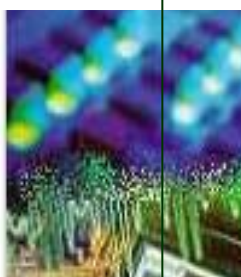


ANAS S.p.A.

**Condirezione Generale Tecnica
Direzione Centrale Progettazione**



**Linee Guida
per la progettazione
della sicurezza
nelle Gallerie Stradali
secondo la normativa vigente**



Ottobre 2009

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 2 di 221
---	---	-------------------------	---------------

4

INDICE

I. PREFAZIONE	9
II. INTRODUZIONE.....	10
III. EMISSIONE E REVISIONE.....	11
1 IL PROGETTO DELLA SICUREZZA.....	12
1.1 RIFERIMENTI NORMATIVI E METODOLOGICI.....	12
1.2 OBIETTIVI DI SICUREZZA, CRITERI DI ACCETTAZIONE DEL RISCHIO E METODOLOGIA DI ANALISI DI RISCHIO.....	15
1.3 CRITERI DI PROGETTAZIONE DELLA SICUREZZA IN GALLERIA.....	18
1.4 PROCEDURA DI PROGETTAZIONE DELLA SICUREZZA.....	23
1.4.1 Schedatura del sistema galleria.....	25
1.4.2 Analisi di vulnerabilità della galleria.....	27
1.4.2.1 Parametri di sicurezza.....	28
1.4.2.2 Fattori di pericolo.....	29
1.4.2.3 Gruppi di requisiti minimi di sicurezza.....	33
1.4.2.4 Tasso di accadimento degli eventi incidentali in galleria.....	35
1.4.2.5 Frequenza di accadimento degli eventi incidentali.....	36
1.4.3 Analisi di conformità: anomalie nei parametri di sicurezza e deficit nei requisiti minimi.....	37
1.4.4 Individuazione e progettazione dei requisiti di sicurezza integrativi o alternativi in termini strutturali ed impiantistici.....	38
1.4.5 Analisi di rischio.....	40
1.4.5.1 Rischio e pericolo.....	40
1.4.5.2 Rappresentazione del rischio diagramma a farfalla.....	42
1.4.5.3 Modello Bayesianico classico con analisi delle incertezze.....	44
1.4.5.4 Eventi critici e probabilità di accadimento.....	47
1.4.5.5 Albero degli eventi.....	52
1.4.5.6 Analisi delle conseguenze	54
1.4.5.6.1 Modellazione del flusso del pericolo.....	54
1.4.5.6.2 Modellazione degli scenari di esodo.....	55
1.4.5.6.3 Modello di formazione delle code all'interno della galleria	56

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 3 di 221
---	---	-------------------------	---------------

1.4.5.6.4 Modello di esodo e criteri di sopravvivenza.....	58
1.4.5.7 Misure di rischio: curve cumulate complementari e valore atteso del danno.....	60
2 DOCUMENTAZIONE DELLA SICUREZZA.....	63
2.1 IL PROGETTO DELLA SICUREZZA.....	63
2.2 PIANO DI MANUTENZIONE.....	63
2.3 PIANO DI MONITORAGGIO E CONTROLLO.....	64
2.4 PARERE DELL'ESPERTO QUALIFICATO.....	64
3 STANDARD ANAS NUOVE COSTRUZIONI.....	65
3.1 PREMessa.....	65
3.2 STANDARD DI PROGETTAZIONE	66
3.3 GALLERIE A CANNA SINGOLA E TRAFFICO BIDIREZIONALE	66
3.3.1 Componente prescrittiva -Misure strutturali.....	66
3.3.1.1 Generalità.....	66
3.3.1.2 Caratteristiche geometriche della struttura galleria.....	67
3.3.1.3 Banchine.....	67
3.3.1.4 Uscite di emergenza.....	67
3.3.1.4.1 Porte delle uscite di emergenza.....	67
3.3.1.4.2 Zona filtro a prova di fumo.....	68
3.3.1.4.3 Uscite dirette verso l'esterno.....	68
3.3.1.4.4 Cunicoli di sicurezza.....	68
3.3.1.4.5 Gallerie di emergenza.....	68
3.3.1.4.6 Destinazione d'uso delle strutture in condizioni di emergenza.....	69
3.3.1.4.7 Percorsi di esodo	69
3.3.1.4.7.1 Uscite dirette verso l'esterno.....	70
3.3.1.4.7.2 Cunicoli di sicurezza e gallerie di emergenza.....	70
3.3.1.5 Piazzole di sosta.....	70
3.3.1.6 Sistema di drenaggio.....	71
3.3.1.7 Caratteristiche ignifughe degli elementi strutturali.....	71
3.3.1.7.1 Resistenza al fuoco delle strutture.....	71
3.3.1.7.2 Reazione al fuoco.....	72
3.3.1.8 Colore delle pareti della galleria.....	72
3.3.2 Componente prescrittiva - Misure impiantistiche.....	72
3.3.2.1 Illuminazione.....	72

3.3.2.1.1 Illuminazione ordinaria.....	73
3.3.2.1.2 Illuminazione di emergenza.....	74
3.3.2.1.3 Illuminazione di sicurezza.....	74
3.3.2.2 Ventilazione.....	78
3.3.2.2.1 Ventilazione sanitaria.....	79
3.3.2.2.2 Ventilazione di emergenza.....	79
3.3.2.2.3 Scelta del sistema di ventilazione.....	80
3.3.2.2.4 Ventilazione dei cunicoli di sicurezza e delle gallerie di emergenza.....	81
3.3.2.2.5 Alimentazione del sistema di ventilazione.....	82
3.3.2.3 Stazioni di emergenza.....	82
3.3.2.4 Erogazione idrica.....	83
3.3.2.4.1 Impianto idrico antincendio.....	83
3.3.2.5 Sistemi di mitigazione.....	84
3.3.2.6 Rilevazione incendio.....	85
3.3.2.7 Sottosistema di sorveglianza e rilevazione – Sottosistema monitoraggio e rilevazione	85
3.3.2.8 Semafori, PMV, Segnaletica di emergenza.....	86
3.3.2.9 Sistemi di comunicazione.....	87
3.3.2.10 Rete di comunicazione.....	88
3.3.2.11 Alimentazione e circuiti elettrici.....	89
3.3.2.12 Caratteristiche ignifughe degli impianti.....	90
3.4 GALLERIE A DOPPIA CANNA E TRAFFICO UNIDIREZIONALE	91
3.4.1 Componente prescrittiva -Misure strutturali.....	91
3.4.1.1 Generalità.....	91
3.4.1.2 Caratteristiche geometriche della struttura galleria.....	91
3.4.1.3 Banchine.....	91
3.4.1.4 Uscite di emergenza.....	91
3.4.1.4.1 Porte delle uscite di emergenza.....	92
3.4.1.4.2 Zona filtro a prova di fumo.....	92
3.4.1.4.3 Uscite dirette verso l'esterno.....	92
3.4.1.4.4 Collegamenti pedonali.....	92
3.4.1.4.5 Cunicoli di sicurezza.....	93
3.4.1.4.6 Gallerie di emergenza.....	93
3.4.1.4.7 Destinazione d'uso delle strutture in condizioni di emergenza.....	94
3.4.1.4.8 Percorsi di esodo	94
3.4.1.4.8.1 Collegamenti pedonali.....	94

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 5 di 221
---	---	-------------------------	---------------

3.4.1.4.8.2 Cunicoli di sicurezza e gallerie di emergenza.....	95
3.4.1.5 Accesso per i servizi di pronto intervento.....	95
3.4.1.5.1 Collegamenti carrabili.....	95
3.4.1.6 Piazzole di sosta.....	96
3.4.1.7 Sistema di drenaggio.....	96
3.4.1.8 Caratteristiche ignifughe degli elementi strutturali.....	97
3.4.1.8.1 Resistenza al fuoco delle strutture.....	97
3.4.1.8.2 Reazione al fuoco.....	97
3.4.1.9 Colore delle pareti della galleria.....	97
3.4.2 Componente prescrittiva - Misure impiantistiche.....	98
3.4.2.1 Illuminazione.....	98
3.4.2.1.1 Illuminazione ordinaria.....	98
3.4.2.1.2 Illuminazione di emergenza.....	99
3.4.2.1.3 Illuminazione di sicurezza.....	100
3.4.2.2 Ventilazione.....	103
3.4.2.2.1 Ventilazione sanitaria.....	104
3.4.2.2.2 Ventilazione di emergenza.....	105
3.4.2.2.3 Scelta del sistema di ventilazione.....	105
3.4.2.2.3.1 Ventilazione dei collegamenti pedonali.....	106
3.4.2.2.3.2 Ventilazione dei cunicoli di sicurezza e delle gallerie di emergenza.....	106
3.4.2.2.4 Alimentazione del sistema di ventilazione.....	107
3.4.2.3 Stazioni di emergenza.....	108
3.4.2.4 Erogazione idrica.....	109
3.4.2.4.1 Impianto idrico antincendio.....	109
3.4.2.5 Sistemi di mitigazione.....	110
3.4.2.6 Rilevazione incendio.....	110
3.4.2.7 Sottosistema di sorveglianza e rilevazione – Sottosistema monitoraggio e rilevazione	111
3.4.2.8 Semafori, PMV, Segnaletica di emergenza.....	111
3.4.2.9 Sistemi di comunicazione.....	112
3.4.2.10 Rete di comunicazione.....	113
3.4.2.11 Alimentazione e circuiti elettrici.....	114
3.4.2.12 Caratteristiche ignifughe degli impianti.....	115
3.5 SISTEMA DI CONTROLLO E SUPERVISIONE.....	116
3.5.1 Premessa.....	116
3.5.2 Scopo dei sistemi di controllo e supervisione.....	117

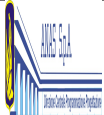
3.5.2.1 Criteri base del progetto.....	117
3.5.2.1.1 Standardizzazione delle interfacce su Modbus TCP/IP.....	118
3.5.2.1.2 Utilizzo della dorsale di rete per tutti i servizi TCP/IP.....	119
3.5.2.2 Tipologia delle apparecchiature di controllo e supervisione.....	119
3.5.2.3 Tipologia delle reti.....	120
3.5.2.4 Gradi di affidabilità e ridondanza.....	120
3.5.2.5 Architettura dei sistemi e degli applicativi.....	121
3.5.2.5.1 Sistema di controllo e supervisione per galleria indipendente.....	122
3.5.2.5.2 Asse viario.....	123
3.5.3 Sistema di controllo e supervisione di galleria.....	125
3.5.3.1 Rete dorsale di galleria.....	126
3.5.3.1.1 Importanza delle reti ai fini della sicurezza.....	126
3.5.3.1.2 Topologia della rete di comunicazione.....	126
3.5.3.1.3 Realizzazione della rete di comunicazione.....	126
3.5.3.1.4 Derivazioni in galleria.....	127
3.5.3.1.5 Derivazioni in cabina.....	127
3.5.3.1.6 Protocolli di comunicazione utilizzati.....	127
3.5.3.1.7 Nodi di galleria.....	128
3.5.3.2 Quadro PLC di cabina.....	128
3.5.3.2.1 Caratteristiche generali del PLC.....	128
3.5.3.2.2 PLC di controllo della galleria e loro ridondanza.....	129
3.5.3.3 Quadri dei bypass/cunicoli di sicurezza.....	131
3.5.3.4 Centrale di ventilazione.....	132
3.5.3.5 Dispositivi comandati.....	134
3.5.3.5.1 Ventilatori.....	134
3.5.3.5.2 PMV, segnalazioni di agibilità corsie e segnali luminosi.....	135
3.5.3.6 Segnali e misure.....	136
3.5.3.6.1 Misure ambientali CO/OP/NO e Anemometri.....	136
3.5.3.6.2 Segnali dei ventilatori in galleria.....	137
3.5.3.6.3 Stati e misure di distribuzione elettrica e servizi di cabina.....	138
3.5.3.6.3.1 Requisiti minimi di controllo della distribuzione elettrica.....	138
3.5.3.7 Sistemi interfacciati.....	139
3.5.3.7.1 Colonnine SOS.....	139
3.5.3.7.2 TVCC.....	140
3.5.3.7.3 Rilevamento incendio.....	142

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 7 di 221
---	---	-------------------------	---------------

3.5.3.7.4 Illuminazione.....	142
3.5.3.7.5 Comunicazioni radio.....	143
3.5.3.7.6 Rilevamento traffico.....	143
3.5.3.7.7 Supervisore di galleria.....	144
3.5.4 Sistema di controllo e supervisione di tratta.....	145
3.5.4.1 Rete di comunicazione.....	145
3.5.4.1.1 Importanza delle reti ai fini della sicurezza.....	145
3.5.4.1.2 Tipologia della rete di comunicazione.....	145
3.5.4.1.3 Realizzazione della rete di comunicazione.....	146
3.5.4.1.4 Derivazioni lungo l'asse viario.....	146
3.5.4.1.5 Protocolli di comunicazione utilizzati.....	146
3.5.4.1.6 Nodi di tratta.....	146
3.5.4.2 PLC di superficie.....	147
3.5.4.2.1 Caratteristiche generali del PLC.....	147
3.5.4.2.2 PLC di controllo di superficie e loro ridondanza.....	147
3.5.4.3 Sala server.....	148
3.5.4.4 Sala operativa.....	148
3.5.4.5 Supervisore di tratta.....	148
3.5.5 Classificazione delle gallerie ai fini dell'architettura di controllo.....	149
3.5.5.1 Requisiti minimi per la galleria tipo A: lunghezza inferiore ai 500 metri, senza Bypass, cabina unica.....	150
3.5.5.2 Requisiti minimi per la galleria tipo B: lunghezza compresa fra i 500 e 1000 metri, oppure inferiore ai 500 metri con bypass, oppure inferiore a 500 metri con due cabine.....	151
3.5.5.3 Requisiti minimi della galleria di tipo C: lunghezza compresa fra i 1000 e 3000 metri a doppio fornice.....	153
3.5.5.4 Requisiti minimi per galleria tipo D: con lunghezza superiore a 1000 metri a singolo fornice (D1) oppure con lunghezza superiore ai 3000 metri a doppio fornice (D2).....	155
4 STANDARD ANAS GALLERIE ESISTENTI.....	158
4.1 PREMessa.....	158
4.2 STANDARD DI PROGETTAZIONE.....	158
4.2.1 Misure strutturali.....	158
4.2.1.1 Numero di canne e di corsie.....	158
4.2.1.2 Caratteristiche geometriche della struttura galleria.....	158
4.2.1.3 Banchine.....	158

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 8 di 221
---	---	-------------------------	---------------

4.2.1.4 Uscite di emergenza.....	159
4.2.1.5 Piazzole di sosta.....	159
4.2.1.6 Sistema di drenaggio.....	159
4.2.2 Misure impiantistiche.....	160
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	161
RIFERIMENTI NORMATIVI.....	161
ALLEGATO 1 “FIGURE ESEMPLICATIVE”	163
ALLEGATO 2 MODELLO DI SCHEDATURA DEL SISTEMA GALLERIA 172	
ALLEGATO 3 GRUPPI OMOGENEI DI REQUISITI MINIMI DI SICUREZZA.....	192
ALLEGATO 4 ANALISI STATISTICA DELLE SERIE STORICHE SUGLI EVENTI INCIDENTALI IN GALLERIA.....	201
ALLEGATO 5 STANDARDIZZAZIONE DEL TERMINE DI SORGENTE	204
ALLEGATO 6 RELAZIONI CAUSALI NELLA PRODUZIONE DEI RISCHI PRIMARI.....	209
ALLEGATO 7 MODELLAZIONE DEL FLUSSO DEL PERICOLO.....	210
GLOSSARIO.....	218

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 9 di 221
--	---	-------------------------	---------------

i. Prefazione

La prima edizione delle Linee Guida è stata emanata nel Novembre 2006 in seguito ad un duplice esame del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ed è tuttora l'unico documento tecnico nazionale che definisce compiutamente le modalità di progettazione della sicurezza per le gallerie stradali in osservanza al DLGS 264/06, che a sua volta recepisce la Direttiva Europea 2004/54/CE.

Le Linee Guida nascono dal lavoro svolto da ANAS e da insigni esperti, a valle di un numero cospicuo di interventi di nuova installazione, adeguamento dell'esistente, esercizio delle infrastrutture e sono frutto di una continua ricerca sperimentale con determinazione di nuovi sistemi e nuove tecnologie.

In questi anni vi è stata una continua applicazione, non esclusivamente in ambito ANAS, con riconoscimenti importanti sia in campo nazionale che internazionale.

Lo "standard ANAS", inteso come l'insieme compiuto di definizioni, dettagli e sistemi, è normalmente applicato e accettato da tutti gli addetti del settore sicurezza in ambito infrastrutturale stradale.

La metodologia di Analisi di Rischio, dopo una fisiologica e graduale diffusione fra i progettisti, dovuta alla novità e al nuovo approccio di "misurare" la sicurezza a fronte della sistematicità di una progettazione puramente prescrittiva e non sempre in grado di individuare le soluzioni più idonee, è ora riconosciuta dagli esperti del settore come un normale strumento di ingegneria; in campo internazionale è sempre più conosciuta grazie al lavoro italiano in ambito PIARC e grazie alla presentazione in convegni e consessi di alto profilo e prestigio.

A tre anni dalla prima edizione è però doverosa una riflessione.

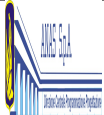
L'applicazione del documento che, ricordiamo, tratta di sistemi condizionati da una forte evoluzione ed innovazione, ha evidenziato la necessità di ripristinare il giusto livello tecnologico. Inoltre, il testo iniziale, rivolto principalmente alle nuove infrastrutture doveva essere integrato con una sezione specifica rivolta a quelle già in esercizio.

La Metodologia di Analisi di Rischio nota come Italian Risk Analysis Method nell'edizione iniziale era stata introdotta principalmente in termini conoscitivi e ora è sentita l'esigenza di un approfondimento e una riorganizzazione del testo tipica di una successiva fase applicativa.

La nuova edizione deve poi tener conto degli atti della Commissione Permanente Gallerie istituita presso il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici con l'introduzione della nuova figura del Responsabile Sicurezza Gallerie, nominato dagli enti proprietari.

