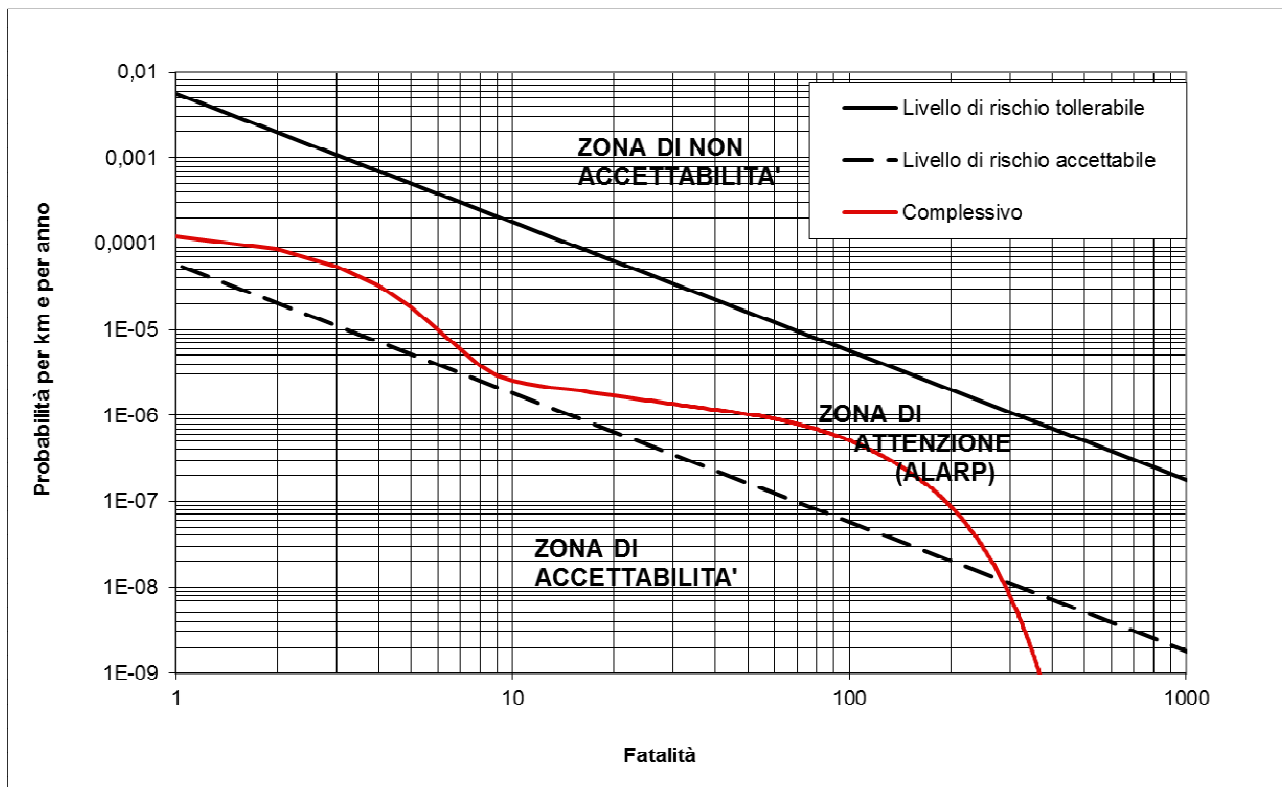
Il presente paragrafo riporta i valori di Rischio Individuale e Rischio Totale, per la galleria nella loro configurazione base.



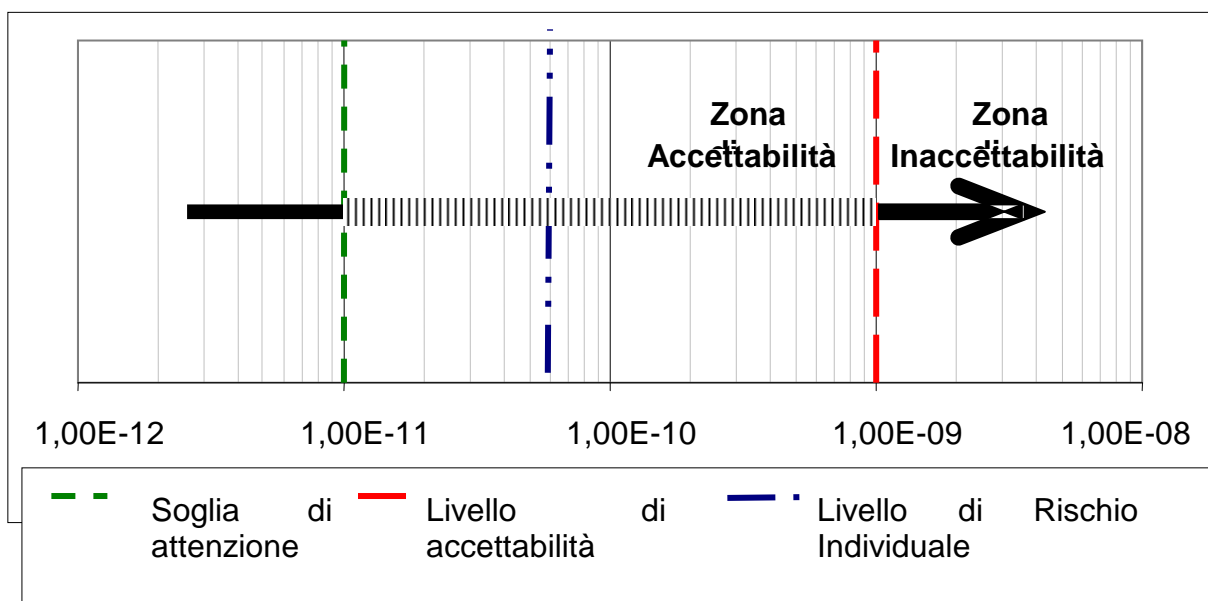
Di seguito è riportato il grafico delle Curve Cumulate Complementari per i singoli eventi analizzati.

Le seguenti figure rappresentano: le curve F-N separatamente per il rischio comportato da deragliamenti, collisioni, incendio di materiale rotabile, merci e passeggeri, comprensivo di rilasci, incendi ed esplosioni derivanti dal trasporto di merci pericolose, e le loro rispettive combinazioni; la curva F-N cumulata complementare.





La curva del Rischio Cumulato si attesta all'interno della zona di attenzione ALARP. Il valore del rischio individuale è di  $6,3 \text{ E-}11$  e rientra nella zona di accettabilità.



### 12.2 Valutazione dell'accettabilità del rischio

Il rischio atteso individuale, unitamente alla configurazione della curva del rischio cumulato, costituiscono le grandezze di riferimento per l'accettabilità del livello di sicurezza del passeggero associato alla specifica galleria.

Il Decreto fissa due livelli di accettabilità del rischio: quello individuale e quello cumulato. In In figura è rappresentato il livello di accettabilità del rischio individuale, espresso in fatalità/(passeggeri-km-anno).

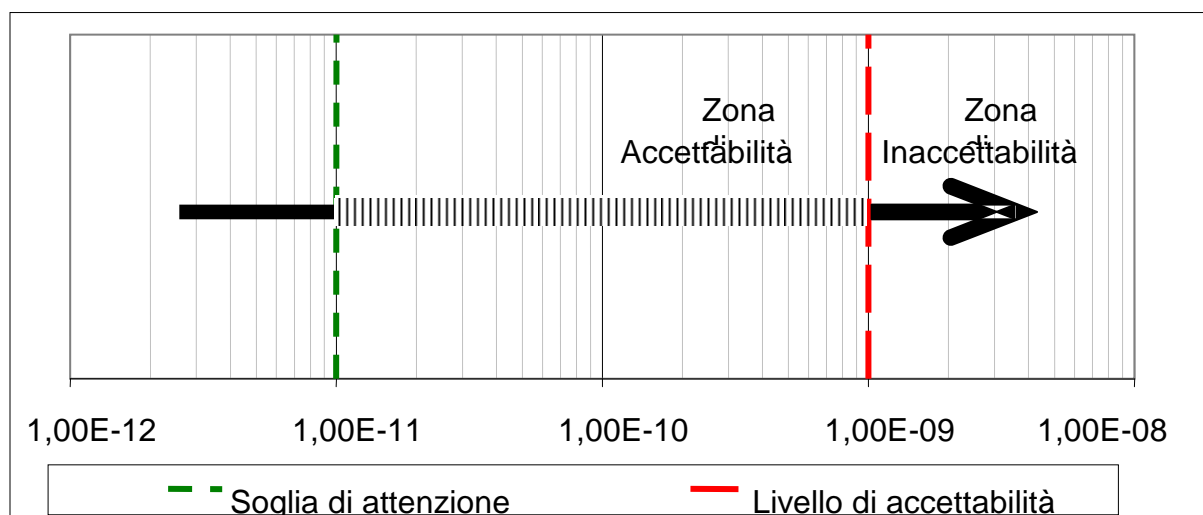
L'indicatore del rischio individuale (IR) permette di valutare il livello di rischio relativo ad una singola galleria e quindi permette di valutare anche la sufficienza o meno dei requisiti minimi per garantire un fissato livello di sicurezza dei passeggeri.

Secondo dati di letteratura per i rischi liberamente assunti viene registrato statisticamente un rischio individuale per anno compreso tra  $10^{-4}$  e  $10^{-5}$ , mentre per quelli involontari si va da  $10^{-6}$  e  $10^{-8}$ .

Ipotizzando in modo cautelativo, che ciascun utente percorra in media 1000 km/anno sul sistema ferroviario, il valore di rischio individuale in galleria viene fissato in  $10^{-9}$  fatalità/(passeggeri\*km\*anno).