Ciò posto, tenendo anche conto dell'attività di sperimentazione sviluppata da ANAS, nonché dell'esperienza maturata attraverso i risultati dell'applicazione pratica e, con l'obiettivo di rendere più agevole la lettura del testo, si è provveduto a rivisitare il suddetto documento e ad emanare quest'ultima edizione.

L'attività è stata svolta dal Gruppo di Lavoro costituito con ordine di servizio n°910 CDGTEC del 30.06.2009 con l'obiettivo di operare la "*Revisione Linee Guida per la progettazione della Sicurezza nelle Gallerie Stradali e Revisione Circolare Sagome interne e principali dotazioni infrastrutturali delle Gallerie Stradali*".

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 10 di 221
--	---	-------------------------	----------------

Il Gruppo di Lavoro, Coordinato dall'ing. Antonio Valente, è costituito dagli ingegneri della Direzione Centrale Progettazione e della Direzione Centrale Esercizio e Coordinamento del Territorio di seguito indicati:

Ing. Giacinto Mazzuca
 Ing. Luigi Carrarini
 Ing. Filippo Locascio
 Ing. Alessandro Micheli
 Ing. Luca Cedrone
 Ing. Francesco Bezzi
 Ing. Luca Carrarini
 Ing. Pietro Valerio
 Ing. Fulvio M. Soccodato
 Ing. Gianfranco Fusani

Si ringrazia il Presidente del Consorzio FASTIGI per il contributo fornito alla stesura del documento.

ii.

Introduzione

Il problema della sicurezza nelle gallerie stradali ha assunto rilevanza sociale in conseguenza dei sinistri verificatisi negli ultimi anni in diverse strutture dislocate lungo la rete stradale transeuropea, funestati da un numero elevato di vittime tra gli utenti e gli addetti al soccorso, causa di gravi danni alle strutture, perturbanti la funzionalità della rete locale dei trasporti e condizionanti in modo sensibile le economie locali, a causa delle prolungate interruzioni del servizio necessarie al ripristino.

L'impatto emotivo sull'opinione pubblica conseguente ai disastri accaduti nel Tunnel del Monte Bianco (Francia – Italia, 1999, 39 morti), nel Tunnel dei Tauri (Austria, 1999, 12 morti), nel Tunnel del San Gottardo (Svizzera, 2000, 11 morti), ha determinato l'ampliamento del dibattito sulla sicurezza nelle gallerie stradali dalla periferia dei tecnici progettisti e dei gestori alla comunità degli utenti, sollecitando scelte politiche e risposte normative da parte degli Stati appartenenti alla Comunità Europea.

Il DLGS 264/06 che recepisce la Direttiva 2004/54/CE, promulgata dal Parlamento Europeo e concernente i *Requisiti Minimi di Sicurezza per le Gallerie Stradali della Rete Transeuropea*, individua gli obiettivi di sicurezza da perseguire, identifica un insieme di parametri di sicurezza da considerare, fissa gruppi di requisiti minimi di sicurezza da soddisfare, individua un approccio sistemico nella formulazione e comparativo nei contenuti per la progettazione o l'adeguamento della sicurezza nelle gallerie, individua il modello di l'analisi di rischio che è lo strumento analitico da utilizzare per determinare il livello di sicurezza di una galleria, fissando le condizioni di applicazione e dettagliando gli obiettivi da perseguire.

Le Linee Guida rendono pratica l'applicazione del DLGS 264/06, dettagliano i requisiti minimi impiantistici e strutturali, descrivono analiticamente il modello di Analisi di Rischio definito dalla legge.

Ma il testo, inteso come manuale per la buona progettazione della sicurezza nelle gallerie stradali, supera gli ambiti del DLGS, che ricordiamo trova applicazione sulle tratte denominate TERN, ovvero i corridoi europei, e descrive le modalità progettuali per la messa in sicurezza delle gallerie ANAS già in esercizio o di futura realizzazione su qualunque tratta.

Le Linee Guida ottemperano alle normative vigenti specifiche e in particolar modo al DM del 5/11/2001 del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti regolante le norme geometriche e

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 11 di 221
---	---	-------------------------	----------------

funzionali per la costruzione delle strade oltre alle indicazioni fornite da ANAS mediante ulteriori circolari.

Il testo, inoltre tiene conto delle indicazioni della Commissione Permanente Gallerie presso il CSLLPP che determina le modalità di messa in esercizio di una nuova galleria o l'adeguamento di una esistente entrambe su rete TERN e descrive compiutamente la documentazione di Sicurezza richiesta dalla predetta Commissione oltre a definire i compiti del Responsabile Sicurezza Galleria.

Il testo, si ribadisce è finalizzato puramente alla progettazione, l'ambito di applicazione è stabilito dalla apposita circolare che l'accompagna.

iii.

Emissione e Revisione

Oggetto	Data
Emissione Linee Guida per la progettazione della sicurezza nelle gallerie stradali	Aprile 2005
Revisione a seguito del voto del CSLLPP del 29 settembre 2005	Dicembre 2006
Revisione a seguito del voto del CSLLPP del 15 dicembre 2005	Febbraio 2006
Revisione a seguito dell'approvazione Dlgs N°264 del 5/10/2006 di recepimento della Direttiva 2004/54/CE	Novembre 2006
Revisione per evoluzione tecnologica, determinazione dell'adeguamento delle gallerie in esercizio e recepimento della normativa vigente	Ottobre 2009

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 12 di 221
---	---	-------------------------	----------------

1 Il progetto della sicurezza

Il presente capitolo illustra, riprendendo il testo allegato alla circolare 17/2006, i contenuti ed i metodi per la redazione del progetto della sicurezza sia per le gallerie nuove che per le gallerie esistenti. In questo ambito viene dettagliata la metodologia di analisi di rischio presentata nella precedente edizione, coerente con il D.Lgs n 264/2006, che ad oggi è stata applicata per la verifica quantitativa del raggiungimento degli obiettivi di sicurezza di un gran numero di gallerie stradali presenti sul territorio nazionale. Nel capitolo 2 sono indicati i contenuti minimi degli altri documenti che compongono la documentazione di sicurezza.

1.1 Riferimenti normativi e metodologici

Il riferimento giuridico per la progettazione della sicurezza è la Direttiva Europea 2004/54/CE, promulgata dal Parlamento Europeo relativa ai *Requisiti Minimi di Sicurezza per le Gallerie Stradali della Rete Transeuropea*. La Direttiva Europea 54/2004/CE recepita in Italia con il D.Lgs n 264/2006, individua gli obiettivi di sicurezza da perseguire, identifica un insieme di parametri di sicurezza da considerare, fissa gruppi di requisiti minimi di sicurezza da soddisfare, suggerisce un approccio sistemico nella formulazione e comparativo nei contenuti per la progettazione della sicurezza nelle gallerie di nuova costruzione, indica l'analisi di rischio come lo strumento analitico da utilizzare per determinare il livello di sicurezza di una galleria, fissando le condizioni di applicazione e dettagliando gli obiettivi da perseguire.

La scelta del livello di analisi di rischio da adottare per perseguire gli obiettivi di sicurezza fissati ovvero la scelta del modello di rischio da formulare e risolvere, è demandata ai singoli stati membri ed è auspicato si possa pervenire all'identificazione di un livello di analisi di rischio unico e condiviso in contesto europeo.

I metodi di valutazione del rischio sono classificati in metodi probabilistici, metodi di progettazione basati sullo stato dell'arte, analisi delle conseguenze basate sullo scenario peggiore. I criteri di accettazione del rischio sono definiti come criteri basati sul rischio quantitativi e probabilistici, criteri basati sulle conseguenze qualitativi e deterministici. La quantificazione del rischio è ottenuta attraverso l'introduzione di specifiche misure di rischio, classificate in misure di rischio individuale e misure di rischio sociale e rappresentate in forma analitica e grafica, mentre la valutazione del rischio è effettuata attraverso l'introduzione di specifici livelli di soglia definiti in accordo a prefissati criteri e dottrine di accettazione del rischio. Lavori di sintesi sui modelli di analisi di rischio sviluppati ed adottati nei diversi paesi europei, contenenti indicazioni sul livello di obiettività proprio a ciascuno di essi, sono reperibili nella letteratura di settore alla quale si rimanda il lettore interessato.

La Direttiva Europea non definisce una metodologia di analisi di rischio e rimanda alla Commissione Europea il compito di individuare la migliore pratica. Questo per due ordini di motivi:

- che il numero di gallerie presenti nei diversi Paesi è molto diverso, pertanto le problematiche di approfondimento o meglio, di affinamento dei progetti sono in alcuni casi non paragonabili. Quindi è difficile uniformare una metodologia di analisi che sarà molto rigorosa per tutti quei paesi che hanno una vasta dotazione di gallerie e sentono il bisogno di ottimizzare al massimo gli interventi per la sicurezza, mentre può essere anche meno rigorosa se le scelte progettuali possono orientarsi sull'esuberanza di sistemi;

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 13 di 221
---	---	-------------------------	----------------

- che le metodologie più diffuse al momento dell'uscita della Direttiva Europea, ed usata in alcuni paesi, sono metodologie di valutazione del rischio principalmente riferite alle merci pericolose, QRAM (Transport of Dangerous Goods through Road Tunnels Quantitative Risk Assessment Model) che però non possono essere considerate delle vere e proprie analisi di rischio in quanto affette da approssimazioni e influenzate da valutazioni soggettive che fanno perdere al metodo il rigore di una analisi, ripetibile in qualsiasi momento anche da soggetti diversi, con risultati analoghi.

Il nostro Paese, avendo una dotazione di gallerie stimata superiore al 64% di quella europea, ha sentito il bisogno di dotarsi di una “vera” metodologia di analisi di rischio, che superasse i limiti deterministici e prescrittivi delle metodiche sviluppate in Francia in ambito PIARC.

Per tale motivo il D.Lgs. n 264/2006 di attuazione della dalla Direttiva 54/2004/CE in materia di sicurezza per le gallerie della rete stradale trans europea definisce la metodologia da adottare per l'analisi di rischio delle gallerie italiane. L'ANAS con le presenti linee guida vuole meglio dettagliare la metodologia definita a livello legislativo.

Il D.Lgs n 264/2006 infatti all'allegato 3 delinea la metodologia di analisi di rischio analitica e ben definita che intende adottare per rispondere a quanto richiesto dalla Direttiva 54/2004/CE limitandone anche il campo di applicazione, ed infatti al citato allegato 3 recita *“la metodologia qui presentata si riferisce esclusivamente all'analisi degli eventi considerati critici nello specifico ambiente confinato delle gallerie vale a dire incendi, collisioni con incendio, sversamenti di sostanze infiammabili, rilasci di sostanze tossiche e nocive”*. *Eventi propri dell'incidentalità stradale, connessi a caratteristiche geometriche dell'infrastruttura e non indotti dallo specifico ambiente galleria, che non comportino per l'utenza rischi aggiuntivi rispetto ai rischi connessi alla circolazione stradale, sono da considerarsi e da fronteggiarsi per la prevenzione nell'ambito della regolamentazione del traffico e della progettazione stradale. Le vittime di questi ultimi incidenti vanno contabilizzate nell'ambito dell'incidentalità stradale.*

Il metodo di progettazione della sicurezza nelle gallerie stradali, di seguito illustrato combina, previo adattamento alle caratteristiche specifiche del sistema galleria, i principi e le tecniche della progettazione prestazionale, dell'analisi delle conseguenze, dell'approccio probabilistico all'analisi di rischio adottati in diversi Stati della Comunità Europea nella valutazione del rischio degli impianti di processo.

L'Italian Risk Analysis Method, (IRAM), descritto nelle presenti Linee Guida, adotta l'*Approccio Bayesian Classico con Analisi delle Incertezze* e trae presupposto da quanto noto nel campo della valutazione del rischio in materia di sicurezza e salute pubblica ed in particolare sono stati presi a riferimento i seguenti principi a carattere generale:

- la sicurezza è materia di giudizio;
- livelli di sicurezza verificabili non esistono e sono impossibili da fissare;
- l'eliminazione del rischio non può essere richiesta, vale a dire, livelli di rischio nullo non possono essere prescritti;
- un livello di sicurezza è il livello che può essere ragionevolmente previsto dia origine ad un rischio accettabile per la popolazione potenzialmente esposta nel contesto socio-economico caratteristico della nazione nella quale la struttura è realizzata;
- un livello di sicurezza, essendo inferito dalle conoscenze scientifiche e basato sul giudizio degli esperti, risulta affetto da incertezze;
- la fattibilità sia tecnica sia economica non costituisce una base sulla quale fissare un livello di sicurezza, vale a dire, la migliore tecnologia disponibile non è rilevante nel fissare un livello di sicurezza;

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 14 di 221
---	---	-------------------------	----------------

- gli standard devono essere più stringenti dei livelli di sicurezza corrispondenti al rischio accettabile, per assicurare un margine rispetto alle incertezze che affliggono la definizione dei livelli di sicurezza;
- Il Livello di Sicurezza Accettabile è il risultato di una scelta su base giuridica di un livello di rischio per la salute pubblica fissato da uno stato come accettabile nel contesto socio-economico caratteristico della nazione nella quale è realizzata l'infrastruttura.

Il Decreto Legislativo n 264/2006 sancisce che il livello di dettaglio da adottare nell'applicazione della metodologia di Analisi di Rischio ad un Sistema Galleria deve consentire la determinazione della Salvabilità della Popolazione Esposta al Flusso del Pericolo per Insiemi Scenari di Esodo derivanti da Scenari di Pericolo determinati dall'accadimento di specifici Eventi Pericolosi identificati come Eventi Critici per l'ambiente Galleria.

Il Livello di Analisi di Rischio adottato nell'IRAM, per ottemperare al regime normativo fissato dal Decreto Legislativo prevede la formulazione e la soluzione di un Modello di Rischio Bayesiano Classico con Analisi delle Incertezze Aleatorie ed Epistemiche associate ai Fenomeni ed ai Processi Pericolosi che si instaurano in un Sistema Galleria e consente la Determinazione del Livello di Rischio ad esso proprio in funzione delle Misure di Sicurezza Strutturali e delle Prestazioni dei Sistemi di Sicurezza che realizzano le Misure Impiantistiche.

La Determinazione del Livello di Rischio, in accordo al modello adottato, si ottiene come Convoluzione delle Funzioni di Distribuzione caratterizzanti le Probabilità di Accadimento degli Scenari di Pericolo e delle Funzioni di Distribuzione caratterizzanti le Conseguenze derivanti dalla realizzazione degli Scenari di Esodo.

Il Modello di Rischio (IRAM) di seguito illustrato nelle presenti linee guida utilizza tecniche note e codificate:

- tecniche probabilistiche di identificazione e caratterizzazione degli eventi incidentali rilevanti pertinenti al sistema (funzioni di distribuzione, alberi degli eventi);
- tecniche probabilistiche di rappresentazione degli scenari di pericolo possibili, condizionati nell'evoluzione dall'affidabilità e dall'efficienza dei sistemi di sicurezza che realizzano le misure di sicurezza protettive in condizioni di emergenza (alberi degli eventi);
- tecniche di soluzione analitiche e numeriche dei modelli formulati per rappresentare il flusso del pericolo nella struttura, determinato dai fenomeni termici e fluidodinamici indotti da specifici eventi incidentali, al fine di caratterizzare l'ambiente interno alla struttura nel quale si realizza il processo di esodo degli utenti coinvolti e l'azione degli addetti al soccorso(modelli termo-fluidodinamici semplificati, modelli formulati e risolti adottando il metodo della Fluido Dinamica Computazionale);
- tecniche statistiche di soluzione dei modelli di esodo degli utenti dalla struttura in condizioni di emergenza (tecniche Monte Carlo);
- tecniche analitiche e grafiche di rappresentazione del rischio connesso ad una galleria stradale (curve cumulate complementari);
- criteri di valutazione del rischio congruenti con dottrine di accettabilità del rischio note e codificate.

1.2 Obiettivi di sicurezza, criteri di accettazione del rischio e metodologia di analisi di rischio

Il D.Lgs n 264/2006 di recepimento della Direttiva 54/2004/CE ha lo “scopo di garantire un livello minimo sufficiente di sicurezza agli utenti della strada nelle gallerie della rete stradale transeuropea mediante la progettazione e l'adozione di misure di prevenzione atte alla riduzione di situazioni critiche che possano mettere in pericolo la vita umana, l'ambiente e gli impianti della galleria, nonché mediante misure di protezione in caso di incidente”.

Nello schema sotto riportato sono sintetizzati gli obiettivi di sicurezza sopra citati che devono essere conseguiti attraverso misure di sicurezza sia di tipo preventivo che protettivo. Le misure di tipo preventivo tendono a ridurre la probabilità che si verifichino eventi incidentali mentre le misure protettive devono facilitare l'esodo delle persone verso l'esterno in caso di incendio, devono supportare e proteggere i soccorritori durante le operazioni di soccorso e limitare i danni alle strutture al fine di evitare lunghi periodi di disservizio.



Al fine di definire il livello minimo sufficiente di sicurezza agli utenti della strada è necessario definire un criterio di accettazione del rischio e a tale scopo la letteratura tecnica individua tre principi generali dai quali derivare i criteri di accettabilità del rischio:

- il principio ALARP (As Low As Reasonably Practicable), basato sul concetto di rischio sociale, recita: *il rischio sociale deve essere valutato per ogni attività antropica che possa provocare sinistri risultanti in un numero significativo di fatalità;*
- il principio MEM (Minimum Endogenous Mortality), basato sul concetto di rischio individuale, recita: *il rischio connesso ad un nuovo sistema di trasporto non dovrebbe aumentare in modo significativo il tasso di mortalità endogena di un individuo;*
- il principio GAMAB (Globalement Au Moins Aussi Bon), non direttamente connesso ai concetti di rischio sociale e rischio individuale, recita: *un nuovo sistema di*

trasporto deve assicurare un livello di rischio globalmente almeno pari al livello di rischio di un sistema esistente ad esso affatto analogo.

Il principio GAMAB richiede sia determinato il rischio connesso al sistema di trasporto esistente assunto come termine di paragone, ma non richiede sia specificato alcun valore limite per il rischio accettato. Esso presuppone sia stata effettuata un'adeguata analisi di rischio per il sistema di trasporto esistente assunto come termine di paragone.

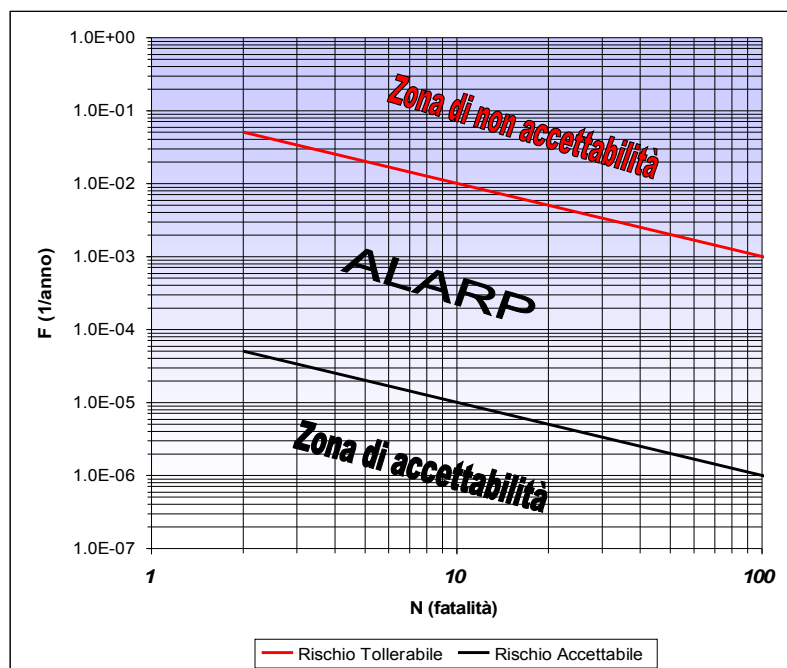
Il principio GAMAB è rapido ed efficace nell'applicazione quando i sistemi di trasporto a confronto siano simili nelle caratteristiche e nelle dotazioni nonché semplici nell'impianto funzionale. Esso, tuttavia, risulta fortemente condizionato nell'applicazione dalle valutazioni qualitative di similarità formulate dagli esperti.

Il concetto di ALARP individua tre aree distinte per l'accettazione del rischio:

- Area del rischio "non accettabile", situazione non giustificabile in nessun caso.
- Area del rischio "accettabile", situazione in cui non sono necessarie ulteriori indagini ed azioni in quanto il valore è da ritenersi accettabile.
- Area "ALARP" (As Low As Reasonably Practicable). Situazione in cui è necessario svolgere ulteriori indagini e individuare azioni di prevenzione o di mitigazione al fine di ridurre, per quanto ragionevolmente praticabile, il valore del rischio. In tal caso è necessaria un'analisi costi/benefici che faccia ritenere tollerabile il rischio solamente se si dimostra che il costo associato ad una sua ulteriore riduzione è superiore ai benefici attesi.

Il principio ALARP è utilizzato come principio guida per assumere decisioni consapevoli ed informate sul rischio e può essere utilizzato solo in presenza di una procedura di analisi di rischio analitica e ben definita come richiesta dal Direttiva 54/2004/CE.

Il Legislatore italiano ha scelto come criterio di accettazione del rischio il criterio ALARP, infatti il all'allegato 3 del D.Lgs.n 264/2006 ha rappresentato mediante linee soglia riportate sul piano F-N, gli obiettivi di sicurezza ed i criteri di accettabilità de rischio per le galleria stradali, da applicare ad ogni galleria.



	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 17 di 221
---	---	-------------------------	----------------

Il principio ALARP inoltre richiede sia identificata la soluzione progettuale che consente la maggiore riduzione del livello di rischio di una determinata galleria e che risulti compatibile con i vincoli tecnici ed economici propri del progetto della struttura.

La soluzione progettuale ottima risulta dall'applicazione del criterio costi-sicurezza ossia dalla soluzione di un modello tecnico-economico di minimo vincolato che combina in rischio (minimo) con il costo del ciclo vita dell'infrastruttura (minimo) e la fattibilità delle soluzioni progettuali (vincoli).

Inoltre il Legislatore ha definito la metodologia di analisi di rischio da utilizzare per *“misurare il livello di rischio di una galleria”* al fine di confrontarlo con i limiti definiti dal Legislatore stesso. Infatti all'allegato 3 del D.Lgs n 264/2006 vengono definiti i requisiti che deve rispettare la metodologia di analisi di rischio quantitativa al fine di risultare la metodologia analitica e ben definita identificata come idonea per determinare il livello di rischio proprio delle gallerie presenti sulla rete stradale italiana richiesta dalla Direttiva 2004/54/CE.

L'analisi di rischio richiesta dalla norma si riferisce esclusivamente all'analisi degli eventi considerati critici nello specifico ambiente confinato delle gallerie vale a dire incendi, collisioni con incendio, sversamenti di sostanze infiammabili, rilasci di sostanze tossiche e nocive e sono quindi esclusi gli eventi propri dell'incidentalità stradale, connessi a caratteristiche geometriche dell'infrastruttura e non indotti dallo specifico ambiente galleria.

La metodologia di Analisi di Rischio Quantitativa si deve riferire ad una galleria determinata e deve tener conto di:

- *incidentalità caratteristica della galleria, rilevata o di progetto;*
- *tutti gli elementi inerenti alle caratteristiche progettuali della stessa, come la lunghezza, la geometria e la pendenza;*
- *caratteristiche prestazionali dei requisiti di sicurezza di cui la galleria stessa è dotata;*
- *condizioni di traffico che incidono sulla sicurezza, quali il volume, la composizione ed il tipo di traffico, in particolare la percentuale di veicoli pesanti in transito giornaliero.*

La metodologia considera una galleria con le sue specifiche caratteristiche localizzata sul territorio ed in interazione con l'ambiente circostante.

I sottosistemi di sicurezza determinano la risposta del sistema alle condizioni di emergenza e conseguentemente definiscono le condizioni di pericolo per la popolazione esposta agli eventi critici possibili.

Gli scenari incidentali e la loro evoluzione in galleria in termini di pericolosità sono rappresentati mediante modelli che includano come elementi costitutivi l'albero delle cause, l'evento critico iniziatore e l'albero degli eventi.

L'evento critico iniziatore è caratterizzato in termini di probabilità di accadimento e pericolosità potenziale sulla base di evidenze statistiche per i sistemi galleria in generale, eventualmente integrate da dati disponibili per la singola galleria con riferimento ai tassi di incidentalità rilevati ed alle specificità progettuali della stessa.

L'albero degli eventi è caratterizzato intermini di probabilità di accadimento degli eventi critici iniziatori e di probabilità condizionate di evoluzione lungo i singoli specifici rami, come espressione dell'affidabilità e dell'efficienza delle misure di sicurezza installate o previste.

Gli eventi terminali dei rami dell'albero degli eventi, determinati in numero dalle combinazioni mutuamente esclusive delle azioni di condizionamento esercitate dalle misure mitigative previste, individuano gli scenari di fine emergenza possibili.

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 18 di 221
---	---	-------------------------	----------------

La salvabilità degli utenti in una specifica galleria è determinata attraverso la quantificazione e la zonizzazione del flusso del pericolo all'interno della struttura.

Le diverse zone del flusso del pericolo individuano le condizioni nelle quali si realizza il processo di esodo degli utenti dalla galleria.

La caratterizzazione del flusso del pericolo è ottenuta modellando l'evoluzione condizionata dai vincoli posti dalle misure di mitigazione previste dei fenomeni chimici e fisici che si instaurano in conseguenza dell'accadimento di eventi critici iniziatori.

La modellazione del flusso del pericolo è attuata con livelli di dettaglio diversi a seconda delle necessità ed utilizzando le migliori tecniche note e disponibili.

I risultati della modellazione del flusso del pericolo costituiscono i dati di ingresso per la simulazione del processo di esodo degli utenti dalla struttura.

Il numero degli utenti coinvolti nel processo di esodo è determinato attraverso la formulazione e la soluzione di idonei modelli di formazione delle code nella galleria analizzata.

I risultati dell'analisi di rischio sono utilizzati per costruire diversi indicatori quantitativi del rischio, a seconda delle necessità.

Il rischio connesso ad una galleria è definito come valore atteso del danno ovvero come distribuzione delle probabilità di superamento di predeterminate soglie di danno (Distribuzioni Cumulate Complementari riportate sul cosiddetto piano F - N).

- Il rischio come valore atteso del danno si ottiene come somma dei prodotti tra le probabilità dei singoli eventi critici iniziatori e le corrispondenti sommatorie delle probabilità degli eventi terminali dei singoli rami dell'albero degli eventi moltiplicate per i corrispondenti indicatori di danno espressi in numero di vittime normalizzato all'anno.

- Il rischio come distribuzione delle probabilità di superamento di predeterminate soglie di danno è rappresentato graficamente sul piano F - N (dove F indica la probabilità di superamento della soglia e N il numero di fatalità) dalla distribuzione cumulata complementare (probabilità di superamento delle soglie di danno ottenuta in corrispondenza dei valori degli indicatori di danno (soglie di danno associati agli eventi terminali dei singoli rami dell'albero degli eventi).

L'analisi di rischio dovrà essere utilizzata anche per valutare i livelli di rischio della galleria durante le fasi di esercizio provvisorio anche con aperture parziali.

1.3 Criteri di progettazione della sicurezza in galleria

Il principio adottato nella progettazione della sicurezza di un sistema galleria stradale è il principio della difesa multipla ed in profondità all'attacco del fenomeno traffico. Esso è attuato mediante la realizzazione di misure di sicurezza multiple e diverse nella specificità funzionale, atte a garantire i livelli di sicurezza richiesti per la struttura e per la salute pubblica.

La sicurezza di una galleria, in base al principio di progettazione introdotto, richiede la realizzazione di sistemi specifici per il controllo, la mitigazione, la prevenzione degli eventi incidentali che in essa possono verificarsi.

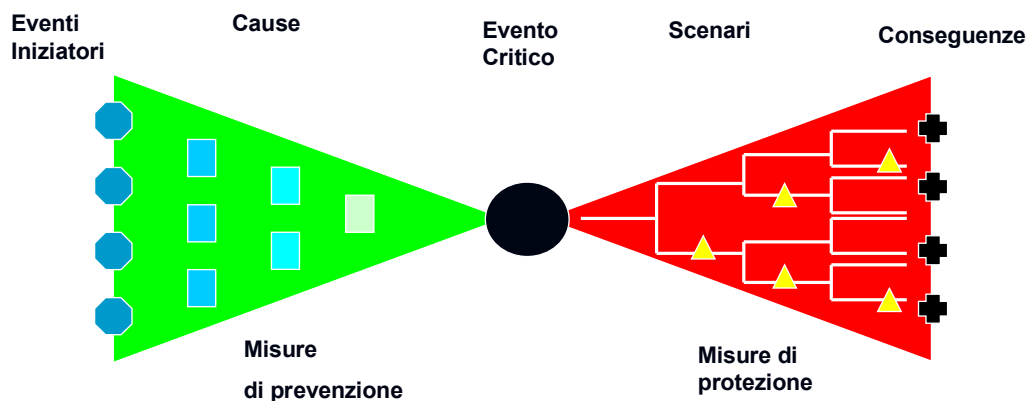
I sistemi di sicurezza realizzati determinano la risposta della struttura alle condizioni di emergenza e la risposta della popolazione esposta agli eventi incidentali.

Una rappresentazione schematica del principio di progettazione introdotto è mostrata nella successiva figura.



Inoltre utilizzando la tecnica diagramma a farfalla nota ed accettata nella letteratura della sicurezza dei sistemi di processo, è possibile visualizzare le “misure di sicurezza” installate o previste per il sistema galleria analizzato suddividendole in funzione dell’azione di sicurezza che svolgono:

- misure di sicurezza ad azione preventiva, finalizzate alla riduzione del tasso di accadimento degli eventi critici possibili
- misure di sicurezza ad azione protettiva finalizzate alla mitigazione delle conseguenze possibili a seguito dell’accadimento di un evento critico e che agiscono:
 - sul contenimento del flusso del pericolo derivante da un evento incidentale quale per esempio i prodotti della combustione a seguito di un incendio attraverso per esempio la riduzione della potenza termica del focolaio, il controllo del processo di dispersione dei fumi ecc.
 - sulla facilitazione delle azioni di auto-soccorso in fase di esodo quali realizzazione di uscite di emergenza, incremento della visibilità, miglioramento delle comunicazioni verso gli utenti della galleria;
 - sulla facilitazione del soccorso in condizioni di emergenza quali realizzazione di accessi carrabili, miglioramento delle comunicazioni, assicurazione dell’approvvigionamento idrico, ecc.



	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 20 di 221
---	---	-------------------------	----------------

Le misure di sicurezza possono essere distinte in:

- misure di sicurezza strutturali,
- misure di sicurezza tecnologiche,
- misure di sicurezza comportamentali.

Le caratteristiche di sicurezza di un sistema galleria stradale sono determinate dall'efficacia delle misure di sicurezza installate o previste in quanto elementi condizionanti l'evoluzione di sequenze incidentali possibili. L'efficacia di una misura di sicurezza dipende dall'efficienza e dall'affidabilità della misura stessa.

L'efficienza di una misura di sicurezza è definita come l'abilità di una misura di sicurezza tecnologica a realizzare una funzione di sicurezza per un fissato intervallo temporale operando in modo non degradato in specifiche condizioni.

L'efficienza deve essere dimostrata per gli scenari incidentali possibili; la determinazione dell'efficienza di una misura di sicurezza richiede la valutazione del progetto ossia la verifica dell'idoneità delle regole e dei codici utilizzati nella progettazione e la compatibilità con il sistema galleria stradale e deve essere effettuata nella fase di analisi della sicurezza del sistema galleria sulle basi dei dati resi disponibili dai fornitori od indicati dai progettisti, applicando norme e guide tecniche riconosciute ed accettate, realizzando prove in situ.

L'affidabilità di una misura di sicurezza, inversamente proporzionale alla probabilità di malfunzionamento della misura stessa, rappresenta la probabilità che la misura di sicurezza compia la funzione di sicurezza ad essa richiesta in modo conforme all'efficienza nel tempo di risposta fissato per tutte le condizioni operative previste e per un determinato intervallo di tempo.

Il tempo di risposta di una misura di sicurezza, definito come l'intervallo temporale che intercorre tra l'attivazione della misura e l'attivazione completa della funzione di sicurezza alla quale è preposta, deve essere compatibile con la cinetica degli scenari; la determinazione del tempo di risposta deve essere effettuata nella fase di analisi della sicurezza del sistema galleria sulla base dei dati resi disponibili dai fornitori od indicati dai progettisti applicando norme riconosciute ed accettate, realizzando prove in situ; il tempo di risposta dipende da numerosi fattori come l'addestramento degli addetti, la rapidità di diagnosi in presenza di eventi incidentali, l'accessibilità delle misure di sicurezza ad azionamento manuale, la conoscenza acquisita dagli operatori delle procedure di gestione dell'emergenza.

Nel successivo grafico vengono riportate alcune delle misure di sicurezza che realizzano le misure di prevenzione e le misure di protezione previste dalla norma.



Le scelte progettuali relative alle misure di sicurezza presenti in un sistema galleria devono essere quindi verificate mediante l'analisi di rischio di tipo quantitativa che la Direttiva 54/2004/CE ha individuato quale strumento analitico da utilizzare per determinare il livello di sicurezza di una galleria.

La necessità di utilizzare criteri di valutazione di tipo quantitativo e di adottare un approccio di tipo sistemico come avviene nell'IRAM, nasce dal fatto che la percezione del pericolo, ovvero la percezione psichica del rischio, è soggettiva in quanto è legata alla confidenza che il soggetto ha con il sistema (mezzo, impianto, struttura, ecc.) utilizzato.

Pertanto non si può ricorrere ad una semplicistica elencazione dei provvedimenti da adottare per la sicurezza di una infrastruttura, se prima non si sono definiti esattamente i rischi più probabili ed i livelli di sicurezza ammessi.

Un tale metodo ha il pregio di evitare che eventi tragici, che investono la sfera emotiva, portino a sovradimensionare gli interventi destinati alla sicurezza, con aggravii economici tali da mettere in crisi le capacità d'investimento di un paese, sottraendo risorse che potrebbero essere destinate ad opere di maggiore priorità.

Un approccio corretto e coerente con le reali necessità di una determinata infrastruttura consente un'ottimizzazione degli investimenti, che rende più realizzabile il perseguimento degli obiettivi di sicurezza su larga scala.

Un ulteriore vantaggio che si consegue adattando interventi mirati ad uno specifico sistema galleria è che, in tal modo, si evita di riproporre soluzioni standard, altrimenti applicate passivamente in tutti i casi, e allo stesso tempo si incentiva la ricerca di soluzioni tecnologiche innovative.

È il caso di ricordare che per rischio si intende la conversione di un pericolo potenziale in conseguenze fattive.

Per salvaguardia si intende il complesso delle azioni di condizionamento esercitate sul rischio dal comportamento della popolazione, dalle soluzioni strutturali, dai sistemi tecnologici, dalle procedure di gestione e controllo.

Tra i due concetti sussiste la seguente relazione:

$$\text{Rischio} = \text{Pericolo} \times (\text{Salvaguardia})^{-1}$$

La relazione introdotta consente di comprendere come sia impossibile avere un rischio nullo.

Il rischio non è una grandezza fisica e quindi misurabile: è però possibile definirlo matematicamente utilizzando la teoria degli insiemi. Secondo tale approccio, il rischio è definito come un'applicazione (vedi figura 2) tra l'insieme degli eventi pericolosi e l'insieme delle conseguenze. Entrambi questi insiemi sono di tipo probabilistico. L'insieme delle conseguenze definisce il potenziale danno associabile ad un sistema sede di eventi pericolosi.