Il rischio individuale, quindi, definisce il valore atteso di rischio annuo per passeggero per km; la soglia di attenzione è fissata a  $10^{-11}$  e la soglia di inaccettabilità a  $10^{-9}$ .

Il valore fissato per la soglia di attenzione tiene conto anche dell'incertezza sulla percentuale di percorrenza in galleria e dell'incertezza sulle informazioni e sui dati disponibili per i calcoli.



Qualora il rischio calcolato ricadesse in zona di attenzione è richiesto di documentare in modo esauriente la precisione e la rappresentatività dei dati utilizzati nonché l'accuratezza della procedura; nel caso di residua incertezza è richiesto di procedere con una valutazione di tipo ALARP (as low as reasonably possible).

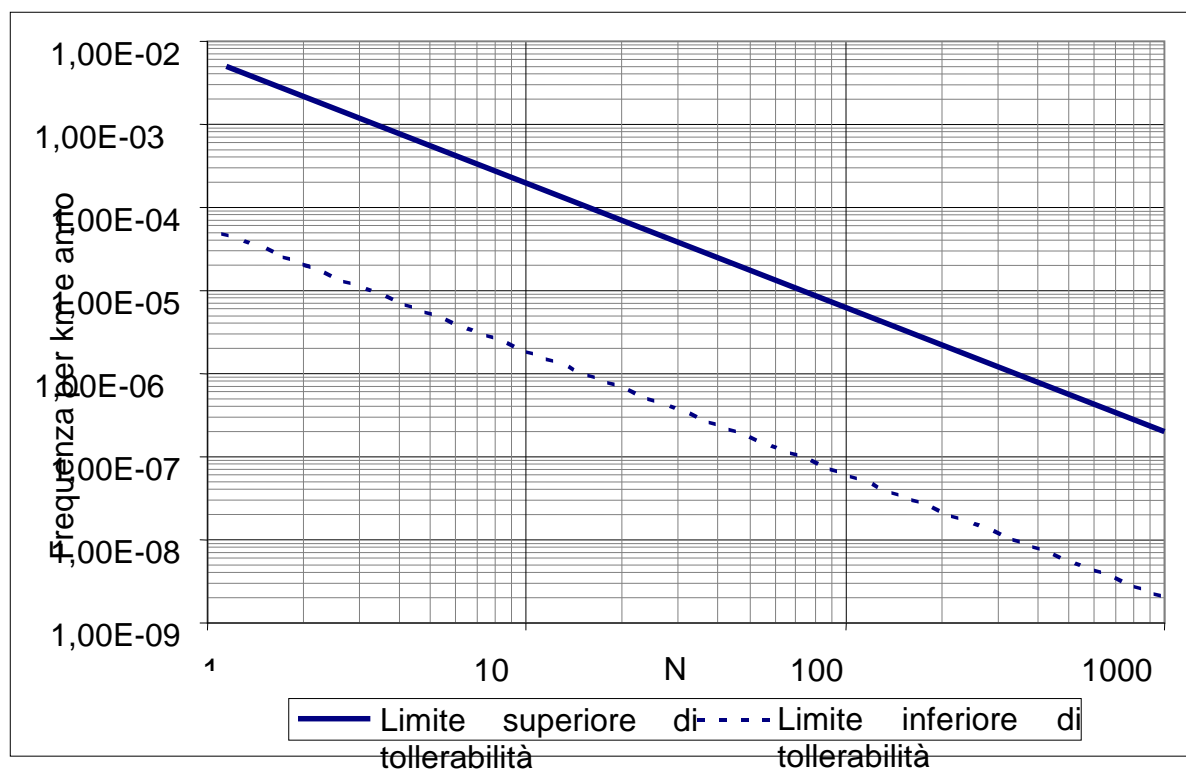


L'indicatore di rischio cumulato consente di valutare gli effetti dell'evoluzione degli eventi pericolosi sui passeggeri esposti.

Come criterio di accettabilità del rischio cumulato si procede ad una analisi sulla base del criterio definito come probabilità che si verifichino, in un fissato periodo di tempo (un anno) e per km di galleria, non più di un determinato numero di fatalità [N/km-anno].

Al fine di identificare una soglia di accettabilità viene introdotto un criterio di limitazione sul piano  $\{P([N/km-anno]>x), N\}$  dove si valuta la probabilità che le fatalità superino una predeterminata soglia.

La figura sottostante riporta il criterio di accettabilità della funzione cumulata di probabilità ed indica la probabilità annua che il numero di fatalità per chilometro sia maggiore di predeterminate soglie di riferimento.



Da solo il criterio basato sull'indicatore di rischio cumulato non può essere adottato come criterio di accettabilità nell'analisi della singola galleria; esso deve essere associato al criterio di accettabilità del rischio individuale (RI).

Il limite superiore di tollerabilità e il limite inferiore di tollerabilità (o soglia di attenzione) definiscono, al loro interno, la regione ALARP. I rischi che ricadono al suo interno sono tollerabili solo se la riduzione del rischio non è in concreto fattibile o se i suoi costi sono sproporzionati rispetto ai miglioramenti conseguibili.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Codifica Documento

A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC

Foglio

274 di  
301

Se il rischio presente nella galleria oggetto di studio ricade all'interno della zona ALARP, si analizza il rischio in funzione di diverse configurazioni della galleria, fino a pervenire all'individuazione di una "configurazione ottima". Ogni configurazione è identificata da una prestabilita combinazione di misure di sicurezza.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 275 di 301

## 13 IINDIVIDUAZIONE E VALUTAZIONE DELLE MISURE PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO

### 13.1 Caratteristiche prestazionali dei sistemi di sicurezza

La caratterizzazione prestazionale delle misure di sicurezza è intesa come la definizione quali-quantitativa della capacità delle misure di sicurezza di attenuare la gravità delle conseguenze associate agli eventi incidentali.

La caratterizzazione delle prestazioni è basata su:

- analisi delle specifiche funzionali e prestazionali associate ai sistemi di sicurezza,
- esecuzione di studi di simulazione,
- analisi statistica dei dati mediante reticoli bayesiani.

In prima battuta è necessaria l'analisi delle funzionalità e delle prestazioni dei sistemi preposti alla sicurezza sia in termini di efficienza (prestazioni a priori) che consiste sostanzialmente nell'analisi del progetto dell'infrastruttura.

Successivamente è necessaria caratterizzare i fenomeni pericolosi mediante studi di simulazione laddove possibile.

I risultati degli studi di simulazione possono essere ottenuti dalla letteratura tecnica del settore, da studi precedentemente effettuati per altri sistemi analizzati, da analisi effettuate ad-hoc e consentono la definizione del comportamento del sistema in diverse condizioni di funzionamento (prestazioni a priori).

L'analisi statistica dei dati prevede l'unione, mediante opportuni modelli di inferenza statistica (teorema di Bayes), delle informazioni derivanti dai dati a priori e dai risultati delle simulazioni con le statistiche di incidentalità (prestazioni a posteriori) al fine di ottenere valori prestazionali verosimili.

L'effetto di una misura di sicurezza, in termini di quantificazione del rischio, si determina mediante:

- la simulazione diretta dei fenomeni pericolosi da cui deriva un calcolo della fatalità,
- la definizione dell'efficacia della misura.

L'efficacia di ciascuna misura di sicurezza è successivamente combinata attraverso diagrammi di influenza al fine di ottenere un unico valore complessivo da combinarsi con gli indicatori di rischio.

Le successive tabelle sintetizzano gli effetti delle prestazioni delle misure di sicurezza sugli scenari rilevanti evidenziando l'efficacia delle misure integrative

Rilevazione	Monitoraggio Comunicazione	Illuminazione	Mitigazione- Spegnimento
-------------	-------------------------------	---------------	-----------------------------



Riduzione della probabilità di accadimento	Riduzione dei tempi di attivazione	Riduzione dei tempi di movimento delle persone	Riduzione delle temperature e delle concentrazioni di gas tossici e nocivi
Riduzione dei tempi di intervento	Riduzione dei tempi di intervento		Incremento del tempo disponibile per l'esodo

Requisito integrativo	Descrizione qualitativa	Efficacia
1.1.1 Monitoraggio della velocità/sistema di segnalamento	<p>Il SS GdV è il sistema di segnalamento in sicurezza che interagisce con i dispositivi di stazione e di linea ed ha il compito di:</p> <p>controllare e comandare la linea per la tratta di competenza;</p> <p>controllare e comandare i movimenti in corso sul piazzale;</p> <p>controllare e comandare singolarmente i dispositivi (enti) delle stazioni.</p> <p>Il sistema GdV verrà realizzato con l'architettura MultiStazione con logica allocata nel Posto Centrale (NVC).</p> <p>Il SS DST è il sottosistema che ha il compito di governare in sicurezza la marcia dei treni garantendone la separazione in funzione delle limitazioni imposte dall'infrastruttura, delle caratteristiche del materiale rotabile e delle condizioni della linea e degli apparati di stazione gestite e</p>	Riduzione di un fattore della probabilità di accadimento di eventi di deragliamento e collisione entrambe legati alla velocità di percorrenza.