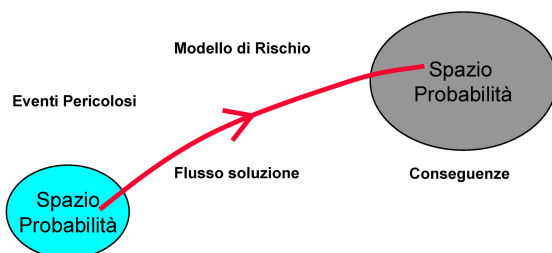


Figura 2: Rischio come applicazione tra insiemi probabilistici

Pertanto la progettazione della sicurezza non può riferirsi ai soli concetti di scenario incidentale ed evento dimensionante ma deve riferirsi ai concetti di insieme probabilistico di scenario di esodo e di distribuzioni attese del danno correlate attraverso la simulazione del flusso del pericolo e del processo di esodo in una determinata galleria. L'Analisi di Rischio, come prevede l'IRAM, deve essere condotta secondo l'approccio bayesiano classico, con analisi delle incertezze, e deve considerare la galleria con le sue specifiche caratteristiche, nonché tutti i sistemi di sicurezza, caratterizzati in termini di affidabilità ed efficienza, che determinano la risposta del sistema galleria alle condizioni di emergenza e definiscono le condizioni di pericolo per la popolazione esposta agli eventi critici possibili caratterizzati con la loro probabilità di accadimento. I risultati dell'analisi di rischio devono essere espressi in indicatori quantitativi del rischio ed in particolare in termini di curve cumulate complementari e valore atteso del danno (Italian Risk Analysis Method).

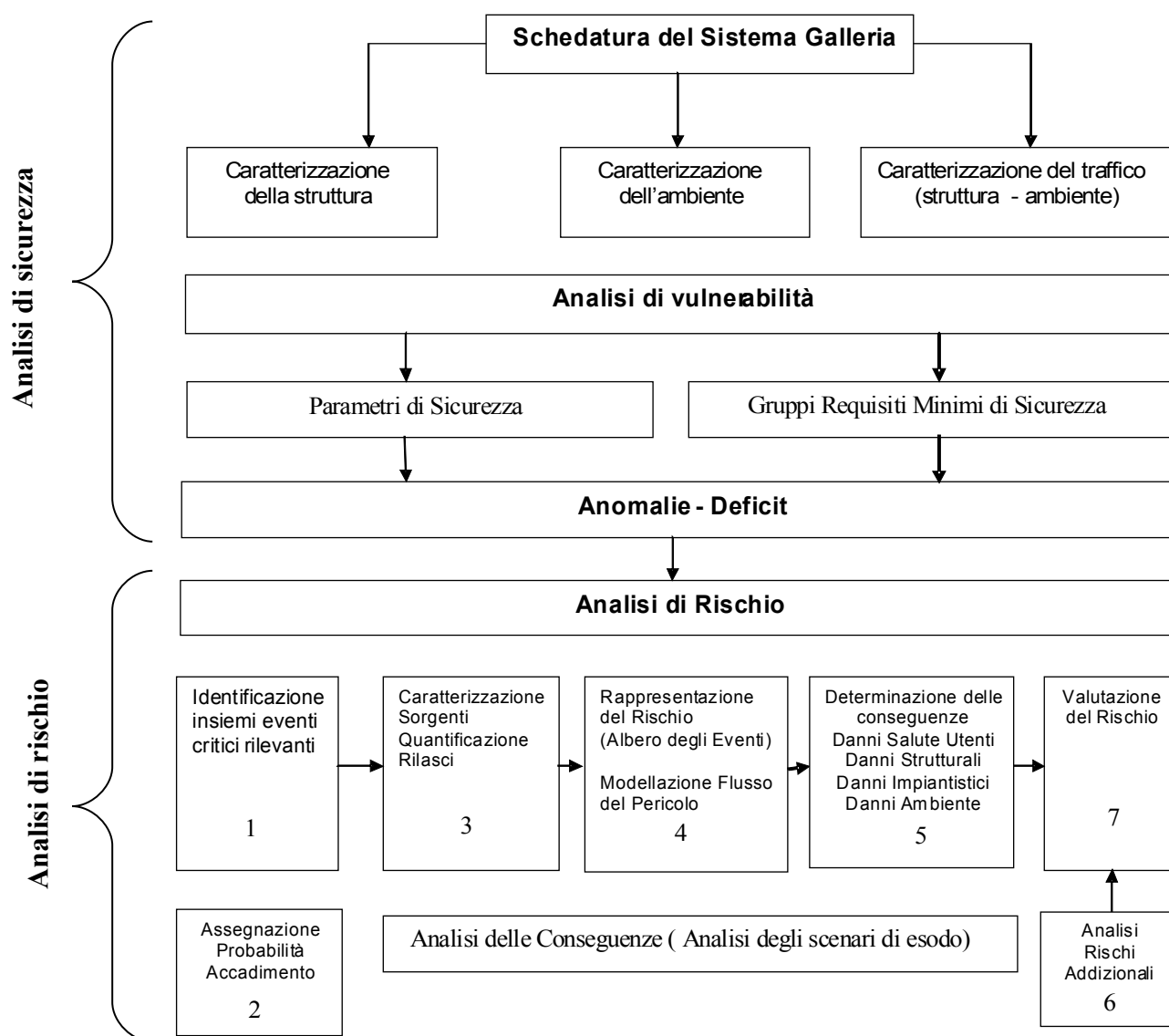
In tale contesto l'analisi di rischio, quale strumento analitico da utilizzare per determinare il livello di sicurezza di una galleria, in accordo al testo della Direttiva, è la disciplina scientifica da utilizzare per:

- stabilire la necessità di misure integrative rispetto ai requisiti minimi di sicurezza quando una galleria presenti anomalie nei parametri di sicurezza;
- stabilire l'equivalenza tra misure di sicurezza alternative e/o compensative rispetto ai requisiti minimi di sicurezza;
- valutare l'entità delle conseguenze derivanti da eventi incidentali pertinenti al sistema galleria che pregiudichino la sicurezza e l'incolumità degli utenti, degli addetti, dei servi di soccorso.

1.4 Procedura di progettazione della sicurezza

Gli approfondimenti tecnico-scientifici condotti in questi ultimi anni nel campo dell'ingegneria della sicurezza hanno consentito di precisare le sequenze logiche a cui riferire il progetto della sicurezza di una galleria ed i metodi analitici a cui attenersi.

Il processo di progettazione della sicurezza nelle gallerie stradali segue le seguenti fasi, schematizzate in figura 3 ed illustrate di seguito.



Fase 1: schedatura del sistema galleria: come in ogni processo progettuale anche per il progetto della sicurezza non si può prescindere dall'acquisizione dei dati di base, riguardanti principalmente i dati sulle caratteristiche geometriche, strutturali e impiantistiche dell'opera, sul traffico e sull'incidentalità, sulle eventuali particolarità esterne alla galleria che ne possono

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 24 di 221
---	---	-------------------------	----------------

rappresentare fattori di pericolo, costituendo fra l'altro opportune banche dati secondo criteri codificati.

Fase 2: Analisi di vulnerabilità dell'infrastruttura: raccolti i dati di base, si passa ad una prima fase di elaborazione che consiste nell'analisi di vulnerabilità del sistema galleria, attraverso la quale sono identificati i potenziali pericoli connessi al sistema galleria da cui sono successivamente definiti i possibili scenari di pericolo. L'analisi di vulnerabilità consente di avere un quadro qualitativo della pericolosità della galleria propedeutico all'individuazione di anomalie nei parametri di sicurezza e deficit nei requisiti minimi di sicurezza ed alla successiva definizione delle eventuali misure integrative da adottare.

Fase 3. Verifica di conformità: i risultati dell'Analisi di Vulnerabilità consentono di identificare anomalie nei parametri di sicurezza e deficit nei requisiti minimi fissati dalle norme, e permettono l'individuazione della procedura di analisi di rischio da utilizzare nella fase successiva di verifica.

Fase 4: Individuazione e progettazione dei requisiti di sicurezza in termini strutturali ed impiantistici: dall'analisi di vulnerabilità e dall'analisi di rischio il progettista della sicurezza può comprendere quali strumenti di sicurezza adottare tra le misure con funzione di prevenzione, di protezione o di mitigazione (ovvero di facilitazione all'esodo). Nel caso di gallerie nuove l'analisi di rischio definisce il layout progettuale consentendo l'ottimizzazione tra interventi strutturali, impiantistici e gestionali. Nel caso di gallerie esistenti attraverso l'analisi di rischio si verifica se le misure di tipo geometrico e strutturale e le misure di tipo impiantistico presenti, consentono il soddisfacimento degli obiettivi di sicurezza richiesti dalla norma. Nel caso di verifica negativa la progettazione della sicurezza prevede l'individuazione di soluzioni strutturali, dispositivi impiantistici, misure gestionali, anche di tipo innovativo, che permettano di conseguire gli obiettivi di sicurezza prefissati dalla norma e la successiva verifica delle scelte operate tramite un'analisi di rischio quantitativa.

Fase 5: Analisi di rischio per la verifica del raggiungimento degli obiettivi di sicurezza: il processo progettuale segue, a questo punto, con lo studio, su basi probabilistiche, degli eventi pericolosi, a partire dalle cause che possono generare gli eventi iniziatori del processo che porta un pericolo potenziale a divenire un pericolo reale, fino ad arrivare alla individuazione e caratterizzazione in termini di probabilità di accadimento e danno, degli scenari di fine emergenza.

La rappresentazione delle cause incidentali possibili e la determinazione della probabilità di accadimento degli eventi critici iniziatori avviene con le tecniche dell'albero delle cause (FMA - Failure Modelling Analysis). L'albero delle cause permette anche la rappresentazione dell'azione, fornita dalle misure di prevenzione sugli eventi iniziatori che possono evolvere verso scenari incidentali.

L'insieme degli scenari incidentali pertinenti al sistema galleria vengono definiti con la tecnica dell'albero degli eventi, dove ogni ramo dell'albero rappresenta uno scenario incidentale possibile. Le azioni mirate a condizionare l'evoluzione di uno scenario incidentale sono fornite dalle misure di sicurezza di protezione e mitigazione.

L'analisi di rischio quantitativa utilizzata nel processo di progettazione della sicurezza può essere chiaramente rappresentata dal cosiddetto diagramma a farfalla.

Fase 6: Piani di emergenza: in ottemperanza alle prescrizioni legislative di recente emanazione il progetto della sicurezza che descrive le misure preventive ed i sistemi e dispositivi di

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 25 di 221
---	---	-------------------------	----------------

protezione necessari per garantire la sicurezza degli utenti e del personale addetto ai servizi di pronto intervento sarà completato con i documenti relativi alla gestione della sicurezza per la messa in esercizio del tunnel e per l'effettuazione delle esercitazioni periodiche.

In particolare il progetto della sicurezza sarà integrato:

- dalle modalità organizzative definite per garantire il funzionamento e la manutenzione della galleria;
- da un piano di gestione dell'emergenza, elaborato in collaborazione con i servizi di pronto intervento che tiene conto degli utenti e del personale addetto ai servizi di pronto intervento;
- da un sistema di acquisizione ed aggiornamento del quadro conoscitivo sugli eventi, incidenti e malfunzionamenti significativi, compresa la loro analisi;
- dal piano delle esercitazioni di sicurezza svolte;
- dal programma di formazione del personale.

Per le nuove gallerie il progetto della sicurezza dovrà precedere qualsiasi altra progettazione geotecnica-strutturale ed impiantistica, in quanto da questa fase progettuale propedeutica scaturiranno i lay-out su cui riferire le caratteristiche dell'opera. Tali caratteristiche spesso sono state definite sulla base di soluzioni precostituite, fondate più sulla consuetudine che su una attenta progettazione che garantisca la reale sicurezza dell'opera, ottimizzando le risorse economiche a disposizione del paese.

1.4.1 Schedatura del sistema galleria

Come già detto il processo di progettazione della sicurezza inizia con l'acquisizione dei dati di base relativi alla galleria oggetto di analisi e che necessariamente devono comprendere i seguenti aspetti:

- **Caratteristiche geometriche e Strutturali della galleria:** per una corretta valutazione della vulnerabilità della galleria e per i successivi passi del progettazione è necessario acquisire tutte le informazioni sulle caratteristiche geometriche e strutturali dell'opera, con particolare riferimento alla lunghezza, alla conformazione della sezione trasversale (numero, larghezza e direzionalità delle corsie, altezza o gabarit, marciapiedi, ecc.), alle caratteristiche geometriche del tracciato e, per le opere esistenti, tipologia e anno di costruzione. Se si tratta di opera in progetto questi parametri rappresenteranno le ipotesi di base, suscettibili di modifica a seguito delle verifiche sulla sicurezza dell'opera;
- **Caratteristiche degli impianti presenti:** è necessario inoltre acquisire nel processo di progettazione della sicurezza le caratteristiche degli impianti presenti in galleria con particolare riferimento alle prestazioni che tali impianti possono garantire sia in caso di normale esercizio sia in situazioni di emergenza e all'affidabilità che essi stessi possono assicurare. Per le gallerie esistenti particolare importanza assumono gli interventi di manutenzione effettuati nel tempo che possono aver modificato le caratteristiche originarie degli impianti di cui si deve tener conto sia nell'analisi di vulnerabilità, ma soprattutto nell'analisi di rischio;
- **Caratteristiche dell'ambiente circostante:** le caratteristiche ambientali in cui è inserita l'opera, rilevanti ai fini della progettazione della sicurezza, riguardano:

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 26 di 221
---	---	-------------------------	----------------

- le condizioni meteorologiche quali la piovosità, la prevalente differenza di pressione ai due imbocchi, la direzione dei venti prevalente, la presenza o meno di nebbia, ecc.;
- l'accessibilità alla galleria attraverso viabilità alternative per la gestione delle situazioni di emergenza;
- la possibile localizzazione delle squadre di soccorso.
- **Caratteristiche del traffico:** le caratteristiche del traffico in termini di volumi, composizione del traffico, regime di traffico (es. curve di velocità) influenzano come vedremo nel seguito sia la vulnerabilità della struttura sia l'evoluzione del flusso del pericolo e la popolazione esposta e quindi il livello di rischio della galleria;
- **Incidentalità specifica della galleria o della tratta stradale su cui è collocata la galleria:** i dati relativi all'incidentalità registrata sulla galleria forniscono il punto di partenza per la determinazione del livello di rischio della galleria e possono fornire una utile indicazione in fase di analisi di vulnerabilità su eventuali anomalie che si possono riscontrare sui parametri di sicurezza.

Il modello di schedatura del sistema galleria proposto e riportato nell'allegato II è articolato in un insieme di schede appartenenti a tre classi distinte e complementari:

- schede di struttura,
- schede di evento,
- schede di intervento.

Le schede struttura comprendono:

- dati di identificazione geografica e giuridica dell'opera,
- dati di caratterizzazione dell'ambiente circostante,
- dati di caratterizzazione geometrica dell'opera,
- dati statistici sul traffico e sull'incidentalità nella struttura e nell'ambiente circostante,
- dati sinottici sui sistemi di sicurezza installati o previsti,
- dati sulle esercitazioni periodiche su scala reale ovvero sulle simulazioni di eventi incidentali rilevanti condotte.

Le schede di struttura, raccolte dagli organi competenti, potrebbero costituire la base per la costruzione di una banca dati rigorosa ed omogenea a disposizione degli esperti per effettuare indagini mirate da utilizzare nell'analisi di rischio di eventi incidentali nell'ambito del sistema trasporti.

Le schede di evento comprendono:

- a) dati sull'evoluzione temporale di un evento incidentale critico,
- b) dati sulle condizioni meteo-climatiche all'atto dell'evento,
- c) dati sulle condizioni di traffico riscontrate all'atto dell'evento,
- d) dati sulle tipologie dei veicoli coinvolti e sui carichi trasportati,
- e) dati sulle cause primarie dell'evento,
- f) dati sullo stato attuale di funzionamento degli impianti,
- g) dati sullo stato di manutenzione degli impianti.

Le schede di evento potrebbero costituire la base per aggiornare le misure di sicurezza ed impiegare in modo ottimale i sistemi di sicurezza nell'azione di intervento.

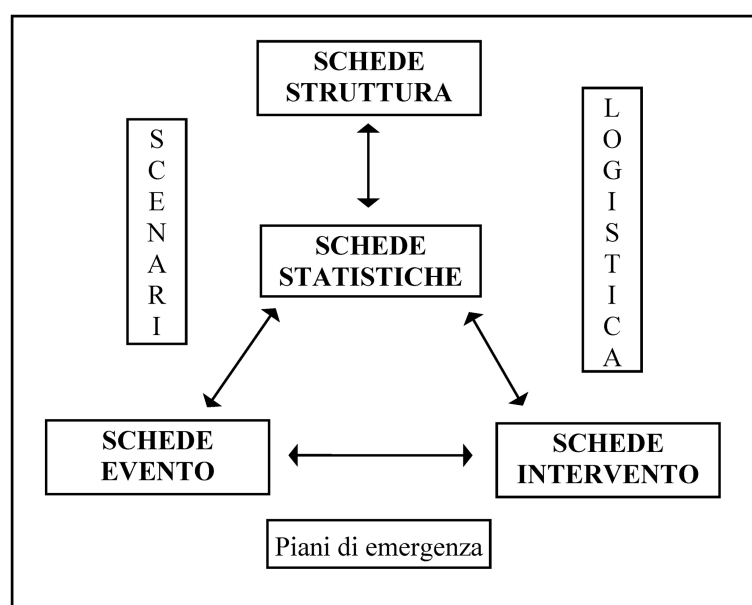
Le schede di intervento comprendono:

- a) dati sulla tempistica di intervento,

- b) dati sul personale impiegato,
- c) dati sugli automezzi e le attrezzature impiegate,
- d) dati sullo stato degli impianti,
- e) dati sullo scenario incidentale,
- f) dati sulle operazioni di intervento.

Le schede di intervento potrebbero costituire la base per ottimizzare i tempi e le strategie di intervento, razionalizzare la gestione del personale e delle attrezzature, affinare la logistica nell'emergenza.

La struttura logica soggiacente al modello di schedatura proposto è sintetizzata nel successivo diagramma.



Il modello di schedatura proposto non ha carattere cogente. Esso può essere utilizzato per le parti di specifica competenza dai soggetti coinvolti nella progettazione e nella gestione del sistema galleria stradale.

Il modello di schedatura proposto risulta funzionale al gestore del sistema galleria in quanto consente l'acquisizione dei dati necessari alla redazione di procedure di manutenzione e gestione delle risorse così come alla determinazione dell'affidabilità e dell'efficienza dei sistemi di sicurezza.

La componente del modello di schedatura coincidente con le schede di struttura può essere utilizzata dai progettisti nella fase di acquisizione dei dati necessari alla formulazione del progetto e come lista di controllo dei sistemi di sicurezza da realizzare.

1.4.2 Analisi di vulnerabilità della galleria

Raccolti i dati di base, mediante la schedatura sopra descritta si passa ad una prima fase di elaborazione che consiste nell'analisi di vulnerabilità della galleria che prevede le seguenti fasi:

- individuazione dei parametri di sicurezza della galleria;

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 28 di 221
---	---	-------------------------	----------------

- individuazione dei fattori di pericolo connessi alla galleria in esame dall'analisi delle anomalie che la galleria presenta rispetto ai parametri di sicurezza;
- individuazione del gruppo di requisiti minimi di sicurezza di appartenenza della galleria;
- valutazione della vulnerabilità della galleria
- valutazione dei tassi di accadimento degli eventi incidentali;
- determinazione della frequenza di accadimento degli eventi incidentali, identificata con la misura di sicurezza del sistema galleria e valutata in termini dei parametri di sicurezza principali e dei tassi di accadimento degli eventi incidentali.

1.4.2.1 Parametri di sicurezza

Come riportato all'allegato 2 del D.Lgs n 264/2006 per individuare le misure di sicurezza da realizzare in una galleria è necessario analizzare in modo sistematico tutti gli aspetti del sistema consistenti nell'infrastruttura, l'esercizio, gli utenti e i veicoli e pertanto è necessario tener conto dei seguenti parametri di sicurezza.

- lunghezza della galleria,
- numero di fornici,
- numero di corsie,
- geometria della sezione trasversale,
- allineamento verticale e orizzontale,
- tipo di costruzione,
- traffico unidirezionale o bidirezionale,
- volume di traffico per fornici (compresa la distribuzione nel tempo),
- rischio di congestione (giornaliero o stagionale),
- tempo di intervento dei servizi di pronto intervento,
- presenza e percentuale di veicoli pesanti,
- presenza, percentuale e tipo di trasporto di merci pericolose,
- caratteristiche delle strade di accesso,
- larghezza delle corsie,
- considerazioni relative alla velocità,
- condizioni geografiche e meteorologiche.

Tali parametri di sicurezza identificati dal D.Lgs n 264/2006 sono distinti in:

1. parametri di sicurezza principali,
2. parametri di sicurezza caratteristici.

1. I Parametri di Sicurezza Principali sono identificati con:

- la Lunghezza della Struttura (L)
- il Traffico Giornaliero Medio incidente sulla Struttura (TGM)

2. I Parametri di Sicurezza Caratteristici sono identificati con:

- il numero di corsie per senso di marcia,
- la larghezza delle corsie,
- la pendenza,

- il raggio di curvatura,
- la composizione del traffico (frazione di veicoli pesanti, trasporto ADR),
- la congestione del traffico (durata, velocità dei veicoli),
- la stagionalità del traffico,
- le condizioni meteo-climatiche ai portali (nebbia, precipitazioni).

L'analisi dei parametri di sicurezza consente di definire se una galleria ha caratteristiche speciali secondo quanto indicato all'allegato 3 del D.Lgs n 264/2006.

1.4.2.2 Fattori di pericolo

I Parametri di Sicurezza Caratteristici, definiti al paragrafo 1.4.2.1 sono i parametri correntemente utilizzati nell'analisi degli eventi incidentali sui tracciati stradali e sono utilizzati per:

- definire un insieme di Fattori di Pericolo per un sistema galleria,
- costruire una scala del pericolo per l'ordinamento di sicurezza dei sistemi galleria,
- stimare il tasso di accadimento degli eventi incidentali per un sistema galleria,
- stimare la frequenza di accadimento degli eventi incidentali per un sistema galleria.

L'applicazione di un modello binomiale negativo a serie storiche di eventi incidentali rilevati su base annua e per tratti omogenei della rete stradale nazionale (vedi allegato 4) ha consentito agli estensori dell'IRAM di:

- quantificare le variazioni del tasso di accadimento degli eventi incidentali in funzione dei valori dei Parametri di Sicurezza Caratteristici;
- stabilire valori limite dei Parametri di Sicurezza Caratteristici per i quali il tasso di accadimento degli eventi incidentali non subisce variazioni significative dal punto di vista statistico.

I valori limite dei Parametri di Sicurezza Caratteristici per i quali non si verificano variazioni significative nel tasso di accadimento degli eventi incidentali sono riportati nella successiva tabella:

Parametro di Sicurezza Caratteristico	Unidirezionale	Bidirezionale
Numero di corsie per senso di marcia	3	2
Larghezza corsie [m]	3,5	3,5
Pendenza [%]	5	3
Raggio di Curvatura [m]	1000	100
Frazione veicoli pesanti [%]	15	15
Congestione Traffico [min/giorno]	30	30
Stagionalità traffico	2	2
Nebbia [% annua]	20	20
Precipitazioni [% annua]	20	20

L'approccio adottato prevede la scomposizione dei dati reperiti in letteratura in due macro-gruppi:

- dati inerenti le collisioni,
- dati inerenti gli eventi critici rilevanti.

L'analisi delle serie storiche dei dati finalizzata alla determinazione delle frequenze di accadimento degli eventi di collisione e la dipendenza dai parametri di sicurezza caratteristici è stata condotta adottando un modello di inferenza statistica di tipo binomiale negativo.

I fattori di pericolo per il sistema galleria stradale sono raggruppati in:

- fattori di pericolo connessi alle caratteristiche architettoniche e strutturali dell'opera,
- fattori di pericolo connessi all'ambiente circostante,
- fattori di pericolo connessi al fenomeno traffico.

I fattori di pericolo connessi alle caratteristiche architettoniche e strutturali dell'opera possono essere individuati in termini di:

- anno di costruzione,
- lunghezza (galleria singola, gallerie in serie),
- sezione (larghezza della carreggiata, altezza massima, marciapiedi),
- tracciato (profilo orizzontale e verticale della galleria e delle zone di imbocco),
- tipologia costruttiva (unidirezionale, bidirezionale, corsie di emergenza).

I fattori di pericolo connessi alle caratteristiche dell'ambiente possono essere individuati in termini di:

- condizioni meteorologiche prevalenti agli imbocchi ed orientazione,
- accessibilità della struttura (accesso agli imbocchi, accesso alla galleria, viabilità alternativa),
- localizzazione sul territorio delle squadre di soccorso.

I fattori di pericolo connessi al traffico possono essere individuati in termini di:

- volume di traffico (traffico giornaliero medio, stagionalità),
- composizione del traffico (traffico pesante, traffico ADR),
- regimi di traffico (traffico scorrevole, traffico congestionato).

L'insieme dei Fattori di Pericolo possono essere così sintetizzati:

Fattori di Pericolo	Caratteristiche dei Fattori di Pericolo
Struttura	Tipologia costruttiva, Numero di corsie, Larghezza delle Corsie, Tracciato
Traffico	Composizione, Velocità, Congestione, Stagionalità
Condizioni meteo-climatiche	Vento, Precipitazioni, Nebbia
Accessibilità	Imbocchi, Galleria di Emergenza, Viabilità alternativa

I Parametri di Sicurezza Caratteristici costituiscono inoltre le variabili indipendenti del tasso di accadimento degli eventi incidentali.

La dipendenza del tasso di accadimento degli eventi incidentali dai parametri di sicurezza caratteristici è determinata applicando modelli di inferenza statistica noti ed accettati a banche dati reperite nella letteratura libera ovvero a banche dati specifiche di un sistema galleria.

I risultati dell'analisi statistica delle serie storiche di dati sull'incidentalità stradale mirata all'identificazione dei legami funzionali tra frequenza di accadimento e parametri di sicurezza caratteristici permettono di definire una scala semi-quantitativa del pericolo sintetizzata nelle successive tabelle. Le tabelle riportate sono ordinate per importanza dei fattori di pericolo e per peso relativo delle caratteristiche specifiche dei fattori di pericolo.

I	Struttura-Tipologia costruttiva
1	Unidirezionale + corsia di emergenza
2	Unidirezionale
3	Bidirezionale

II	Struttura-Corsie	
1	Numero Corsie	Larghezza
2	1-2	$L > 3.5 \text{ m}$
3		$3.5 < L < 3 \text{ m}$
4		$L < 3 \text{ m}$
5	> 2	$L > 3.5 \text{ m}$
6		$3.5 < L < 3 \text{ m}$
7		$L < 3 \text{ m}$

III	Struttura-Tracciato	
	Pendenza	Disegno
1	$< 3\%$	Dritta
2		Curva – Imbocchi dritti
3		Dritta – Imbocchi curvi
4		Curva – Imbocchi curvi
5	$> 3\%$	Dritta
6		Curva – Imbocchi dritti
7		Dritta – Imbocchi curvi
8		Curva – Imbocchi curvi

IV	Traffico-Composizione
	%Veicoli pesanti
1	< 15%
2	>15%<30%
3	>30%
4	Veicoli ADR

V	Traffico-Velocità
	Limiti di velocità
1	50 km/h
2	70 km/h
3	90 km/h
4	100 km/h
5	>=110 km/h

VI	Traffico-Congestione
	Durata (min/giorno) Vel Media < 20 km/h
1	0
2	>15 min
3	>30 min
4	>60 min

VII	Traffico-Stagionalità
	TGM (Medio mensile max)/ TGM (Medio annuo)
1	< 1,25
2	1,25 ÷ 2
3	>2

VIII		Ambiente-Condizioni meteoclimatiche
	Condizione	Frequenza
1	Vento	Bassa
2		Stagionale
3		Elevata
1	Precipitazioni	Bassa
2		Stagionale
3		Elevata
1	Nebbia	Bassa
2		Stagionale
3		Elevata

IX	Ambiente-Accessibilità
1	Imbocchi ,Galleria di emergenza, Viabilità alternativa

2	Imbocchi ,Viabilità alternativa
3	Imbocchi
4	Singolo imbocco

La scala del pericolo introdotta, pur se ottenuta applicando a dati reali modelli e tecniche di inferenza statistica noti ed accettati, non ha carattere cogente non essendo stato reperito alcun supporto normativo da assumere come riferimento.

La scala del pericolo introdotta può essere utilizzata, a discrezione degli analisti del rischio, nella fase di progettazione della sicurezza mirata all'identificazione delle anomalie nei parametri di sicurezza, ovvero nella fase iniziale di una progettazione integrata di un'infrastruttura.

1.4.2.3 Gruppi di requisiti minimi di sicurezza

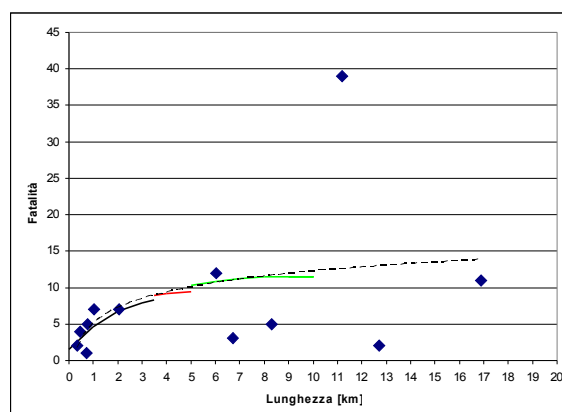
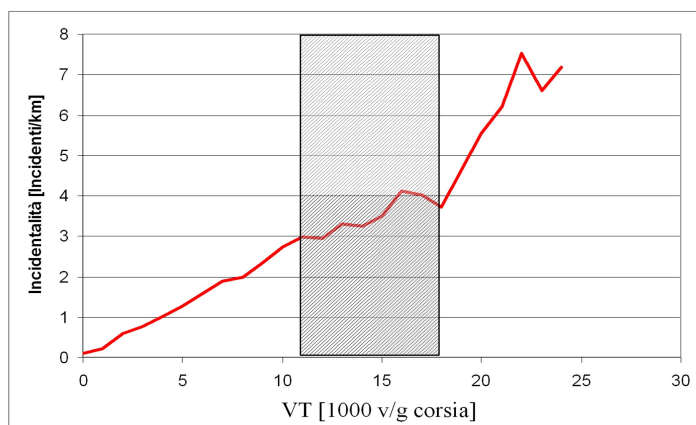
L'importanza attribuita dalla Direttiva Europea ai Parametri di Sicurezza Principali è tenuta in conto nella metodologia di progettazione della sicurezza introducendo l'Indice Ordinalità Base, definito come:

$$I_b = L \cdot TGM$$

L'IRAM identifica valori limite per i Parametri di Sicurezza Principali in funzione della tipologia costruttiva di un sistema galleria applicando il metodo dei minimi quadrati a:

- serie storiche di eventi incidentali rilevati sulla rete stradale nazionale in funzione del volume di traffico (dati AISCAT),
- serie storiche di fatalità indotte da eventi di incendio in sistemi galleria nel mondo in funzione della lunghezza della struttura (dati PIARC).

Il valore limite del volume di traffico di 10.000 v/giorno corsia, individuato dalla norma per prescrivere la divisione dei flussi di traffico mediante la realizzazione di gallerie a doppio fornice, coincide con il valore in corrispondenza del quale l'andamento della curva di regressione delle serie storiche di eventi incidentali rilevati sulla rete stradale nazionale presenta un primo significativo cambio di pendenza.



L'andamento della curva di regressione delle serie storiche del tasso di mortalità per eventi di incendio, in funzione del parametro lunghezza, presenta una prima discontinuità in corrispondenza del valore di 4.000 m.

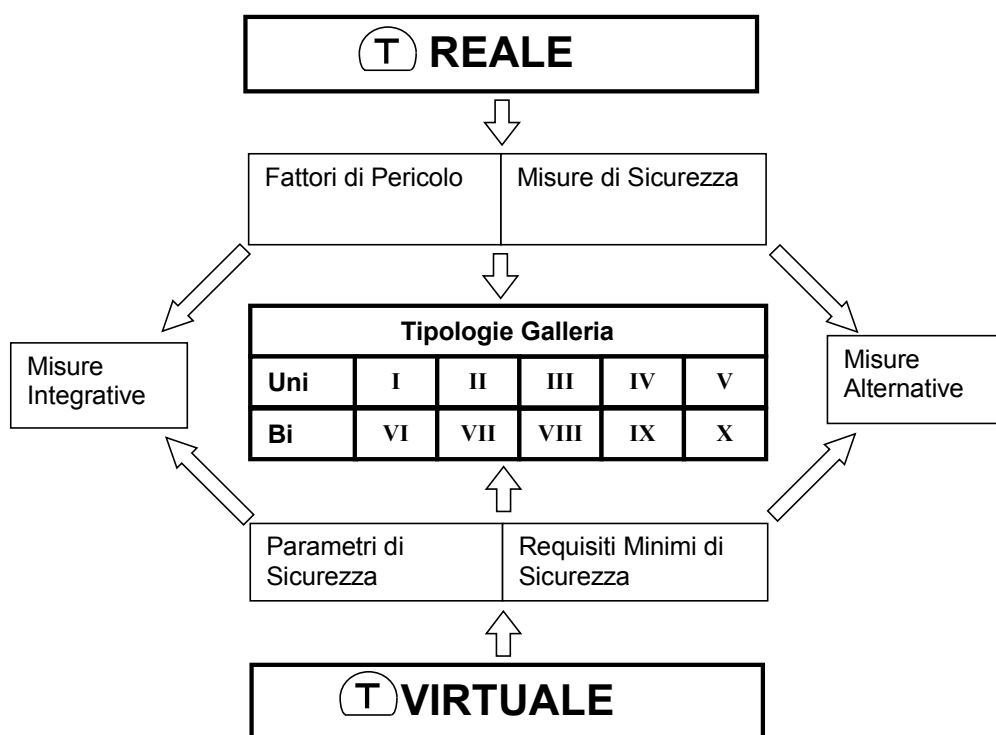
Prendendo a riferimento i valori limiti dei parametri di sicurezza principali definiti dal Decreto Legislativo che trovano rispondenza con le analisi dei dati sull'incidentalità è possibile stabilire una corrispondenza univoca tra gruppi gallerie e gruppi omogenei di requisiti minimi di sicurezza secondo la tabella di seguito riportata.

Gallerie unidirezionali	500<L<1000	L>1000	500<L<1000	1000<L<3000	L>3000
VT < 2.000 v/g cor	I	II			
VT > 2.000 v/g cor			III	IV	V
Gallerie bidirezionali	500<L<1000	L>1000	500<L<1000	1000<L<3000	L>3000
VT < 2.000 v/g cor	VI	VII			
2.000 < VT < 10.000 v/g cor			VIII	IX	X

I Requisiti Minimi di Sicurezza prescritti dal Decreto Legislativo per i sistemi galleria stradale identificati per tipologia costruttiva e valori dei parametri di sicurezza principali ad essi propri sono sintetizzati nelle tabelle riportate nell'Allegato 3.

La definizione dei gruppi di requisiti minimi consente di definire la galleria virtuale come quella galleria dotata di tutti i requisiti minimi richiesti dal gruppo di appartenenza.

La successiva figura esemplifica l'analisi di vulnerabilità per il sistema galleria stradale.



L'analisi di vulnerabilità definisce il livello di sicurezza accettabile per un sistema galleria come il livello di sicurezza ottenuto assumendo che esso sia dotato dei requisiti minimi di sicurezza previsti per il gruppo di appartenenza, nell'ipotesi che le misure di sicurezza strutturali e i sistemi di sicurezza che pongono in essere le misure impiantistiche, siano realizzati in accordo alle regole di progettazione che costituiscono la componente prescrittiva dello standard di progettazione ANAS e nelle ipotesi che non siano presenti anomalie nei parametri di sicurezza.