	<p>comunicate dal SS Gestione della Via.</p> <p>Il SS DST viene realizzato tramite Radio Block Center e con il supporto di Punti Informativi realizzati mediante Boe Eurobalise, ed implementa le specifiche del sistema europeo ERTMS Livello 2.</p> <p>Il SS TLC garantisce la connessione e comunicazione tra i sottosistemi del sistema AV. La comunicazione tra GdV e DST viene realizzata tramite una rete interna al PCS, dove sono collocati gli elaboratori in sicurezza dei due sottosistemi GdV e DST.</p>	
<p>1.1.3. Impianti fissi per il controllo dello stato del treno.</p>	<p>Previsto l'impianto di Rilevamento della Temperatura delle Boccole (RTB).</p>	<p>Il sistema RTB aumenta il livello di sicurezza riducendo il permette una riduzione di un fattore della probabilità di accadimento di eventi di deragliamento del sistema galleria, dato che gli assi surriscaldati ed i freni bloccati sono le cause principali di situazioni immediatamente pericolose per la sicurezza di marcia. Un surriscaldamento può provocare la rottura del cuscinetto e causare quindi un deragliamento.</p>
<p>1.2.1. Requisiti di resistenza reazione al fuoco (cavi elettrici)</p>	<p>I cavi elettrici a servizio dei vari impianti di emergenza devono essere realizzati in materiale resistente al fuoco in quanto devono garantire il funzionamento anche in caso di incendio.</p>	<p>L'affidabilità dei sistemi di sicurezza è incrementata riducendo la probabilità di malfunzionamento dei sistemi di sicurezza alimentati da rete elettrica.</p>

1.2.4 Rivelazione di incendio, fumo, e gas nei locali tecnici	Nei locali tecnici sono installati rilevatori di incendio, fumo e gas in modo da individuare tempestivamente un principio di incendio e dare una immediata comunicazione al centro di controllo .	La rilevazione precoce di eventuali situazione di pericolo riduce i tempi di intervento da parte dei servizi di soccorso.
1.2.5. Sistemi di controllo a distanza TVCC	Permettono il monitoraggio dei locali in modo da evitare che entrino persone non autorizzate e atti di vandalismo nonché il monitoraggio dello svolgersi delle operazioni di soccorso.	I sistemi consentono di individuare tempestivamente e gestire situazioni di pericolo sia in condizioni di pericolo che di emergenza incrementando l'efficacia della rilevazione e delle comunicazioni.

Le misure di sicurezza sono state considerate come segue:

Deragliamenti	Variabili	Funzione
Misure preventive-protettive	Piani di emergenza-Segnalamento	Efficacia del sistema di trasporto pari a 0,85 con varianza 0,03

Collisione	Variabili	Funzione
Misure preventive-protettive	Piani di emergenza-Segnalamento	Efficacia del sistema di trasporto pari a 0,85 con varianza 0,03

Incendio	Variabili	Funzione
Sistemi di rilevazione	Tempo di allarme	Gaussiana Media 2 min dev st. 30 s (MTBF 33 anni)
Sistemi di comunicazione	Tempo di attivazione delle persone	Gaussiana Media 2 min dev. St 30 s
Sistemi di illuminazione	Velocità di esodo, visibilità	Funzione PIARC che correla velocità e visibilità Riduzione del 50% con varianza 10% senza

		illuminazione
Sistemi di ventilazione	Concentrazioni, temperature, velocità di propagazione	Calcolo delle variabili mediante modello termodinamico in regime transitorio, verifica efficacia di dimensionamento degli impianti e delle procedure di gestione in funzione della magnitudo dell'evento.
Sistema di Drenaggio	Riduzione della potenza termica durata evento	Gaussiana in funzione della portata di drenaggio
Sistema vie di fuga	Velocità accesso uscite, velocità esodo, superficie by-pass	Velocità accesso by-pass proporzionale alla superficie
Tempi di accesso squadre di soccorso	Tempo inizio fase di spegnimento	Fissato
Misure preventive-protettive	Piani di emergenza-Segnalamento	Efficacia del sistema di trasporto pari a 0,85 con varianza 0,03

L'efficacia del sistema di trasporto è derivata dai risultati delle analisi delle prestazioni dei sistemi mediante modelli e dei dati di incidentalità.

Il valore assunto pari a 0,85 risulta congruente ai livelli prestazionali del progetto presentato.

Tale valore dovrà essere adottato come riferimento minimo per la progettazione esecutiva e per la verifica durante l'esercizio.

Un'interpretazione semplificata del concetto di efficacia del sistema è, rispetto all'incidentalità base fornita da dati statistici di base relativi a tutta la rete esistente, la frazione di incidenti che sono evitati dalle misure preventive sommata alla frazione di incidenti che sono risolti senza conseguenze. Il complemento ad uno di tale valore risulta il fattore medio di riduzione del rischio.

### 13.2 Analisi dell'impatto delle misure di sicurezza

Nelle gallerie dei sistemi ferroviari il conseguimento degli obiettivi di sicurezza è il risultato di una combinazione ottimale di requisiti di sicurezza applicati all'infrastruttura, al materiale rotabile ed alle misure organizzative ed operative che possono essere adottate.

I requisiti di sicurezza devono essere adottati per il conseguimento dei seguenti obiettivi:

- previsione e prevenzione degli eventi incidentali;
- protezione dei soggetti esposti e mitigazione delle conseguenze;
- facilitazione dell'esodo delle persone e dell'intervento delle squadre di soccorso.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>Codifica Documento</p> <p>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</p>	<p>Foglio</p> <p>280 di</p> <p>301</p>

Tali obiettivi possono essere raggiunti mediante l'adozione delle seguenti classi di requisiti (misure di sicurezza):

- requisiti minimi;
- requisiti integrativi.

La valutazione del Rischio deve essere effettuata in funzione delle misure di sicurezza presenti o previste per la galleria oggetto di studio.

Il livello di rischio individuale e cumulato deve essere inferiore ai limiti prescritti dal Decreto: se tale livello di sicurezza non è raggiunto si valuta la possibilità di adozione di ulteriori misure di sicurezza al fine di raggiungere tale obiettivo.

I requisiti integrativi da adottare devono essere individuati a seguito dell'analisi di rischio per garantire un adeguato livello di sicurezza; il loro impatto deve essere comunque valutato se il rischio ricade in zona ALARP.

Le misure di sicurezza possono essere classificate nel modo seguente:

- misure strutturali;
- misure impiantistiche;
- misure relative al materiale rotabile;
- predisposizioni organizzative.

Secondo la metodologia di analisi del rischio, descritta nel presente studio, le misure di sicurezza possono influenzare:

- le cause di innesco dei singoli eventi iniziatori, modificando quindi le frequenze di accadimento degli eventi base;
- le probabilità associate ai gate degli alberi degli eventi, modificando quindi le frequenze di accadimento degli eventi finali;
- i parametri caratterizzanti i modelli di letalità, modificando quindi il numero di fatalità attese per evento finale.

Il presente studio prende inoltre in considerazione la possibile indisponibilità dei sistemi di sicurezza presenti o applicabili nella galleria oggetto di studio.



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	Codifica Documento <b>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</b>	Foglio 281 di 301

## 14 VALUTAZIONE TIPO ALARP

La galleria Pozzolo, di lunghezza pari a 1984 m, presenta un livello di sicurezza conforme agli obiettivi di sicurezza del DM 28/10/2005 "Sicurezza nelle gallerie Ferroviarie" sia in termini di requisiti di sicurezza che in termini di livello di rischio.

La galleria Pozzolo soddisfa quindi tutti i requisiti minimi di sicurezza previsti dal D.M. 28/10/2005 ed i requisiti essenziali previsti dalle STI mentre per quanto riguarda la resistenza al fuoco delle strutture di rivestimento delle gallerie saranno condotti ulteriori approfondimenti nelle successive fasi di progetto.

Il progetto della sicurezza della Galleria Pozzolo prevede già siano realizzati oltre ai requisiti minimi di sicurezza richiesti, una serie di misure di sicurezza integrative che consentono di incrementare il livello di sicurezza dell'infrastruttura in accordo al criterio ALARP.

I requisiti integrativi presenti nella galleria Pozzolo sono:

- 1.1.1 Monitoraggio della velocità/sistema di segnalamento
- 1.1.2 Individuazione del treno
- 1.1.3 Impianti fissi per il controllo dello stato del treno
- 1.2.1. Requisiti di resistenza reazione al fuoco (cavi elettrici)
- 1.2.4 Rivelazione di incendio, fumo, e gas nei locali tecnici
- 1.2.5. Sistemi di controllo a distanza TVCC

L'analisi di rischio estesa relativa al progetto definitivo della galleria Pozzolo come fornito dalla committenza ha fornito i seguenti risultati:

- la curva cumulata complementare associata alla galleria ricade all'interno della zona di attenzione (fascia ALARP),
- il rischio individuale risulta pari a  $6,3 \cdot 10^{-11}$  per km percorso in galleria risultando all'interno della zona di accettabilità al di sopra della soglia di attenzione.

La galleria Pozzolo pertanto soddisfa le prescrizioni contenute nel DM 28/10/2005.

La componente che influisce maggiormente sul rischio è costituita dagli eventi critici connessi al trasporto merci e merci pericolose quali incendi, rilasci di sostanze tossiche e nocive, esplosione che possono causare elevate conseguenze sui passeggeri

Al fine di contenere gli effetti di tali eventi critici, prima dell'apertura in esercizio, o meglio già in fase di progetto esecutivo, si suggerisce di effettuare i seguenti esami:

- durante la fase di progettazione esecutiva, per ottemperare formalmente alle richieste STI, effettuare comunque le verifiche secondo le curve Eureka per verificare il mantenimento dell'integrità strutturale del rivestimento delle gallerie,
- definizione dettagliata della gestione dell'emergenza con arresto di un convoglio fuori la galleria,
- revisione delle modalità di gestione del sistema di comunicazioni all'utenza e della segnaletica di esodo in corrispondenza dei by-pass,
- previsione di un programma di esercizio che limiti la probabilità che si verifichi un evento critico connesso al trasporto merci,
- identificare gli accessi primari nella gestione dell'emergenza come punto di arresto

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>Codifica Documento</p> <p>A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC</p>	<p>Foglio</p> <p>282 di 301</p>

preferenziale dei treni passeggeri sulla base del programma di esercizio ed in funzione della tipologia di convoglio (locale, a lunga percorrenza),

- definizione delle modalità di gestione del traffico ferroviario in condizioni di emergenza in galleria considerando tutta la tratta.

Un'analisi costi benefici preliminare è già stata effettuata dal gestore al momento della promulgazione dell'atto integrativo e definizione della necessità da norma di un'area di sicurezza con caratteristiche ben definite. La presenza di un sistema complesso quale l'area di Vallemme e l'area Libarna non contemplata nei requisiti integrativi rende di per sé meno sensibile l'apporto dei requisiti integrativi già previsti in fase di PD determinando incertezze elevate sul livello di rischio.

La determinazione del NPV benefici risulta pertanto caratterizzata da elevate incertezze in quanto sintetizzata in un solo numero e L'ERTMS non può essere considerato un requisito integrativo nell'ambito costi-benefici in quanto necessario anche nei tratti a cielo aperto per le tratte AV, esso è quindi un sistema imprescindibile.

L'esercizio di non considerarlo non risulta avere riscontro nella realtà dei fatti che lo vede come un sistema base per l'esercizio delle tratte ad alta velocità della rete italiana.

I risultati forniti dalla presente analisi, sintetizzati nei grafici riportati ai precedenti paragrafi, attestano dunque un rischio associato all'esercizio della Configurazione di base del sistema considerato, ricadente per alcuni tratti in una zona ALARP; si è altresì concluso che, dall'analisi degli scenari critici, le misure integrative previste dal DM con impatto significativo sul rischio, sono già presenti nel progetto e sono stati individuati, a livello indicativo e a completamento del processo di analisi, possibili parametri di progetto la cui modulazione potrebbe risultare di interesse nel calcolo del rischio cumulato complessivo.

## 15 Allegato II Dettaglio scenari di pericolo

Successivamente sono riportati i macro scenari per cui sono state effettuate un numero variabile tra 100 e 2000 di simulazioni con il metodo Monte Carlo finalizzate alla determinazione della funzione di distribuzione relativa alle conseguenze mediante il teorema di Bayes.

### Incendio

	Source	Detection	Communications	Ventilation	Lighting	Suppression	Other train	EV Probability
1	PT-5MW p=0,71231	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
2	PT-5MW p=0,71231	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0
3	PT-5MW p=0,71231	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	0
4	PT-5MW p=0,71231	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0
5	PT-5MW p=0,71231	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
6	PT-5MW p=0,71231	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0
7	PT-5MW p=0,71231	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	0
8	PT-5MW p=0,71231	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	0
9	PT-5MW p=0,71231	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0,046447
10	PT-5MW p=0,71231	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0,418021
11	PT-5MW p=0,71231	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	0,008196
12	PT-5MW p=0,71231	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0,073768
13	PT-5MW p=0,71231	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0,002445
14	PT-5MW p=0,71231	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0,022001
15	PT-5MW p=0,71231	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	0,000431
16	PT-5MW p=0,71231	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	0,003883
17	PT-5MW p=0,71231	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
18	PT-5MW p=0,71231	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0
19	PT-5MW p=0,71231	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	0
20	PT-5MW p=0,71231	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0
21	PT-5MW p=0,71231	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
22	PT-5MW p=0,71231	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0
23	PT-5MW p=0,71231	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	0
24	PT-5MW p=0,71231	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	0
25	PT-5MW p=0,71231	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0,002445
26	PT-5MW p=0,71231	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0,022001
27	PT-5MW p=0,71231	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	0,000431
28	PT-5MW p=0,71231	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0,003883
29	PT-5MW p=0,71231	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0,000129
30	PT-5MW p=0,71231	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0,001158

31	PT-5MW p=0,71231	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	2,27E-05
32	PT-5MW p=0,71231	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	0,000204
33	PT-5MW p=0,71231	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
34	PT-5MW p=0,71231	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0
35	PT-5MW p=0,71231	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	0
36	PT-5MW p=0,71231	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0
37	PT-5MW p=0,71231	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
38	PT-5MW p=0,71231	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0
39	PT-5MW p=0,71231	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	0
40	PT-5MW p=0,71231	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	0
41	PT-5MW p=0,71231	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0,008196
42	PT-5MW p=0,71231	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0,073768
43	PT-5MW p=0,71231	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	0,001446
44	PT-5MW p=0,71231	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0,013018
45	PT-5MW p=0,71231	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0,000431
46	PT-5MW p=0,71231	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0,003883
47	PT-5MW p=0,71231	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	7,61E-05
48	PT-5MW p=0,71231	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	0,000685
49	PT-5MW p=0,71231	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
50	PT-5MW p=0,71231	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0
51	PT-5MW p=0,71231	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	0
52	PT-5MW p=0,71231	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0
53	PT-5MW p=0,71231	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
54	PT-5MW p=0,71231	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0
55	PT-5MW p=0,71231	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	0
56	PT-5MW p=0,71231	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	0
57	PT-5MW p=0,71231	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0,000431
58	PT-5MW p=0,71231	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0,003883
59	PT-5MW p=0,71231	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	7,61E-05
60	PT-5MW p=0,71231	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0,000685
61	PT-5MW p=0,71231	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	2,27E-05
62	PT-5MW p=0,71231	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0,000204
63	PT-5MW p=0,71231	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	4,01E-06
64	PT-5MW p=0,71231	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	3,61E-05
65	PT-10MW p=0,1392	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
66	PT-10MW p=0,1392	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0
67	PT-10MW p=0,1392	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	0
68	PT-10MW p=0,1392	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0
69	PT-10MW p=0,1392	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
70	PT-10MW p=0,1392	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0
71	PT-10MW p=0,1392	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	0



72	PT-10MW p=0,1392	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	0
73	PT-10MW p=0,1392	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0,009077
74	PT-10MW p=0,1392	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0,08169
75	PT-10MW p=0,1392	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	0,001602
76	PT-10MW p=0,1392	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0,014416
77	PT-10MW p=0,1392	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0,000478
78	PT-10MW p=0,1392	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0,004299
79	PT-10MW p=0,1392	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	8,43E-05
80	PT-10MW p=0,1392	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	0,000759
81	PT-10MW p=0,1392	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
82	PT-10MW p=0,1392	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0
83	PT-10MW p=0,1392	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	0
84	PT-10MW p=0,1392	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0
85	PT-10MW p=0,1392	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
86	PT-10MW p=0,1392	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0
87	PT-10MW p=0,1392	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	0
88	PT-10MW p=0,1392	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	0
89	PT-10MW p=0,1392	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0,000478
90	PT-10MW p=0,1392	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0,004299
91	PT-10MW p=0,1392	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	8,43E-05
92	PT-10MW p=0,1392	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0,000759
93	PT-10MW p=0,1392	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	2,51E-05
94	PT-10MW p=0,1392	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0,000226
95	PT-10MW p=0,1392	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	4,44E-06
96	PT-10MW p=0,1392	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	3,99E-05
97	PT-10MW p=0,1392	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
98	PT-10MW p=0,1392	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0
99	PT-10MW p=0,1392	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	0
100	PT-10MW p=0,1392	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0
101	PT-10MW p=0,1392	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
102	PT-10MW p=0,1392	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0
103	PT-10MW p=0,1392	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	0
104	PT-10MW p=0,1392	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	0
105	PT-10MW p=0,1392	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0,001602
106	PT-10MW p=0,1392	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0,014416
107	PT-10MW p=0,1392	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	0,000283
108	PT-10MW p=0,1392	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0,002544
109	PT-10MW p=0,1392	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	8,43E-05
110	PT-10MW p=0,1392	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0,000759
111	PT-10MW p=0,1392	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	1,49E-05
112	PT-10MW p=0,1392	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	0,000134

113	PT-10MW p=0,1392	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
114	PT-10MW p=0,1392	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0
115	PT-10MW p=0,1392	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	0
116	PT-10MW p=0,1392	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0
117	PT-10MW p=0,1392	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
118	PT-10MW p=0,1392	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0
119	PT-10MW p=0,1392	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	0
120	PT-10MW p=0,1392	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	0
121	PT-10MW p=0,1392	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	8,43E-05
122	PT-10MW p=0,1392	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0,000759
123	PT-10MW p=0,1392	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	1,49E-05
124	PT-10MW p=0,1392	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0,000134
125	PT-10MW p=0,1392	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	4,44E-06
126	PT-10MW p=0,1392	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	3,99E-05
127	PT-10MW p=0,1392	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	7,8E-07
128	PT-10MW p=0,1392	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	7,05E-06
129	GT-30MW p=0,058	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
130	GT-30MW p=0,058	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0
131	GT-30MW p=0,058	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	0
132	GT-30MW p=0,058	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0
133	GT-30MW p=0,058	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
134	GT-30MW p=0,058	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0
135	GT-30MW p=0,058	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	0
136	GT-30MW p=0,058	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	0
137	GT-30MW p=0,058	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0,003782
138	GT-30MW p=0,058	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0,034037
139	GT-30MW p=0,058	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	0,000667
140	GT-30MW p=0,058	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0,006007
141	GT-30MW p=0,058	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0,000199
142	GT-30MW p=0,058	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0,001791
143	GT-30MW p=0,058	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	3,51E-05
144	GT-30MW p=0,058	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	0,000316
145	GT-30MW p=0,058	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
146	GT-30MW p=0,058	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0
147	GT-30MW p=0,058	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	0
148	GT-30MW p=0,058	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0
149	GT-30MW p=0,058	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
150	GT-30MW p=0,058	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0
151	GT-30MW p=0,058	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	0
152	GT-30MW p=0,058	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	0
153	GT-30MW p=0,058	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0,000199