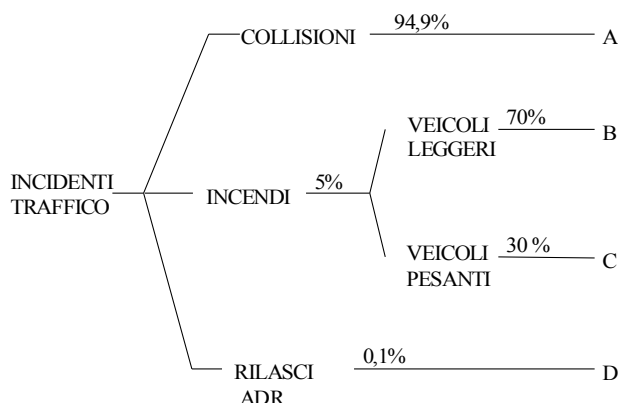
Nel caso in cui la galleria presenti anomalie nei parametri di sicurezza, ovvero la galleria è considerata speciale rispetto ai parametri di sicurezza, la galleria deve essere sottoposta ad analisi di rischio prestazionale secondo quanto riportato nei successivi paragrafi.

1.4.2.4 Tasso di accadimento degli eventi incidentali in galleria

L'analisi dei dati relativi all'incidentalità stradale reperibili nella letteratura libera e sintetizzata in allegato 4, ha consentito di determinare i tassi di accadimento di eventi incidentali e di eventi di incendio in galleria sintetizzati nella successiva tabella.

<u>Tasso di accadimento degli incidenti in galleria:</u>	
Incidenti con soli danni materiali	
Tunnel urbani	da 40 a 150 per 10 ⁸ veicoli.km
Tunnel autostradali	da 30 a 80 per 10 ⁸ veicoli.km
Tunnel extra-urbani bi-direzionali	da 20 a 100 per 10 ⁸ veicoli.km
Incidenti con danni alle persone	
Tunnel urbani	da 10 a 50 per 10 ⁸ veicoli.km
Tunnel autostradali	da 0 a 15 per 10 ⁸ veicoli.km
Tunnel extra-urbani bi-direzionali	da 0 a 20 per 10 ⁸ veicoli.km
Feriti	
Tunnel urbani	da 10 a 50 per 10 ⁸ veicoli.km
Tunnel autostradali	da 0 a 15 per 10 ⁸ veicoli.km
Tunnel extra-urbani bi-direzionali	da 0 a 20 per 10 ⁸ veicoli.km
Morti	
Tunnel urbani	da 0 a 3 per 10 ⁸ veicoli.km
Tunnel autostradali	da 0 a 1 per 10 ⁸ veicoli.km
Tunnel extra-urbani bi-direzionali	da 0 a 2 per 10 ⁸ veicoli.km
<u>Tasso di accadimento degli eventi di incendio in galleria:</u>	
tunnel urbani	da 0 a 10 per 10 ⁸ veicoli.km
Tunnel autostradali	da 0 a 10 per 10 ⁸ veicoli.km
Tunnel extra-urbani bi-direzionali	da 0 a 15 per 10 ⁸ veicoli.km

La successiva figura mostra la scomposizione degli incidenti da traffico, a partire dal tasso incidentale della galleria considerata nelle diverse tipologie di eventi incidentali.



I valori indicati possono essere utilizzati in assenza di dati relativi ad una specifica galleria.

La successiva tabella sintetizza valori indicativi per i tassi di accadimento di eventi di incendio in galleria derivanti da collisioni in funzione della tipologia dei veicoli sorgente e della tipologia del tracciato.

Tipologia del veicolo	Tipologia del tracciato	
	Autostradale	Stradale
VL	0,07	0,2
VP	0,05	0,15

Valori riferiti a 10^8 veicoli km

In alternativa la stima delle frequenze di accadimento degli eventi di incendio in una galleria può essere effettuata dall'analisi statistica di serie storiche relative a gallerie in esercizio, utilizzando l'approccio bayesiano per determinare la densità di distribuzione degli eventi di incendio per diverse categorie di veicoli.

Le densità di distribuzione adottate per le diverse categorie di veicoli sono:

10^8 Veh*km	AUTOVETTURE	DISTRIBUZIONE UNIFORME {4.5} (2; 5)
	VAN – BUS – HGV	DISTRIBUZIONE POISSONIANA {9.2} (8.5; 9.5)
	VEICOLI ADR	DISTRIBUZIONE GAUSSIANA {21, 3.5} (19; 21, 3.3; 3.7)

N.B. I tassi di accadimento indicati in tabella sono da riferirsi al volume di traffico ripartito secondo la sua composizione.

Le probabilità ed i tassi di accadimento riportati devono essere intese come valori indicativi suscettibili di modifica da parte della commissione permanente per le gallerie.

1.4.2.5 Frequenza di accadimento degli eventi incidentali

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 37 di 221
---	---	-------------------------	----------------

Le statistiche relative agli eventi di incendio verificatisi nelle gallerie stradali e sulla rete stradale soffrono dei seguenti limiti:

- numero ridotto di eventi;
- registrazione non obbligatoria degli eventi incidentali ad opera delle forze dell'ordine preposte al controllo della circolazione stradale;
- accessibilità ridotta alle banche dati delle compagnie assicurative.

I tassi di accadimento degli eventi di incendio (T_i) sono per prassi riferiti al numero di veicoli al chilometro, in funzione della tipologia dei veicoli coinvolti e della tipologia del tratto stradale.

La frequenza degli eventi di incendio in una galleria stradale può essere stimata attraverso la formula:

$$f_i = T_i (365 \cdot VT \cdot L)$$

dove VT è il traffico medio giornaliero annuo, L è la lunghezza della galleria.

Gli scarti tra le frequenze calcolate secondo la relazione introdotta per gallerie diverse sono elevati stante la dispersione dei parametri VT, lunghezza L, tassi di accadimento T_i .

La frequenza di accadimento di un evento di incendio in galleria può essere espressa in diversi modi:

- numero di incendi per galleria per anno
- numero di incendi per numero di veicoli e per chilometro.

La frequenza di accadimento degli eventi incidentali, connessa al tasso di accadimento degli eventi incidentali e all'Indice Ordinalità Base, attraverso la relazione:

$$f_i = 365 \cdot T_i \cdot I_b$$

rappresenta un indicatore del livello di sicurezza del sistema galleria.

La determinazione della Frequenza di Accadimento degli eventi incidentali è propedeutica all'applicazione della Metodologia di Analisi di Rischio in conformità al Decreto Legislativo.

1.4.3 Analisi di conformità: anomalie nei parametri di sicurezza e deficit nei requisiti minimi

Sulla base dell'analisi di vulnerabilità si passa all'identificazione delle anomalie dei Parametri di Sicurezza, che rappresentano un riferimento per far rientrare la galleria in quelle con caratteristiche speciali.

Infine i Deficit nei Requisiti Minimi di Sicurezza, avendo individuato il gruppo di appartenenza della galleria, saranno individuati utilizzando le tabelle riportate nell'allegato 3 delle Linee Guida.

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 38 di 221
---	---	-------------------------	----------------

Trattasi di una attività estremamente importante per le ricadute in termini metodologici e progettuali, che prevede un confronto ragionato tra i valori dei Parametri di sicurezza caratteristici della galleria e quelli indicati nelle Linee Guida e tra le dotazioni presenti in galleria e quelle previste nel citato allegato per la classe di appartenenza alla galleria in esame.

1.4.4 Individuazione e progettazione dei requisiti di sicurezza integrativi o alternativi in termini strutturali ed impiantistici

In caso di anomalie nei parametri di sicurezza e/o deficit nei requisiti minimi è possibile:

- adottare misure di sicurezza presenti nei gruppi di requisiti minimi aventi indice di ordinalità superiore;
- adottare misure di sicurezza alternative e/o integrative derivate dalla buona pratica;
- adottare soluzioni progettuali e/o sistemi di sicurezza innovativi.

Esempi di misure di sicurezza alternative ed integrative sono:

- galleria di servizio parallela,
- vie di fuga protette all'interno della sezione (cunicoli sotto-traccia, laterali, via di esodo sospesa),
- riduzione dell'interdistanza tra le vie di fuga,
- finestre di accesso,
- prestazioni e strategie di ventilazione (impianti di ventilazione longitudinali),
- camini di ventilazione intermedi,
- configurazione, prestazioni, gestione del sistema di estrazione fumi (impianti ventilazione trasversali e semitrasversali),
- sistemi automatici di mitigazione e spegnimento,
- sistemi di guida ottica (filo di Arianna),
- sistemi di guida sonora,
- sistemi di compartimentazione (lame d'aria, lame d'acqua, airbags),
- automezzi per trasporto utenti in condizioni di emergenza,
- sistemi di acquisizione delle caratteristiche spettrali dei focolai,
- contingentamento del traffico,
- traffico a senso unico alternato,
- limiti di velocità,
- sistemi di monitoraggio della velocità dei veicoli,
- distanza di sicurezza,
- squadre di soccorso ai portali o a centro galleria,

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 39 di 221
---	---	-------------------------	----------------

- portali termografici,
 - sistemi di gestione intelligenti
- (tecniche neurali, tecniche fuzzy, intelligenza artificiale).

1.4.5 Analisi di rischio

1.4.5.1 Rischio e pericolo

Il rischio in un sistema galleria è la conversione di un pericolo potenziale in conseguenze fattuali.

La salvaguardia è il complesso delle azioni di condizionamento esercitate sul rischio dal comportamento della popolazione, dalle soluzioni strutturali, dai sistemi tecnologici, dalle procedure di gestione e controllo.

Le locuzioni utilizzate sostanziano la relazione:

$$\text{Rischio} = \text{Pericolo} \times (\text{Salvaguardia})^{-1}$$

La relazione introdotta consente di asseverare l'impossibilità di rischio nullo per ogni sistema di processo.

Il pericolo può essere altresì interpretato come potenziale che induce il danno.

Il rischio può essere altresì interpretato come verosimiglianza della realizzazione del potenziale che induce il danno riferita all'esposizione di una popolazione ad un pericolo.

Le interpretazioni adottate sostanziano la relazione:

$$\text{Rischio} = \text{Verosimiglianza(Pericolo)} \times \text{Esposizione(Pericolo)}$$

Il rischio non è una grandezza fisica, ovvero, una grandezza misurabile.

La definizione matematica del rischio può essere formulata nell'ambito della teoria degli insiemi.

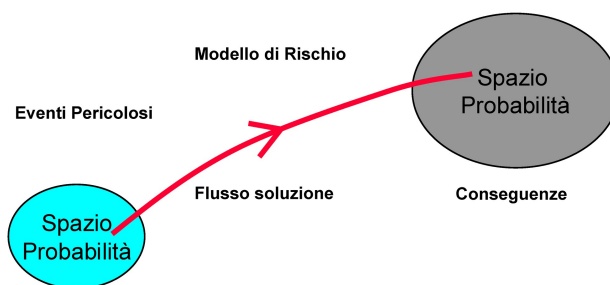
L'insieme degli eventi pericolosi possibili definisce il potenziale pericolo associabile ad un sistema.

L'insieme degli eventi pericolosi è un insieme probabilistico.

L'insieme delle conseguenze definisce il potenziale danno associabile ad un sistema sede di eventi pericolosi.

L'insieme delle conseguenze è un insieme probabilistico.

Il rischio è un'applicazione tra l'insieme degli eventi pericolosi e l'insieme delle conseguenze.



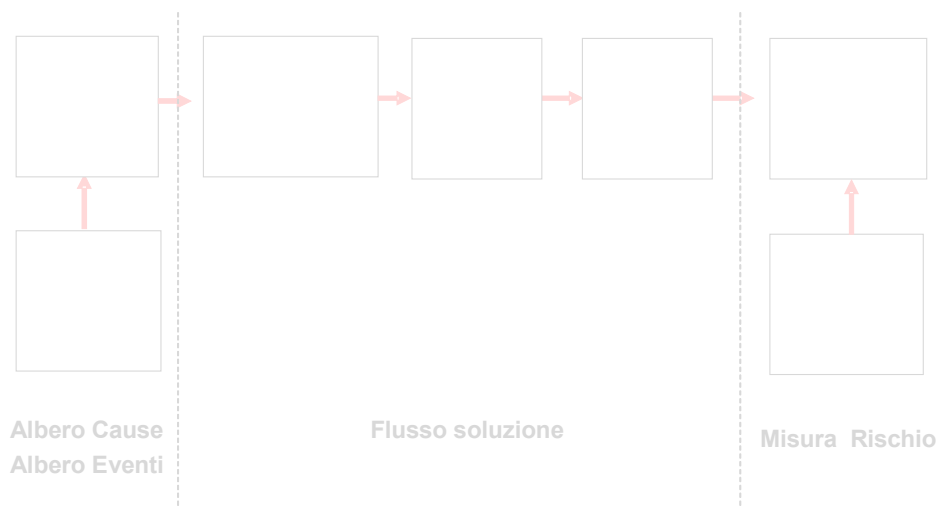
Il metodo dell'analisi di rischio opera nel seguente modo:

1. identifica i potenziali pericoli connessi al sistema galleria,
2. mappa i fattori casuali potenzialmente responsabili di deviazioni del sistema dalla traiettoria di successo,
3. formula modelli di rappresentazione delle traiettorie incidentali mirati alla quantificazione dei fenomeni e dei processi conseguenti all'accadere di eventi critici rilevanti e degli effetti da essi indotti sulla salute dei soggetti esposti, sulla struttura, sull'ambiente circostante utilizzando i principi e le tecniche del metodo termodinamico e fluidodinamico,
4. adotta dispositivi e sistemi tecnologici disponibili, caratterizzati in termini di affidabilità ed efficienza specifiche, per condizionare l'evoluzione delle traiettorie incidentali possibili,
5. fissa criteri di accettazione e misure di quantificazione del rischio,
6. fornisce informazioni quantitative sul livello di rischio del sistema galleria al management preposto ad operare scelte sulle misure preventive e protettive da adottare per ottenere la riduzione ed il controllo del rischio.

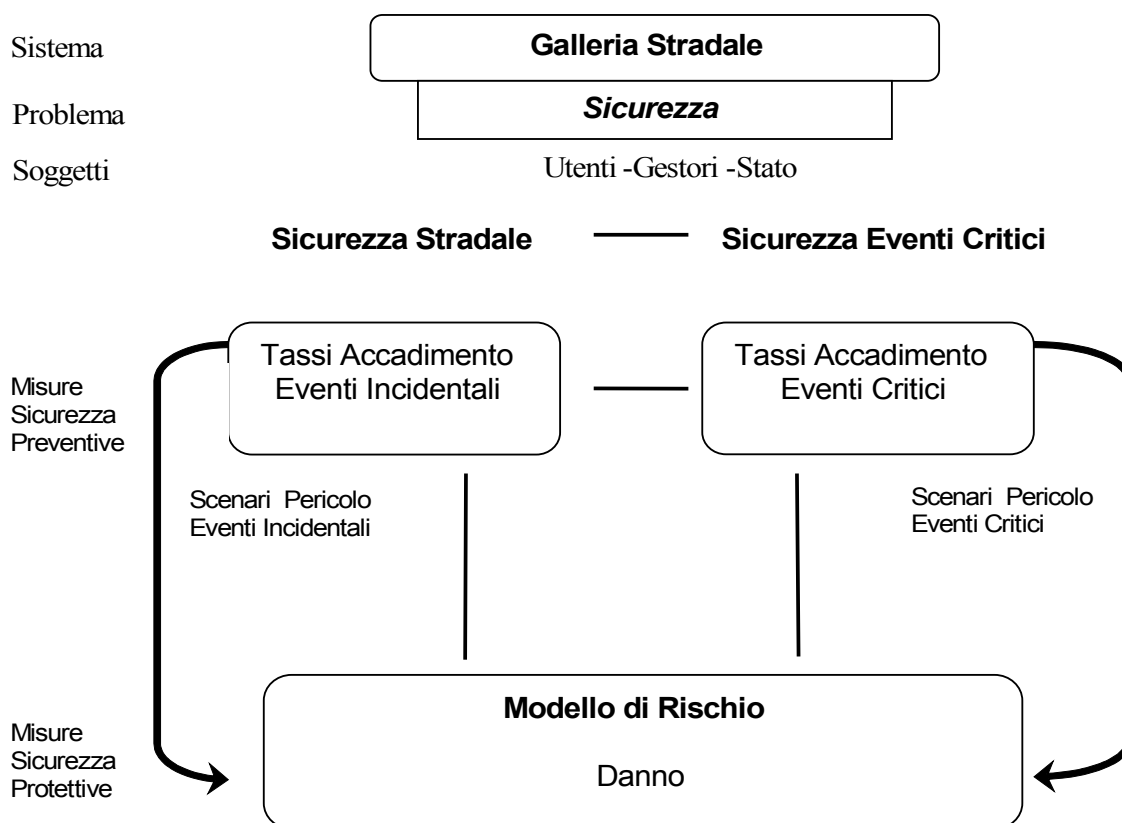
Le componenti essenziali dell'analisi di rischio sono sintetizzate nella successiva figura.



I capisaldi dell'analisi di rischio sono sintetizzati nel successivo schema concettuale.



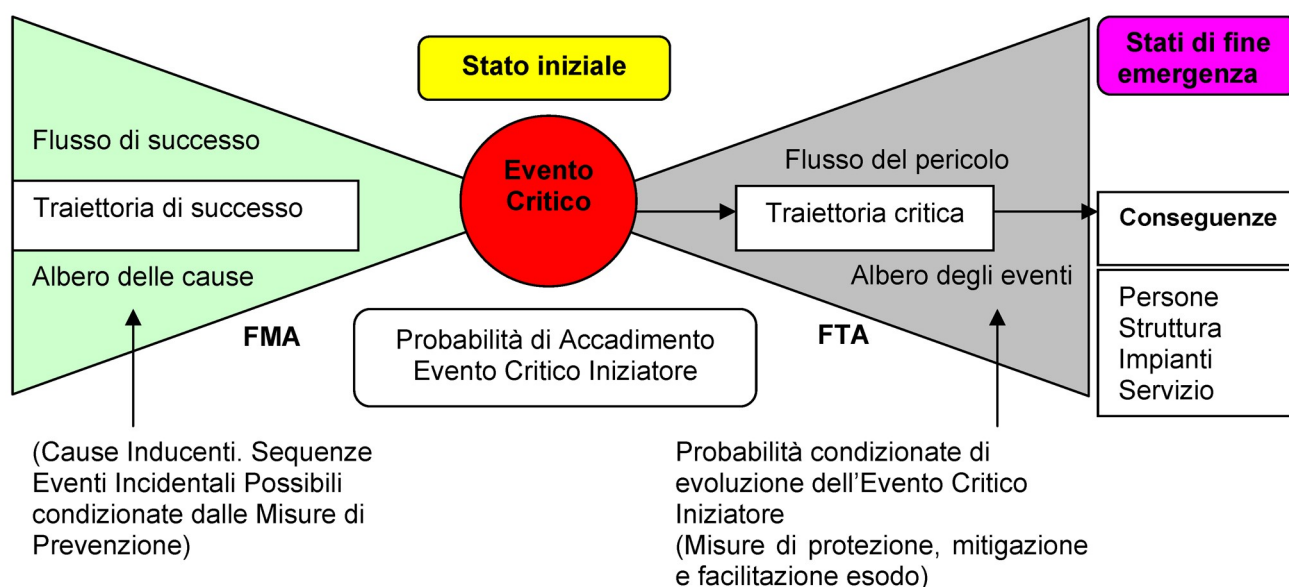
Il successivo diagramma evidenzia i soggetti e gli argomenti essenziali nell'effettuazione dell'analisi di rischio per una galleria stradale.



1.4.5.2 Rappresentazione del rischio diagramma a farfalla

Il diagramma a farfalla costituisce uno strumento idoneo alla rappresentazione olistica del rischio connesso ad un sistema di processo nell'ambito di un approccio deterministico all'analisi dei rischi accorpando le tecniche albero delle cause ed albero degli eventi. La tecnica diagramma a farfalla può essere convertita in una tecnica di rappresentazione quantitativa del rischio, nell'ambito di un approccio probabilistico all'analisi dei rischi, introducendo specifiche probabilità di accadimento per i diversi rami che definiscono l'albero delle cause e l'albero degli eventi. La successiva figura esemplifica l'utilizzo del diagramma a farfalla nell'ambito dell'analisi di rischio.

Diagramma a farfalla probabilistico



La struttura del 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.

La porzione sinistra del diagramma a farfalla concerne la traiettoria di successo del sistema, le cause che possono indurre sequenze di eventi anomali, l'azione di condizionamento che le misure di prevenzione esercitano sull'accadimento degli eventi critici iniziatori.

L'albero delle cause è lo strumento 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 della probabilità di accadimento degli eventi critici iniziatori.

La porzione destra del diagramma a farfalla concerne l'insieme delle traiettorie incidentali possibili del sistema, le cause che possono indurre l'evoluzione del sistema su traiettorie incidentali diverse, l'azione di condizionamento che le misure di protezione e mitigazione esercitano sul raggiungimento degli stati di fine emergenza.

1.4.5.3 Modello Bayesiano classico con analisi delle incertezze

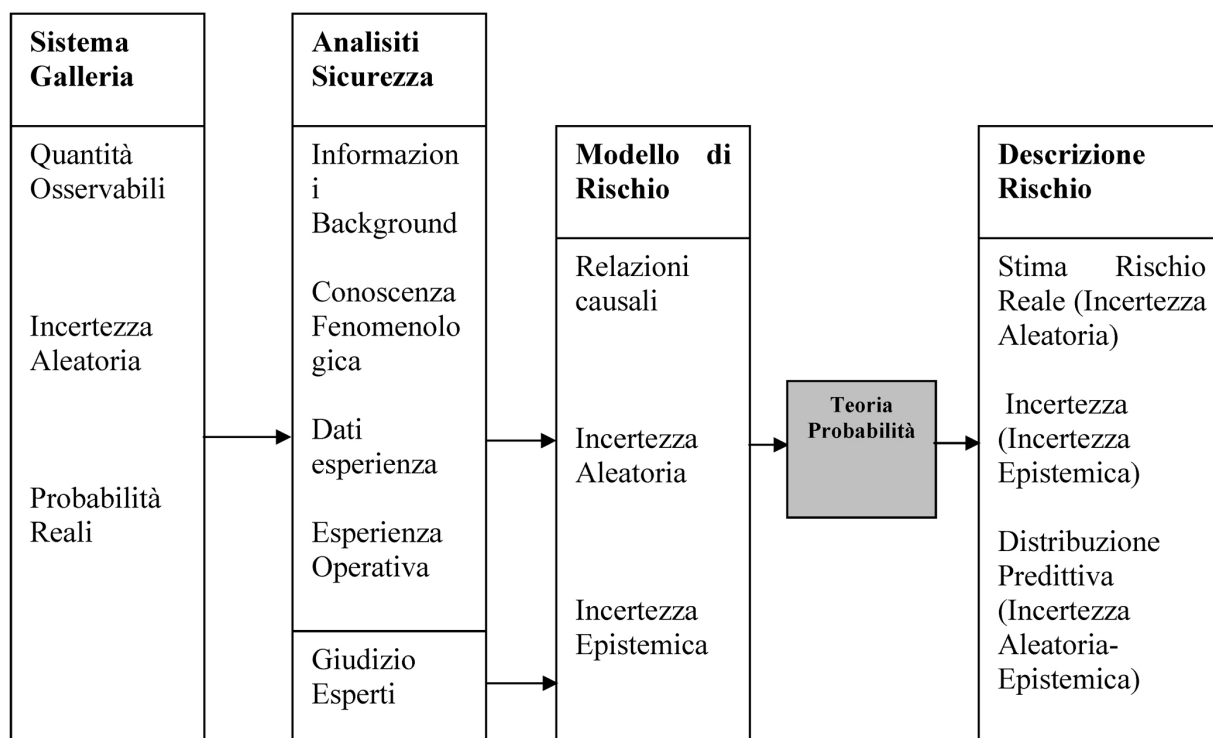
Un modello di rischio può essere formulato combinando le frequenze di accadimento degli eventi incidentali identificati come sorgenti potenziali di pericolo meccanico-cinetico e di pericolo termo-chimico con le conseguenze attese all'interno del sistema galleria.

Un modello di rischio deve includere l'effetto delle incertezze di natura aleatoria ed epistemica connesse alla variabilità intrinseca del sistema galleria ed alle carenze tecnologiche delle misure di sicurezza.

Gli scenari critici per i sistemi galleria stradale attengono eventi definiti a bassa probabilità di accadimento ed elevate conseguenze che soddisfano statistiche estremali.

Un modello Bayesiano classico corredato da analisi delle incertezze è adottato per condurre stime quantitative del livello di rischio associato ad una galleria.

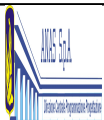
I tratti caratteristici del modello di rischio introdotto sono sintetizzati nel successivo schema concettuale.



La squadra degli analisti incaricata della conduzione dell'analisi probabilistica della sicurezza si concentra sull'analisi delle quantità osservabili associate al sistema galleria.

Le quantità osservabili sono definite come quantità misurabili che riflettono determinati aspetti della dinamica del sistema galleria, sconosciuti all'atto dell'analisi, e che assumeranno dei valori nel futuro diventando quantità note.

Le quantità osservabili, le variabili casuali caratterizzate in termini di funzioni di distribuzione di probabilità o frequenze (incertezze aleatorie), sono espressione delle prestazioni globali del sistema galleria e delle prestazioni dei sistemi di sicurezza che realizzano le misure di sicurezza.

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 45 di 221
--	---	-------------------------	----------------

Le variabili osservabili che esprimono le prestazioni del sistema possono essere identificate con l'accadimento di eventi incidentali, i costi connessi agli eventi incidentali, i costi di mancata produzione, le variabili osservabili che esprimono le prestazioni dei sistemi di sicurezza possono essere identificati con l'affidabilità e l'efficienza dei sistemi stessi.

Le quantità osservabili sono soggette a previsioni. La squadra di analisti del rischio, sulla base delle conoscenze inerenti la dinamica del sistema, sviluppano modelli (modelli ad albero degli eventi) al fine di correlare le prestazioni globali delle misure di sicurezza adottate per il sistema con le prestazioni delle misure di sicurezza realizzate mediante i sistemi di sicurezza e determinano le incertezze connesse alle prestazioni delle misure di sicurezza (giudizio degli esperti). L'incertezza connessa al valore reale dei parametri statistici introdotti per la quantificazione delle prestazioni dei sistemi di sicurezza (incertezze epistemiche) è espressa mediante una funzione di distribuzione che correla incertezza e conoscenza costantemente aggiornata all'aumentare della quantità di informazione disponibile (dati) mediante l'applicazione del teorema di Bayes.

La funzione di distribuzione predittiva per le prestazioni dei sistemi di sicurezza, ottenuta attraverso la funzione di distribuzione incertezza –conoscenza e contenente informazioni sulle incertezze aleatorie ed epistemiche caratteristiche del sistema galleria, consente di stabilire la funzione di distribuzione predittiva delle prestazioni globali del sistema galleria. Simulazioni tipo Monte Carlo sono condotte al fine di generare funzioni di distribuzione dell'incertezza a livello di sistema.

Il rischio associato agli scenari di esodo è determinato da due parametri:

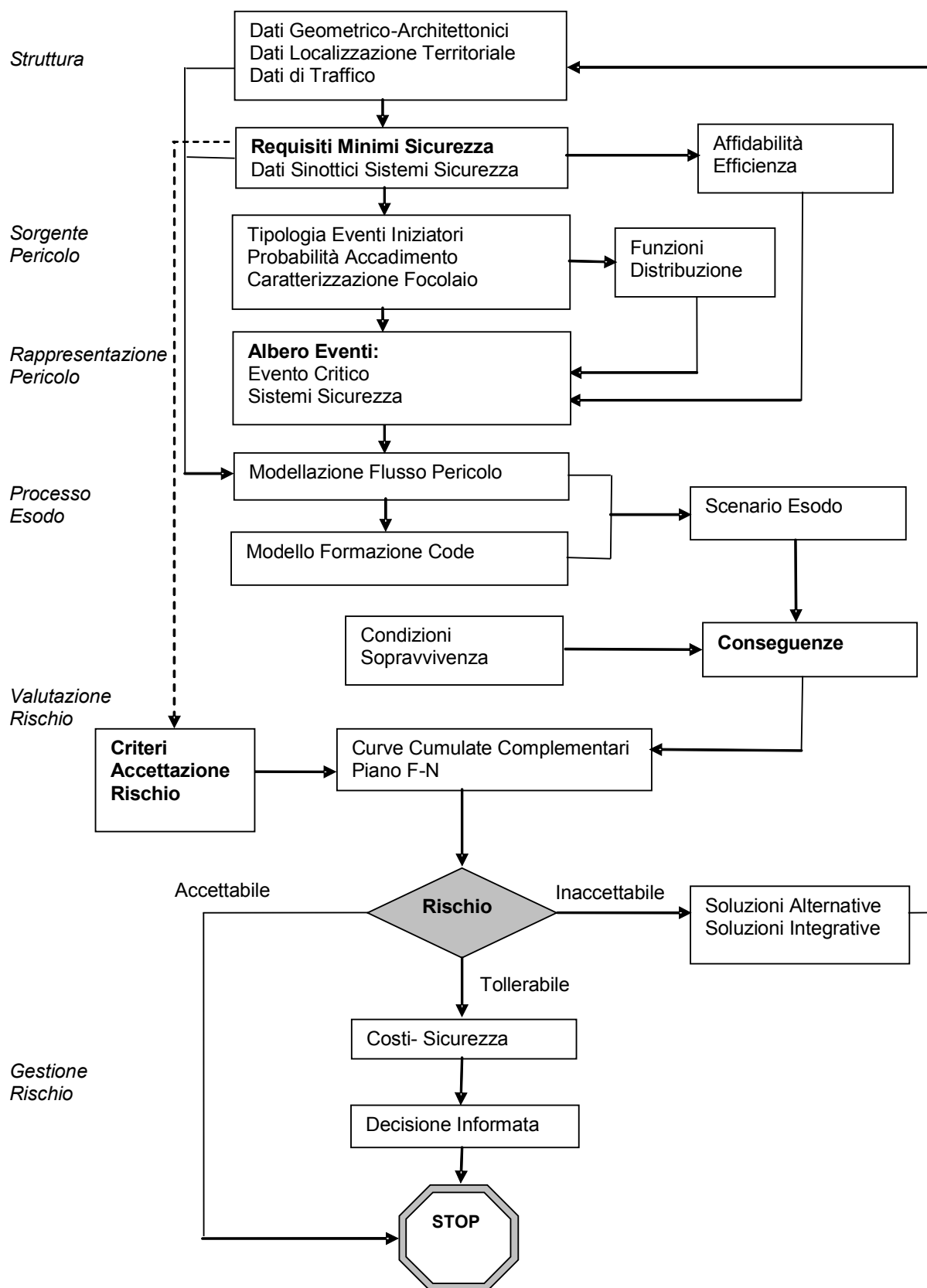
- probabilità di accadimento,
- conseguenze attese.

Il rischio totale associato all'esodo da una specifica galleria è definito come la sommatoria dei rischi associati a tutti gli scenari di esodo probabili:

$$Rischio = \sum_{i=1}^N P(S_i) \cdot SimRes(S_i)$$

dove $P(S_i)$ è la probabilità di accadimento dell'i-esimo scenario di esodo e $SimRes(S_i)$ sono le conseguenze valutate mediante la simulazione dell'i-esimo scenario, espresse in termini di fatalità.

La successiva figura sintetizza il metodo di analisi di rischio adottato nelle Linee Guida.



	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 47 di 221
---	---	-------------------------	----------------

1.4.5.4 Eventi critici e probabilità di accadimento

La determinazione del rischio associato ad una galleria richiede siano individuati:

- gli insiemi di eventi critici rilevanti pertinenti al sistema,
- le probabilità di accadimento degli eventi critici rilevanti,
- le conseguenze ascrivibili agli insiemi di eventi critici rilevanti.

Gli insiemi di eventi critici rilevanti per la valutazione del livello di sicurezza del sistema galleria stradale sono identificati con eventi caratterizzati da basse probabilità di accadimento ed elevate conseguenze:

- gli eventi di incendio,
- gli eventi di collisione che degenerano in eventi di incendio,
- gli eventi di sversamento di combustibili liquidi infiammabili,
- gli eventi di detonazione e deflagrazione,
- gli eventi di rilascio di sostanze tossiche e nocive.

Le probabilità di accadimento degli eventi critici rilevanti possono essere determinate utilizzando approcci diversi:

- analisi dei dati storici,
- tecnica dell'albero degli eventi,
- giudizio degli esperti.

Le probabilità di accadimento degli insiemi di eventi critici rilevanti sono modellate da specifiche funzioni di distribuzione inferite dall'analisi statistica delle serie storiche di dati disponibili sull'incidentalità in galleria.

Le probabilità di accadimento di eventi critici rilevanti di magnitudo diverse sono modellate da specifiche funzioni di distribuzione per tipologia di veicoli coinvolti.

Eventi critici rilevanti appartenenti ad un determinato insieme determinano l'instaurarsi di fenomeni termo-chimici e fluidodinamici specifici nell'intensità, nell'estensione, nella durata, negli effetti.

L'evoluzione dei fenomeni di trasporto di massa ed energia e l'entità degli effetti da essi derivanti sulla salute degli utenti e degli addetti al soccorso, condizionate dall'affidabilità e dall'efficacia dei sistemi di protezione e mitigazione adottati, determina il flusso del pericolo nella struttura e le conseguenze sulla popolazione esposta in regioni diverse della galleria.

Gli eventi critici rilevanti devono essere:

- scelti in numero ridotto,
- caratterizzati da un idoneo indice di pericolosità dipendente dalla tipologia dei veicoli coinvolti,
- compatibili con le regole di circolazione previste per la struttura,
- includenti le caratteristiche geometrico-architettoniche essenziali della struttura e le specificità derivanti dalla localizzazione nell'ambiente.

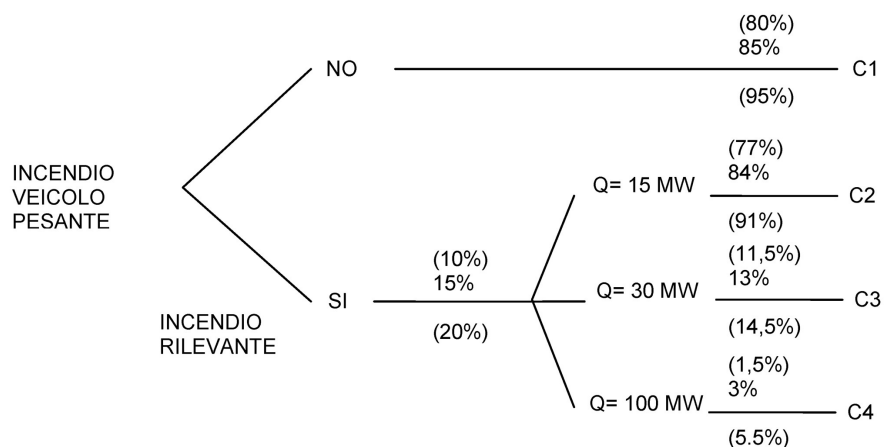
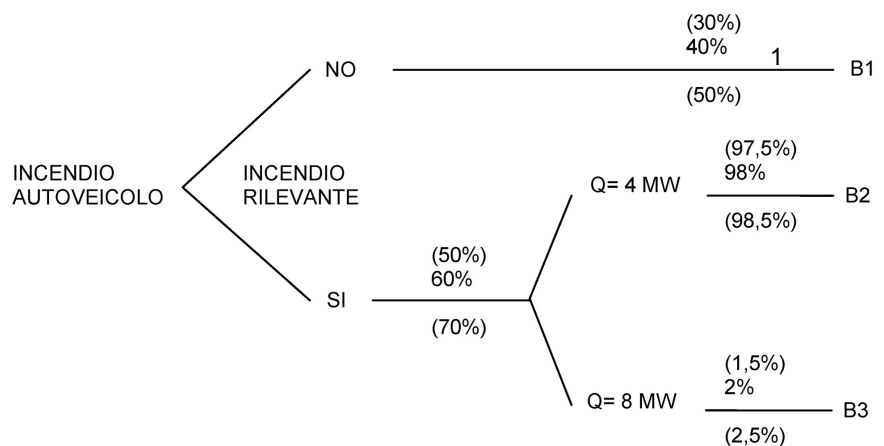
Eventi di incendio da veicoli non-ADR

La successiva tabella sintetizza gli elementi essenziali nella caratterizzazione degli eventi critici rilevanti tipo incendio.