154	GT-30MW p=0,058	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0,001791
155	GT-30MW p=0,058	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	3,51E-05
156	GT-30MW p=0,058	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0,000316
157	GT-30MW p=0,058	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	1,05E-05
158	GT-30MW p=0,058	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	9,43E-05
159	GT-30MW p=0,058	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	1,85E-06
160	GT-30MW p=0,058	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	1,66E-05
161	GT-30MW p=0,058	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
162	GT-30MW p=0,058	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0
163	GT-30MW p=0,058	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	0
164	GT-30MW p=0,058	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0
165	GT-30MW p=0,058	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
166	GT-30MW p=0,058	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0
167	GT-30MW p=0,058	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	0
168	GT-30MW p=0,058	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	0
169	GT-30MW p=0,058	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0,000667
170	GT-30MW p=0,058	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0,006007
171	GT-30MW p=0,058	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	0,000118
172	GT-30MW p=0,058	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0,00106
173	GT-30MW p=0,058	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	3,51E-05
174	GT-30MW p=0,058	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0,000316
175	GT-30MW p=0,058	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	6,2E-06
176	GT-30MW p=0,058	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	5,58E-05
177	GT-30MW p=0,058	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
178	GT-30MW p=0,058	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0
179	GT-30MW p=0,058	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	0
180	GT-30MW p=0,058	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0
181	GT-30MW p=0,058	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
182	GT-30MW p=0,058	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0
183	GT-30MW p=0,058	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	0
184	GT-30MW p=0,058	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	0
185	GT-30MW p=0,058	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	3,51E-05
186	GT-30MW p=0,058	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0,000316
187	GT-30MW p=0,058	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	6,2E-06
188	GT-30MW p=0,058	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	5,58E-05
189	GT-30MW p=0,058	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	1,85E-06
190	GT-30MW p=0,058	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	1,66E-05
191	GT-30MW p=0,058	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	3,3E-07
192	GT-30MW p=0,058	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	2,94E-06
193	GT-50MW p=0,0232	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
194	GT-50MW p=0,0232	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0

195	GT-50MW p=0,0232	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	0
196	GT-50MW p=0,0232	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0
197	GT-50MW p=0,0232	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
198	GT-50MW p=0,0232	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0
199	GT-50MW p=0,0232	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	0
200	GT-50MW p=0,0232	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	0
201	GT-50MW p=0,0232	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0,001513
202	GT-50MW p=0,0232	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0,013615
203	GT-50MW p=0,0232	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	0,000267
204	GT-50MW p=0,0232	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0,002403
205	GT-50MW p=0,0232	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	7,96E-05
206	GT-50MW p=0,0232	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0,000717
207	GT-50MW p=0,0232	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	1,41E-05
208	GT-50MW p=0,0232	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	0,000126
209	GT-50MW p=0,0232	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
210	GT-50MW p=0,0232	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0
211	GT-50MW p=0,0232	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	0
212	GT-50MW p=0,0232	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0
213	GT-50MW p=0,0232	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
214	GT-50MW p=0,0232	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0
215	GT-50MW p=0,0232	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	0
216	GT-50MW p=0,0232	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	0
217	GT-50MW p=0,0232	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	7,96E-05
218	GT-50MW p=0,0232	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0,000717
219	GT-50MW p=0,0232	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	1,41E-05
220	GT-50MW p=0,0232	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0,000126
221	GT-50MW p=0,0232	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	4,19E-06
222	GT-50MW p=0,0232	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	3,77E-05
223	GT-50MW p=0,0232	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	7,4E-07
224	GT-50MW p=0,0232	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	6,66E-06
225	GT-50MW p=0,0232	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
226	GT-50MW p=0,0232	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0
227	GT-50MW p=0,0232	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	0
228	GT-50MW p=0,0232	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0
229	GT-50MW p=0,0232	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
230	GT-50MW p=0,0232	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0
231	GT-50MW p=0,0232	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	0
232	GT-50MW p=0,0232	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	0
233	GT-50MW p=0,0232	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0,000267
234	GT-50MW p=0,0232	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0,002403
235	GT-50MW p=0,0232	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	4,71E-05





236	GT-50MW p=0,0232	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0,000424
237	GT-50MW p=0,0232	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	1,41E-05
238	GT-50MW p=0,0232	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0,000126
239	GT-50MW p=0,0232	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	2,48E-06
240	GT-50MW p=0,0232	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	2,23E-05
241	GT-50MW p=0,0232	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
242	GT-50MW p=0,0232	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0
243	GT-50MW p=0,0232	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	0
244	GT-50MW p=0,0232	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0
245	GT-50MW p=0,0232	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
246	GT-50MW p=0,0232	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0
247	GT-50MW p=0,0232	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	0
248	GT-50MW p=0,0232	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	0
249	GT-50MW p=0,0232	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	1,41E-05
250	GT-50MW p=0,0232	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0,000126
251	GT-50MW p=0,0232	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	2,48E-06
252	GT-50MW p=0,0232	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	2,23E-05
253	GT-50MW p=0,0232	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	7,4E-07
254	GT-50MW p=0,0232	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	6,66E-06
255	GT-50MW p=0,0232	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	1,3E-07
256	GT-50MW p=0,0232	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	1,17E-06
257	GT-100MW p=0,00928	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
258	GT-100MW p=0,00928	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0
259	GT-100MW p=0,00928	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	0
260	GT-100MW p=0,00928	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0
261	GT-100MW p=0,00928	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
262	GT-100MW p=0,00928	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0
263	GT-100MW p=0,00928	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	0
264	GT-100MW p=0,00928	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	0
265	GT-100MW p=0,00928	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0,000605
266	GT-100MW p=0,00928	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0,005446
267	GT-100MW p=0,00928	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	0,000107
268	GT-100MW p=0,00928	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0,000961
269	GT-100MW p=0,00928	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	3,19E-05
270	GT-100MW p=0,00928	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0,000287
271	GT-100MW p=0,00928	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	5,62E-06
272	GT-100MW p=0,00928	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	5,06E-05
273	GT-100MW p=0,00928	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
274	GT-100MW p=0,00928	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0
275	GT-100MW p=0,00928	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	0
276	GT-100MW p=0,00928	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0



277	GT-100MW p=0,00928	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
278	GT-100MW p=0,00928	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0
279	GT-100MW p=0,00928	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	0
280	GT-100MW p=0,00928	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	0
281	GT-100MW p=0,00928	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	3,19E-05
282	GT-100MW p=0,00928	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0,000287
283	GT-100MW p=0,00928	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	5,62E-06
284	GT-100MW p=0,00928	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	5,06E-05
285	GT-100MW p=0,00928	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	1,68E-06
286	GT-100MW p=0,00928	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	1,51E-05
287	GT-100MW p=0,00928	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	3E-07
288	GT-100MW p=0,00928	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	2,66E-06
289	GT-100MW p=0,00928	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
290	GT-100MW p=0,00928	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0
291	GT-100MW p=0,00928	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	0
292	GT-100MW p=0,00928	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0
293	GT-100MW p=0,00928	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
294	GT-100MW p=0,00928	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0
295	GT-100MW p=0,00928	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	0
296	GT-100MW p=0,00928	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	0
297	GT-100MW p=0,00928	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0,000107
298	GT-100MW p=0,00928	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0,000961
299	GT-100MW p=0,00928	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	1,88E-05
300	GT-100MW p=0,00928	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0,00017
301	GT-100MW p=0,00928	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	5,62E-06
302	GT-100MW p=0,00928	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	5,06E-05
303	GT-100MW p=0,00928	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	9,9E-07
304	GT-100MW p=0,00928	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	8,93E-06
305	GT-100MW p=0,00928	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
306	GT-100MW p=0,00928	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0
307	GT-100MW p=0,00928	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	0
308	GT-100MW p=0,00928	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0
309	GT-100MW p=0,00928	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
310	GT-100MW p=0,00928	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0
311	GT-100MW p=0,00928	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	0
312	GT-100MW p=0,00928	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	0
313	GT-100MW p=0,00928	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	5,62E-06
314	GT-100MW p=0,00928	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	5,06E-05
315	GT-100MW p=0,00928	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	9,9E-07
316	GT-100MW p=0,00928	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	8,93E-06
317	GT-100MW p=0,00928	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	3E-07



318	GT-100MW p=0,00928	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	2,66E-06
319	GT-100MW p=0,00928	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	5E-08
320	GT-100MW p=0,00928	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	4,7E-07
321	DGT-Fire p=0,00086	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
322	DGT-Fire p=0,00086	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0
323	DGT-Fire p=0,00086	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	0
324	DGT-Fire p=0,00086	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0
325	DGT-Fire p=0,00086	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
326	DGT-Fire p=0,00086	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0
327	DGT-Fire p=0,00086	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	0
328	DGT-Fire p=0,00086	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	0
329	DGT-Fire p=0,00086	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	5,62E-05
330	DGT-Fire p=0,00086	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0,000505
331	DGT-Fire p=0,00086	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	9,91E-06
332	DGT-Fire p=0,00086	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	8,92E-05
333	DGT-Fire p=0,00086	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	2,96E-06
334	DGT-Fire p=0,00086	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	2,66E-05
335	DGT-Fire p=0,00086	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	5,2E-07
336	DGT-Fire p=0,00086	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	4,69E-06
337	DGT-Fire p=0,00086	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
338	DGT-Fire p=0,00086	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0
339	DGT-Fire p=0,00086	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	0
340	DGT-Fire p=0,00086	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0
341	DGT-Fire p=0,00086	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
342	DGT-Fire p=0,00086	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0
343	DGT-Fire p=0,00086	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	0
344	DGT-Fire p=0,00086	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	0
345	DGT-Fire p=0,00086	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	2,96E-06
346	DGT-Fire p=0,00086	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	2,66E-05
347	DGT-Fire p=0,00086	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	5,2E-07
348	DGT-Fire p=0,00086	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	4,69E-06
349	DGT-Fire p=0,00086	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	1,6E-07
350	DGT-Fire p=0,00086	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	1,4E-06
351	DGT-Fire p=0,00086	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	3E-08
352	DGT-Fire p=0,00086	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	2,5E-07
353	DGT-Fire p=0,00086	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
354	DGT-Fire p=0,00086	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0
355	DGT-Fire p=0,00086	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	0
356	DGT-Fire p=0,00086	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0
357	DGT-Fire p=0,00086	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
358	DGT-Fire p=0,00086	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0

359	DGT-Fire p=0,00086	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	0
360	DGT-Fire p=0,00086	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	0
361	DGT-Fire p=0,00086	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	9,91E-06
362	DGT-Fire p=0,00086	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	8,92E-05
363	DGT-Fire p=0,00086	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	1,75E-06
364	DGT-Fire p=0,00086	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	1,57E-05
365	DGT-Fire p=0,00086	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	5,2E-07
366	DGT-Fire p=0,00086	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	4,69E-06
367	DGT-Fire p=0,00086	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	9E-08
368	DGT-Fire p=0,00086	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	8,3E-07
369	DGT-Fire p=0,00086	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
370	DGT-Fire p=0,00086	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0
371	DGT-Fire p=0,00086	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	0
372	DGT-Fire p=0,00086	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0
373	DGT-Fire p=0,00086	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
374	DGT-Fire p=0,00086	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0
375	DGT-Fire p=0,00086	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	0
376	DGT-Fire p=0,00086	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	0
377	DGT-Fire p=0,00086	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	5,2E-07
378	DGT-Fire p=0,00086	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	4,69E-06
379	DGT-Fire p=0,00086	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	9E-08
380	DGT-Fire p=0,00086	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	8,3E-07
381	DGT-Fire p=0,00086	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	3E-08
382	DGT-Fire p=0,00086	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	2,5E-07
383	DGT-Fire p=0,00086	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	0
384	DGT-Fire p=0,00086	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	4E-08
385	DGT-Toxic p=0,0006	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
386	DGT-Toxic p=0,0006	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0
387	DGT-Toxic p=0,0006	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	0
388	DGT-Toxic p=0,0006	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0
389	DGT-Toxic p=0,0006	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
390	DGT-Toxic p=0,0006	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0
391	DGT-Toxic p=0,0006	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	0
392	DGT-Toxic p=0,0006	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	0
393	DGT-Toxic p=0,0006	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	3,89E-05
394	DGT-Toxic p=0,0006	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0,00035
395	DGT-Toxic p=0,0006	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	6,86E-06
396	DGT-Toxic p=0,0006	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	6,17E-05
397	DGT-Toxic p=0,0006	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	2,05E-06
398	DGT-Toxic p=0,0006	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	1,84E-05
399	DGT-Toxic p=0,0006	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	3,6E-07



400	DGT-Toxic p=0,0006	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	3,25E-06
401	DGT-Toxic p=0,0006	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
402	DGT-Toxic p=0,0006	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0
403	DGT-Toxic p=0,0006	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	0
404	DGT-Toxic p=0,0006	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0
405	DGT-Toxic p=0,0006	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
406	DGT-Toxic p=0,0006	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0
407	DGT-Toxic p=0,0006	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	0
408	DGT-Toxic p=0,0006	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	0
409	DGT-Toxic p=0,0006	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	2,05E-06
410	DGT-Toxic p=0,0006	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	1,84E-05
411	DGT-Toxic p=0,0006	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	3,6E-07
412	DGT-Toxic p=0,0006	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	3,25E-06
413	DGT-Toxic p=0,0006	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	1,1E-07
414	DGT-Toxic p=0,0006	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	9,7E-07
415	DGT-Toxic p=0,0006	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	2E-08
416	DGT-Toxic p=0,0006	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	1,7E-07
417	DGT-Toxic p=0,0006	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
418	DGT-Toxic p=0,0006	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0
419	DGT-Toxic p=0,0006	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	0
420	DGT-Toxic p=0,0006	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0
421	DGT-Toxic p=0,0006	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
422	DGT-Toxic p=0,0006	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0
423	DGT-Toxic p=0,0006	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	0
424	DGT-Toxic p=0,0006	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	0
425	DGT-Toxic p=0,0006	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	6,86E-06
426	DGT-Toxic p=0,0006	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	6,17E-05
427	DGT-Toxic p=0,0006	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	1,21E-06
428	DGT-Toxic p=0,0006	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	1,09E-05
429	DGT-Toxic p=0,0006	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	3,6E-07
430	DGT-Toxic p=0,0006	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	3,25E-06
431	DGT-Toxic p=0,0006	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	6E-08
432	DGT-Toxic p=0,0006	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	5,7E-07
433	DGT-Toxic p=0,0006	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
434	DGT-Toxic p=0,0006	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0
435	DGT-Toxic p=0,0006	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	0
436	DGT-Toxic p=0,0006	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0
437	DGT-Toxic p=0,0006	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
438	DGT-Toxic p=0,0006	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0
439	DGT-Toxic p=0,0006	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	0
440	DGT-Toxic p=0,0006	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	0

441	DGT-Toxic p=0,0006	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	3,6E-07
442	DGT-Toxic p=0,0006	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	3,25E-06
443	DGT-Toxic p=0,0006	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	6E-08
444	DGT-Toxic p=0,0006	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	5,7E-07
445	DGT-Toxic p=0,0006	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	2E-08
446	DGT-Toxic p=0,0006	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	1,7E-07
447	DGT-Toxic p=0,0006	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	0
448	DGT-Toxic p=0,0006	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	3E-08
449	DGT-Explosion p=0,00046	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
450	DGT-Explosion p=0,00046	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0
451	DGT-Explosion p=0,00046	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	0
452	DGT-Explosion p=0,00046	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0
453	DGT-Explosion p=0,00046	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
454	DGT-Explosion p=0,00046	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0
455	DGT-Explosion p=0,00046	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	0
456	DGT-Explosion p=0,00046	Yes p=0,85	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	0
457	DGT-Explosion p=0,00046	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	3,02E-05
458	DGT-Explosion p=0,00046	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0,000272
459	DGT-Explosion p=0,00046	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	5,33E-06
460	DGT-Explosion p=0,00046	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	4,79E-05
461	DGT-Explosion p=0,00046	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	1,59E-06
462	DGT-Explosion p=0,00046	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	1,43E-05
463	DGT-Explosion p=0,00046	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	2,8E-07
464	DGT-Explosion p=0,00046	Yes p=0,85	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	2,52E-06
465	DGT-Explosion p=0,00046	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
466	DGT-Explosion p=0,00046	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0
467	DGT-Explosion p=0,00046	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	0
468	DGT-Explosion p=0,00046	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0
469	DGT-Explosion p=0,00046	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
470	DGT-Explosion p=0,00046	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0
471	DGT-Explosion p=0,00046	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	0
472	DGT-Explosion p=0,00046	Yes p=0,85	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	0
473	DGT-Explosion p=0,00046	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	1,59E-06
474	DGT-Explosion p=0,00046	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	1,43E-05
475	DGT-Explosion p=0,00046	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	2,8E-07
476	DGT-Explosion p=0,00046	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	2,52E-06
477	DGT-Explosion p=0,00046	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	8E-08
478	DGT-Explosion p=0,00046	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	7,5E-07
479	DGT-Explosion p=0,00046	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	1E-08
480	DGT-Explosion p=0,00046	Yes p=0,85	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	1,3E-07
481	DGT-Explosion p=0,00046	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0



482	DGT-Explosion p=0,00046	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0
483	DGT-Explosion p=0,00046	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	0
484	DGT-Explosion p=0,00046	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0
485	DGT-Explosion p=0,00046	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
486	DGT-Explosion p=0,00046	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0
487	DGT-Explosion p=0,00046	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	0
488	DGT-Explosion p=0,00046	No p=0,15	Yes p=0,95	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	0
489	DGT-Explosion p=0,00046	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	5,33E-06
490	DGT-Explosion p=0,00046	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	4,79E-05
491	DGT-Explosion p=0,00046	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	9,4E-07
492	DGT-Explosion p=0,00046	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	8,46E-06
493	DGT-Explosion p=0,00046	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	2,8E-07
494	DGT-Explosion p=0,00046	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	2,52E-06
495	DGT-Explosion p=0,00046	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	5E-08
496	DGT-Explosion p=0,00046	No p=0,15	Yes p=0,95	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	4,5E-07
497	DGT-Explosion p=0,00046	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
498	DGT-Explosion p=0,00046	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	0
499	DGT-Explosion p=0,00046	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	0
500	DGT-Explosion p=0,00046	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	0
501	DGT-Explosion p=0,00046	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	0
502	DGT-Explosion p=0,00046	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	0
503	DGT-Explosion p=0,00046	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	0
504	DGT-Explosion p=0,00046	No p=0,15	No p=0,05	Yes p=0	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	0
505	DGT-Explosion p=0,00046	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	Yes p=0,1	2,8E-07
506	DGT-Explosion p=0,00046	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	Yes p=0,85	No p=0,9	2,52E-06
507	DGT-Explosion p=0,00046	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	Yes p=0,1	5E-08
508	DGT-Explosion p=0,00046	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	Yes p=0,95	No p=0,15	No p=0,9	4,5E-07
509	DGT-Explosion p=0,00046	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	Yes p=0,1	1E-08
510	DGT-Explosion p=0,00046	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	Yes p=0,85	No p=0,9	1,3E-07
511	DGT-Explosion p=0,00046	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	Yes p=0,1	0
512	DGT-Explosion p=0,00046	No p=0,15	No p=0,05	No p=1	No p=0,05	No p=0,15	No p=0,9	2E-08

## Collisione

	Train	Safety systems	Passengers	Other Train	Fire-Release-Explosion	EV Probability
1	TP-Vc < 100 km/h p=0,71231	Yes p=0,85	Yes p=0,7	Yes p=0,05	Yes p=0,03	0,000636
2	TP-Vc < 100 km/h p=0,71231	Yes p=0,85	Yes p=0,7	Yes p=0,05	No p=0,97	0,020556
3	TP-Vc < 100 km/h p=0,71231	Yes p=0,85	Yes p=0,7	No p=0,95	Yes p=0,03	0,012079
4	TP-Vc < 100 km/h p=0,71231	Yes p=0,85	Yes p=0,7	No p=0,95	No p=0,97	0,390556
5	TP-Vc < 100 km/h p=0,71231	Yes p=0,85	No p=0,3	Yes p=0,05	Yes p=0,03	0,000272
6	TP-Vc < 100 km/h p=0,71231	Yes p=0,85	No p=0,3	Yes p=0,05	No p=0,97	0,00881
7	TP-Vc < 100 km/h p=0,71231	Yes p=0,85	No p=0,3	No p=0,95	Yes p=0,03	0,005177
8	TP-Vc < 100 km/h p=0,71231	Yes p=0,85	No p=0,3	No p=0,95	No p=0,97	0,167381
9	TP-Vc < 100 km/h p=0,71231	No p=0,15	Yes p=0,7	Yes p=0,05	Yes p=0,03	0,000112
10	TP-Vc < 100 km/h p=0,71231	No p=0,15	Yes p=0,7	Yes p=0,05	No p=0,97	0,003627
11	TP-Vc < 100 km/h p=0,71231	No p=0,15	Yes p=0,7	No p=0,95	Yes p=0,03	0,002132
12	TP-Vc < 100 km/h p=0,71231	No p=0,15	Yes p=0,7	No p=0,95	No p=0,97	0,068922
13	TP-Vc < 100 km/h p=0,71231	No p=0,15	No p=0,3	Yes p=0,05	Yes p=0,03	4,81E-05
14	TP-Vc < 100 km/h p=0,71231	No p=0,15	No p=0,3	Yes p=0,05	No p=0,97	0,001555
15	TP-Vc < 100 km/h p=0,71231	No p=0,15	No p=0,3	No p=0,95	Yes p=0,03	0,000914
16	TP-Vc < 100 km/h p=0,71231	No p=0,15	No p=0,3	No p=0,95	No p=0,97	0,029538
17	TP-Vc > 100 km/h p=0,1392	Yes p=0,85	Yes p=0,7	Yes p=0,05	Yes p=0,03	0,000124
18	TP-Vc > 100 km/h p=0,1392	Yes p=0,85	Yes p=0,7	Yes p=0,05	No p=0,97	0,004017
19	TP-Vc > 100 km/h p=0,1392	Yes p=0,85	Yes p=0,7	No p=0,95	Yes p=0,03	0,00236
20	TP-Vc > 100 km/h p=0,1392	Yes p=0,85	Yes p=0,7	No p=0,95	No p=0,97	0,076322
21	TP-Vc > 100 km/h p=0,1392	Yes p=0,85	No p=0,3	Yes p=0,05	Yes p=0,03	5,32E-05
22	TP-Vc > 100 km/h p=0,1392	Yes p=0,85	No p=0,3	Yes p=0,05	No p=0,97	0,001722
23	TP-Vc > 100 km/h p=0,1392	Yes p=0,85	No p=0,3	No p=0,95	Yes p=0,03	0,001012
24	TP-Vc > 100 km/h p=0,1392	Yes p=0,85	No p=0,3	No p=0,95	No p=0,97	0,03271
25	TP-Vc > 100 km/h p=0,1392	No p=0,15	Yes p=0,7	Yes p=0,05	Yes p=0,03	2,19E-05
26	TP-Vc > 100 km/h p=0,1392	No p=0,15	Yes p=0,7	Yes p=0,05	No p=0,97	0,000709
27	TP-Vc > 100 km/h p=0,1392	No p=0,15	Yes p=0,7	No p=0,95	Yes p=0,03	0,000417
28	TP-Vc > 100 km/h p=0,1392	No p=0,15	Yes p=0,7	No p=0,95	No p=0,97	0,013469
29	TP-Vc > 100 km/h p=0,1392	No p=0,15	No p=0,3	Yes p=0,05	Yes p=0,03	9,4E-06
30	TP-Vc > 100 km/h p=0,1392	No p=0,15	No p=0,3	Yes p=0,05	No p=0,97	0,000304
31	TP-Vc > 100 km/h p=0,1392	No p=0,15	No p=0,3	No p=0,95	Yes p=0,03	0,000179
32	TP-Vc > 100 km/h p=0,1392	No p=0,15	No p=0,3	No p=0,95	No p=0,97	0,005772
33	TM-Vc < 100 km/h p=0,058	Yes p=0,85	Yes p=0,7	Yes p=0,05	Yes p=0,1	0,000173
34	TM-Vc < 100 km/h p=0,058	Yes p=0,85	Yes p=0,7	Yes p=0,05	No p=0,9	0,001553
35	TM-Vc < 100 km/h p=0,058	Yes p=0,85	Yes p=0,7	No p=0,95	Yes p=0,1	0,003278
36	TM-Vc < 100 km/h p=0,058	Yes p=0,85	Yes p=0,7	No p=0,95	No p=0,9	0,029506
37	TM-Vc < 100 km/h p=0,058	Yes p=0,85	No p=0,3	Yes p=0,05	Yes p=0,1	7,4E-05



38	TM-Vc < 100 km/h p=0,058	Yes p=0,85	No p=0,3	Yes p=0,05	No p=0,9	0,000666
39	TM-Vc < 100 km/h p=0,058	Yes p=0,85	No p=0,3	No p=0,95	Yes p=0,1	0,001405
40	TM-Vc < 100 km/h p=0,058	Yes p=0,85	No p=0,3	No p=0,95	No p=0,9	0,012645
41	TM-Vc < 100 km/h p=0,058	No p=0,15	Yes p=0,7	Yes p=0,05	Yes p=0,1	3,05E-05
42	TM-Vc < 100 km/h p=0,058	No p=0,15	Yes p=0,7	Yes p=0,05	No p=0,9	0,000274
43	TM-Vc < 100 km/h p=0,058	No p=0,15	Yes p=0,7	No p=0,95	Yes p=0,1	0,000579
44	TM-Vc < 100 km/h p=0,058	No p=0,15	Yes p=0,7	No p=0,95	No p=0,9	0,005207
45	TM-Vc < 100 km/h p=0,058	No p=0,15	No p=0,3	Yes p=0,05	Yes p=0,1	1,31E-05
46	TM-Vc < 100 km/h p=0,058	No p=0,15	No p=0,3	Yes p=0,05	No p=0,9	0,000117
47	TM-Vc < 100 km/h p=0,058	No p=0,15	No p=0,3	No p=0,95	Yes p=0,1	0,000248
48	TM-Vc < 100 km/h p=0,058	No p=0,15	No p=0,3	No p=0,95	No p=0,9	0,002232
49	TM-Vc > 100 km/h p=0,0232	Yes p=0,85	Yes p=0,7	Yes p=0,05	Yes p=0,1	6,9E-05
50	TM-Vc > 100 km/h p=0,0232	Yes p=0,85	Yes p=0,7	Yes p=0,05	No p=0,9	0,000621
51	TM-Vc > 100 km/h p=0,0232	Yes p=0,85	Yes p=0,7	No p=0,95	Yes p=0,1	0,001311
52	TM-Vc > 100 km/h p=0,0232	Yes p=0,85	Yes p=0,7	No p=0,95	No p=0,9	0,011802
53	TM-Vc > 100 km/h p=0,0232	Yes p=0,85	No p=0,3	Yes p=0,05	Yes p=0,1	2,96E-05
54	TM-Vc > 100 km/h p=0,0232	Yes p=0,85	No p=0,3	Yes p=0,05	No p=0,9	0,000266
55	TM-Vc > 100 km/h p=0,0232	Yes p=0,85	No p=0,3	No p=0,95	Yes p=0,1	0,000562
56	TM-Vc > 100 km/h p=0,0232	Yes p=0,85	No p=0,3	No p=0,95	No p=0,9	0,005058
57	TM-Vc > 100 km/h p=0,0232	No p=0,15	Yes p=0,7	Yes p=0,05	Yes p=0,1	1,22E-05
58	TM-Vc > 100 km/h p=0,0232	No p=0,15	Yes p=0,7	Yes p=0,05	No p=0,9	0,00011
59	TM-Vc > 100 km/h p=0,0232	No p=0,15	Yes p=0,7	No p=0,95	Yes p=0,1	0,000231
60	TM-Vc > 100 km/h p=0,0232	No p=0,15	Yes p=0,7	No p=0,95	No p=0,9	0,002083
61	TM-Vc > 100 km/h p=0,0232	No p=0,15	No p=0,3	Yes p=0,05	Yes p=0,1	5,22E-06
62	TM-Vc > 100 km/h p=0,0232	No p=0,15	No p=0,3	Yes p=0,05	No p=0,9	4,7E-05
63	TM-Vc > 100 km/h p=0,0232	No p=0,15	No p=0,3	No p=0,95	Yes p=0,1	9,92E-05
64	TM-Vc > 100 km/h p=0,0232	No p=0,15	No p=0,3	No p=0,95	No p=0,9	0,000893

## Deragliamento

	Train	Safety systems	Passengers	Other Train	Fire-Release-Explosion	EV Probability
1	TP-Vd < 100 km/h p=0,71231	Yes p=0,95	Yes p=0,7	Yes p=0,05	Yes p=0,03	0,000711
2	TP-Vd < 100 km/h p=0,71231	Yes p=0,95	Yes p=0,7	Yes p=0,05	No p=0,97	0,022974
3	TP-Vd < 100 km/h p=0,71231	Yes p=0,95	Yes p=0,7	No p=0,95	Yes p=0,03	0,0135
4	TP-Vd < 100 km/h p=0,71231	Yes p=0,95	Yes p=0,7	No p=0,95	No p=0,97	0,436503
5	TP-Vd < 100 km/h p=0,71231	Yes p=0,95	No p=0,3	Yes p=0,05	Yes p=0,03	0,000305
6	TP-Vd < 100 km/h p=0,71231	Yes p=0,95	No p=0,3	Yes p=0,05	No p=0,97	0,009846
7	TP-Vd < 100 km/h p=0,71231	Yes p=0,95	No p=0,3	No p=0,95	Yes p=0,03	0,005786
8	TP-Vd < 100 km/h p=0,71231	Yes p=0,95	No p=0,3	No p=0,95	No p=0,97	0,187073
9	TP-Vd < 100 km/h p=0,71231	No p=0,05	Yes p=0,7	Yes p=0,05	Yes p=0,03	3,74E-05
10	TP-Vd < 100 km/h p=0,71231	No p=0,05	Yes p=0,7	Yes p=0,05	No p=0,97	0,001209
11	TP-Vd < 100 km/h p=0,71231	No p=0,05	Yes p=0,7	No p=0,95	Yes p=0,03	0,000711
12	TP-Vd < 100 km/h p=0,71231	No p=0,05	Yes p=0,7	No p=0,95	No p=0,97	0,022974
13	TP-Vd < 100 km/h p=0,71231	No p=0,05	No p=0,3	Yes p=0,05	Yes p=0,03	1,6E-05
14	TP-Vd < 100 km/h p=0,71231	No p=0,05	No p=0,3	Yes p=0,05	No p=0,97	0,000518
15	TP-Vd < 100 km/h p=0,71231	No p=0,05	No p=0,3	No p=0,95	Yes p=0,03	0,000305
16	TP-Vd < 100 km/h p=0,71231	No p=0,05	No p=0,3	No p=0,95	No p=0,97	0,009846
17	TP-Vd > 100 km/h p=0,1392	Yes p=0,95	Yes p=0,7	Yes p=0,05	Yes p=0,03	0,000139
18	TP-Vd > 100 km/h p=0,1392	Yes p=0,95	Yes p=0,7	Yes p=0,05	No p=0,97	0,00449
19	TP-Vd > 100 km/h p=0,1392	Yes p=0,95	Yes p=0,7	No p=0,95	Yes p=0,03	0,002638
20	TP-Vd > 100 km/h p=0,1392	Yes p=0,95	Yes p=0,7	No p=0,95	No p=0,97	0,085301
21	TP-Vd > 100 km/h p=0,1392	Yes p=0,95	No p=0,3	Yes p=0,05	Yes p=0,03	5,95E-05
22	TP-Vd > 100 km/h p=0,1392	Yes p=0,95	No p=0,3	Yes p=0,05	No p=0,97	0,001924
23	TP-Vd > 100 km/h p=0,1392	Yes p=0,95	No p=0,3	No p=0,95	Yes p=0,03	0,001131
24	TP-Vd > 100 km/h p=0,1392	Yes p=0,95	No p=0,3	No p=0,95	No p=0,97	0,036558
25	TP-Vd > 100 km/h p=0,1392	No p=0,05	Yes p=0,7	Yes p=0,05	Yes p=0,03	7,31E-06
26	TP-Vd > 100 km/h p=0,1392	No p=0,05	Yes p=0,7	Yes p=0,05	No p=0,97	0,000236
27	TP-Vd > 100 km/h p=0,1392	No p=0,05	Yes p=0,7	No p=0,95	Yes p=0,03	0,000139
28	TP-Vd > 100 km/h p=0,1392	No p=0,05	Yes p=0,7	No p=0,95	No p=0,97	0,00449
29	TP-Vd > 100 km/h p=0,1392	No p=0,05	No p=0,3	Yes p=0,05	Yes p=0,03	3,13E-06
30	TP-Vd > 100 km/h p=0,1392	No p=0,05	No p=0,3	Yes p=0,05	No p=0,97	0,000101
31	TP-Vd > 100 km/h p=0,1392	No p=0,05	No p=0,3	No p=0,95	Yes p=0,03	5,95E-05
32	TP-Vd > 100 km/h p=0,1392	No p=0,05	No p=0,3	No p=0,95	No p=0,97	0,001924
33	TM-Vd < 100 km/h p=0,058	Yes p=0,95	Yes p=0,7	Yes p=0,05	Yes p=0,03	5,79E-05
34	TM-Vd < 100 km/h p=0,058	Yes p=0,95	Yes p=0,7	Yes p=0,05	No p=0,97	0,001871
35	TM-Vd < 100 km/h p=0,058	Yes p=0,95	Yes p=0,7	No p=0,95	Yes p=0,03	0,001099
36	TM-Vd < 100 km/h p=0,058	Yes p=0,95	Yes p=0,7	No p=0,95	No p=0,97	0,035542
37	TM-Vd < 100 km/h p=0,058	Yes p=0,95	No p=0,3	Yes p=0,05	Yes p=0,03	2,48E-05

38	TM-Vd < 100 km/h p=0,058	Yes p=0,95	No p=0,3	Yes p=0,05	No p=0,97	0,000802
39	TM-Vd < 100 km/h p=0,058	Yes p=0,95	No p=0,3	No p=0,95	Yes p=0,03	0,000471
40	TM-Vd < 100 km/h p=0,058	Yes p=0,95	No p=0,3	No p=0,95	No p=0,97	0,015232
41	TM-Vd < 100 km/h p=0,058	No p=0,05	Yes p=0,7	Yes p=0,05	Yes p=0,03	3,05E-06
42	TM-Vd < 100 km/h p=0,058	No p=0,05	Yes p=0,7	Yes p=0,05	No p=0,97	9,85E-05
43	TM-Vd < 100 km/h p=0,058	No p=0,05	Yes p=0,7	No p=0,95	Yes p=0,03	5,79E-05
44	TM-Vd < 100 km/h p=0,058	No p=0,05	Yes p=0,7	No p=0,95	No p=0,97	0,001871
45	TM-Vd < 100 km/h p=0,058	No p=0,05	No p=0,3	Yes p=0,05	Yes p=0,03	1,31E-06
46	TM-Vd < 100 km/h p=0,058	No p=0,05	No p=0,3	Yes p=0,05	No p=0,97	4,22E-05
47	TM-Vd < 100 km/h p=0,058	No p=0,05	No p=0,3	No p=0,95	Yes p=0,03	2,48E-05
48	TM-Vd < 100 km/h p=0,058	No p=0,05	No p=0,3	No p=0,95	No p=0,97	0,000802
49	TM-Vd > 100 km/h p=0,0232	Yes p=0,95	Yes p=0,7	Yes p=0,05	Yes p=0,03	2,31E-05
50	TM-Vd > 100 km/h p=0,0232	Yes p=0,95	Yes p=0,7	Yes p=0,05	No p=0,97	0,000748
51	TM-Vd > 100 km/h p=0,0232	Yes p=0,95	Yes p=0,7	No p=0,95	Yes p=0,03	0,00044
52	TM-Vd > 100 km/h p=0,0232	Yes p=0,95	Yes p=0,7	No p=0,95	No p=0,97	0,014217
53	TM-Vd > 100 km/h p=0,0232	Yes p=0,95	No p=0,3	Yes p=0,05	Yes p=0,03	9,92E-06
54	TM-Vd > 100 km/h p=0,0232	Yes p=0,95	No p=0,3	Yes p=0,05	No p=0,97	0,000321
55	TM-Vd > 100 km/h p=0,0232	Yes p=0,95	No p=0,3	No p=0,95	Yes p=0,03	0,000188
56	TM-Vd > 100 km/h p=0,0232	Yes p=0,95	No p=0,3	No p=0,95	No p=0,97	0,006093
57	TM-Vd > 100 km/h p=0,0232	No p=0,05	Yes p=0,7	Yes p=0,05	Yes p=0,03	1,22E-06
58	TM-Vd > 100 km/h p=0,0232	No p=0,05	Yes p=0,7	Yes p=0,05	No p=0,97	3,94E-05
59	TM-Vd > 100 km/h p=0,0232	No p=0,05	Yes p=0,7	No p=0,95	Yes p=0,03	2,31E-05
60	TM-Vd > 100 km/h p=0,0232	No p=0,05	Yes p=0,7	No p=0,95	No p=0,97	0,000748
61	TM-Vd > 100 km/h p=0,0232	No p=0,05	No p=0,3	Yes p=0,05	Yes p=0,03	5,2E-07
62	TM-Vd > 100 km/h p=0,0232	No p=0,05	No p=0,3	Yes p=0,05	No p=0,97	1,69E-05
63	TM-Vd > 100 km/h p=0,0232	No p=0,05	No p=0,3	No p=0,95	Yes p=0,03	9,92E-06
64	TM-Vd > 100 km/h p=0,0232	No p=0,05	No p=0,3	No p=0,95	No p=0,97	0,000321

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Codifica Documento

A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC

Foglio

300 di  
301

## 16 ALLEGATO 0 - FIGURE FUORI TESTO

GENERAL CONTRACTOR <b>COGY</b> Costruzioni Civili e Impianti Meccanici	ALTA SORVEGLIANZA <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	Codice Documento A301-00-D-CV-RO-SC00-01-007-F00.DOC Foglio 301 di 301

Planimetria galleria Pozzolo