	Autovettura	Furgone	Autobus	Veicolo pesante<10 t	Veicolo pesante>10 t
<i>Allestimenti</i>	Incendio	Incendio	Incendio	Incendio	Incendio
<i>Alimentazione dei veicoli</i>	Incendio	Incendio	Incendio	Incendio	Incendio
<i>Carico trasportato combustibile di classe A</i>		Incendio (modalità di stoccaggio)		Incendio (modalità di stoccaggio)	Incendio (modalità di stoccaggio)
<i>Carico trasportato combustibile di classe B</i>				Sversamento Incendio	Sversamento Incendio
<i>Effetto domino (veicoli coinvolti)</i>	4	3	2	2	2

Le successive figure mostrano due ripartizioni possibili del sottoinsieme degli eventi di incendio in una galleria stradale come determinate dall'analisi di serie storiche di dati di incidentalità e rappresentate utilizzando una tecnica albero degli eventi per due categorie di veicoli:

- veicoli leggeri
- veicoli pesanti.



La variabilità dei dati sulla potenza termica generata da un focolaio costituito da un autobus suggerisce di adottare nell'analisi di rischio:

Potenza massima focolaio

$$\dot{Q}_M(BUS) \text{ [MW]}$$

Distribuzione triangolare

[20,30,35]

Modello di crescita t^2

$$\alpha(BUS) \text{ [kW / s}^2\text{]}$$

Distribuzione triangolare

[0,08,0,1,0,13]

(Ultra Fast)

Energia Focolaio

$$E(BUS) \text{ [GJ]}$$

Distribuzione uniforme

[min = 40 max = 55]

La caratterizzazione energetica del focolaio costituito da un veicolo pesante costituisce un ulteriore esempio dell'attività di selezione di un valore rappresentativo ovvero della definizione di una funzione di distribuzione rappresentativa della potenza termica generata che è necessario svolgere data l'elevata incertezza sui valori proposti in letteratura.

Prove effettuate nel Runehamar- Tunnel (2003) indicano come “valore record” per la potenza termica massima:

$$\dot{Q}_M(HGV) = 200[\text{MW}]$$

L'intervallo di variazione della potenza termica massima generata da un focolaio costituito da un veicolo pesante, come determinato dai dati reperiti in letteratura risulta essere variabile entro l'intervallo:

$$15 \leq \dot{Q}_M(HGV) \leq 150[\text{MW}]$$

Il tempo stimato come necessario per raggiungere i valori massimi di potenza risulta essere pari a:

$$t_c = 13[\text{min}]$$

I coefficienti di crescita corrispondenti risultano essere:

$$0.025 \leq \alpha \leq 0.215 [KW / s^2]$$

L'energia associata al focolaio di potenza inferiore ed al focolaio di potenza superiore risultano essere:

$$60 \leq E \leq 90 [GJ]$$

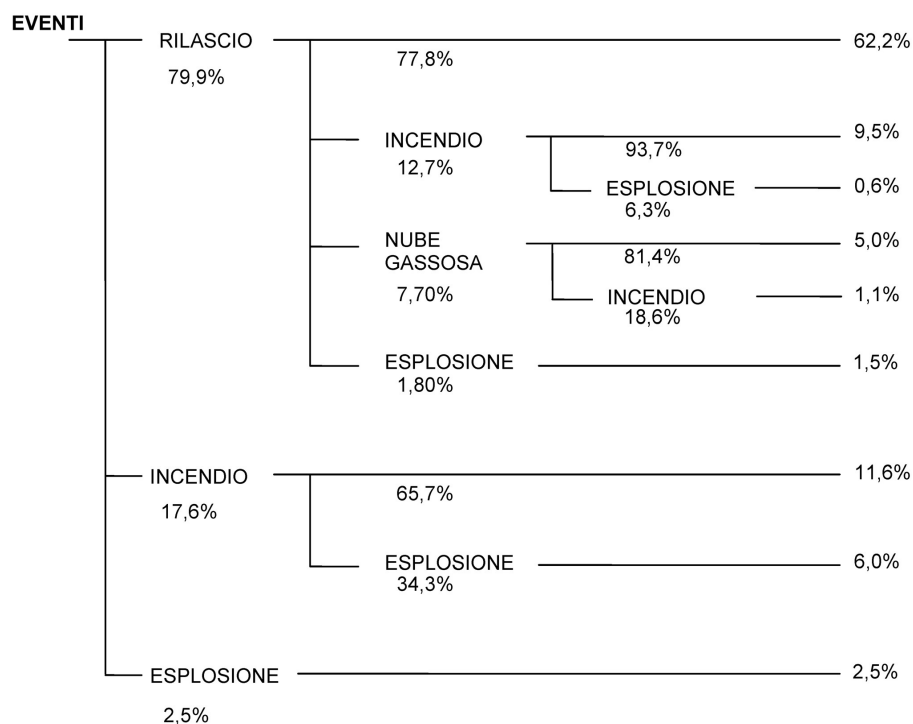
Eventi critici da veicoli ADR

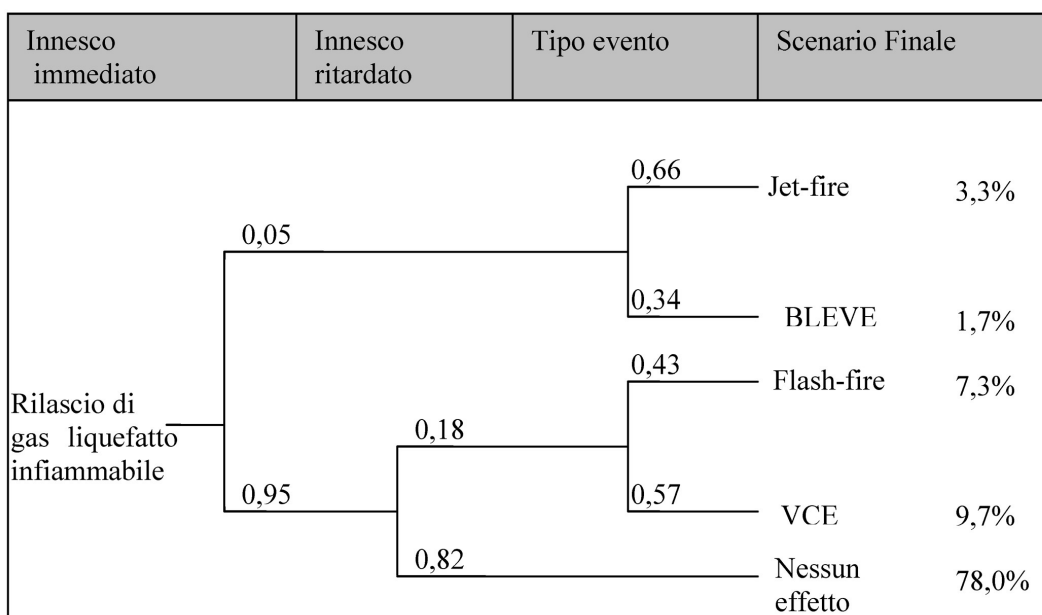
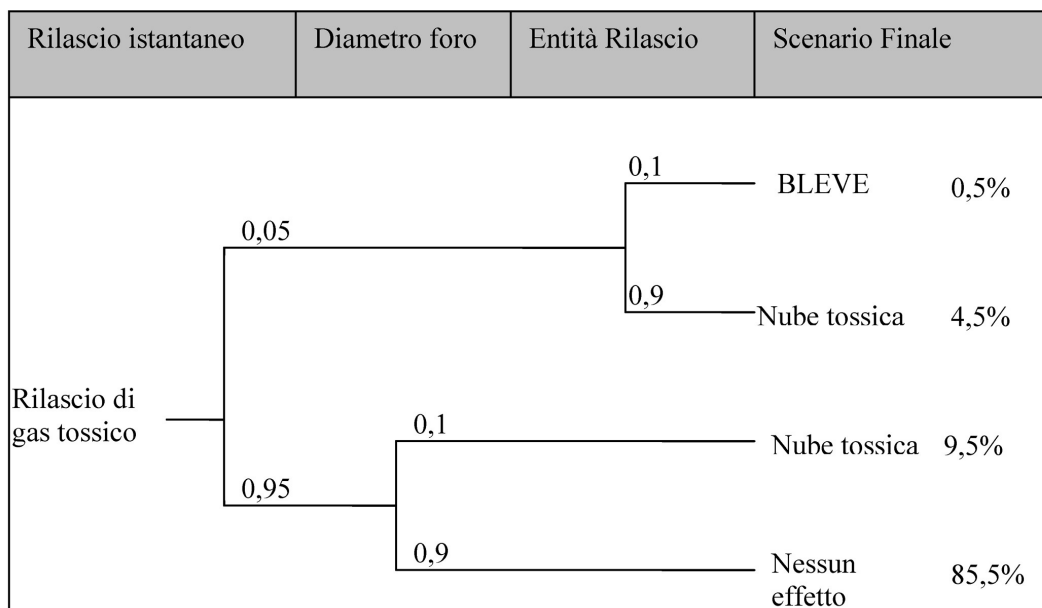
La successiva tabella riporta le ripartizioni degli eventi critici relativi al trasporto di merci pericolose.

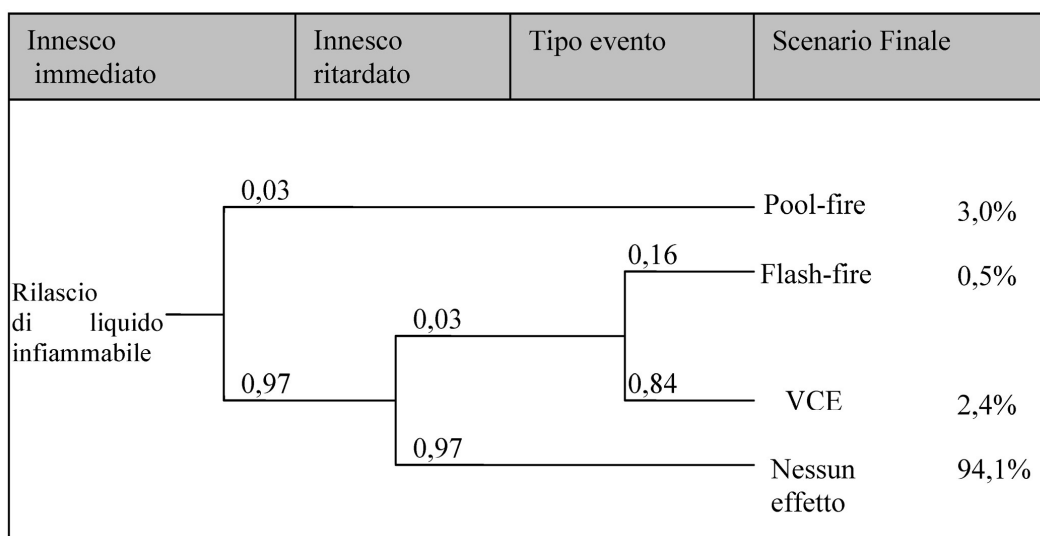
VEICOLI ADR	
Tipo incidente	Ripartizione rilasci a seguito di incidente
Gas liquefatto tossico	24%
Gas liquefatto infiammabile	26%
Liquido infiammabile	33%
Liquido tossico	17%

Le successive figure mostrano possibilità del sottoinsieme degli eventi critici relativi al trasporto di merci pericolose in una galleria stradale come determinate dall'analisi di serie storiche di dati di incidentalità e rappresentate utilizzando una tecnica albero degli eventi.

Le probabilità riportate negli alberi degli eventi derivano dall'elaborazione statistica dei dati contenuti nella banca dati MIDHAS (Major Hazard Incident Data Service, OHS_ROM Luglio 2004).







Le probabilità di accadimento riportate devono essere intese come valori indicativi suscettibili di modifica da parte della Commissione Permanente per le Gallerie.

1.4.5.5 Albero degli eventi

La tecnica albero degli eventi, così come prescritto dal D.Lgs n 264/2006 è utilizzata, nella metodologia di analisi di rischio IRAM descritta nelle presenti linee guida per caratterizzare le traiettorie incidentali probabili di un sistema galleria stradale conseguenti all'accadimento di un evento di incendio condizionate nell'evoluzione dall'azione dei sistemi di sicurezza che realizzano le misure di prevenzione e mitigazione previste in fase di progetto.

I sistemi di sicurezza sono caratterizzati, nell'ambito di un approccio prestazionale, in termini di parametri convenzionali nell'ingegneria dei sistemi di trasporto:

- affidabilità,
- efficienza.

La prestazione di un sistema è definita in termini di funzioni analitiche che legano le variabili di processo con le variabili di funzionamento del singolo sottosistema.

L'affidabilità di un sistema è definita in termini di probabilità di malfunzionamento sulla vita media di progetto.

L'efficienza di un sottosistema è definita come il rapporto tra la prestazione del sottosistema funzionante in determinate condizioni e la prestazione dello stesso funzionante in una condizione di riferimento.

L'albero degli eventi individua una distribuzione di scenari incidentali possibili ai quali corrisponde un vettore rappresentativo del danno ad essi ascrivibile.

La determinazione del danno avviene attraverso la modellazione degli scenari incidentali che identificano i rami dell'albero degli eventi.

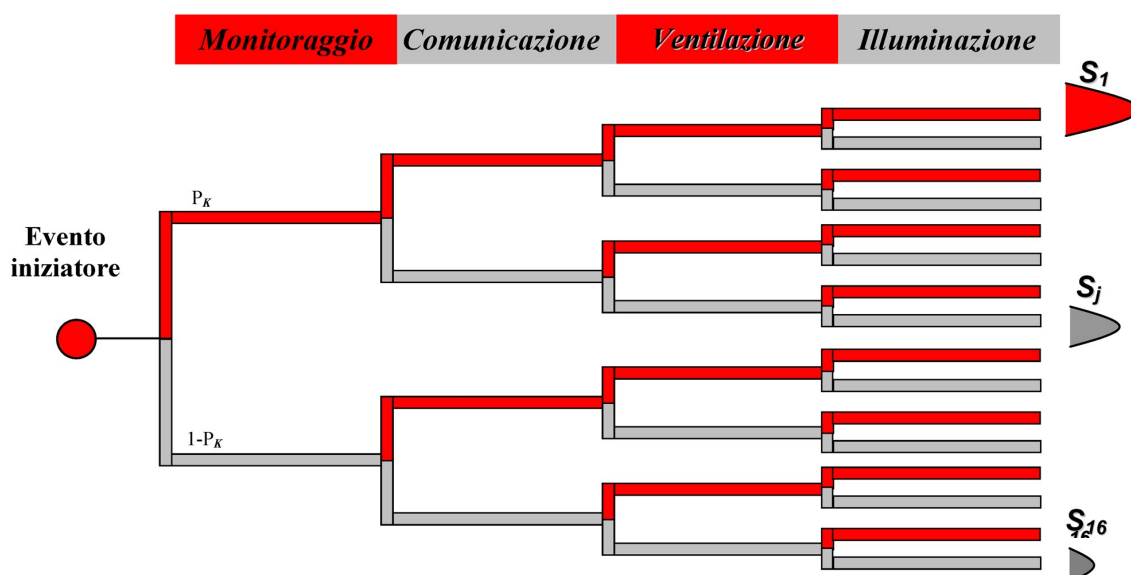
I sistemi di sicurezza che determinano la risposta del sistema galleria alle condizioni di emergenza e definiscono le condizioni di pericolo per la popolazione esposta agli eventi critici possibili, sono caratterizzati in termini di affidabilità ed efficienza desumibili dalla buona pratica corrente.

L'albero degli eventi è caratterizzato in termini di probabilità di accadimento degli eventi critici e di probabilità di evoluzione lungo i singoli specifici rami condizionate dall'azione dei sistemi di sicurezza quantificata in termini di affidabilità e dell'efficienza ad essi proprie.

I rami dell'albero degli eventi terminano in scenari di fine emergenza, determinati in numero dalle combinazioni mutuamente esclusive delle azioni di condizionamento esercitate dalle misure mitigative previste.

La successiva figura mostra un esempio di applicazione della tecnica albero degli eventi nella caratterizzazione della sicurezza antincendio di una galleria nella quale si assume siano installati i seguenti sistemi di sicurezza:

- Monitoraggio-Rilevazione,
- Comunicazione,
- Ventilazione,
- Illuminazione.



La salvabilità degli utenti in una specifica galleria è determinata attraverso la quantificazione e la zonizzazione del flusso del pericolo all'interno della struttura.

Le diverse zone del flusso del pericolo individuano le condizioni nelle quali si realizza il processo di esodo degli utenti dalla galleria.

La caratterizzazione del flusso del pericolo è ottenuta modellando l'evoluzione condizionata dai vincoli posti dalle misure di mitigazione previste dei fenomeni chimici e fisici che si instaurano in conseguenza dell'accadimento di eventi critici.

La modellazione del flusso del pericolo è attuata con livelli di dettaglio diversi a seconda delle necessità ed utilizzando le migliori tecniche note e disponibili.

I risultati della modellazione del flusso del pericolo costituiscono i dati di ingresso per la simulazione del processo di esodo degli utenti dalla struttura.

Il numero degli utenti coinvolti nel processo di esodo è determinato attraverso la formulazione e la soluzione di idonei modelli di formazione delle code nella galleria analizzata.

I risultati dell'analisi di rischio sono utilizzati per costruire indicatori quantitativi del rischio.

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 54 di 221
---	---	-------------------------	----------------

L'indicatore di rischio adottato è il Rischio Sociale definito come numero di vittime conseguente all'accadimento di un evento critico su una base temporale fissata.

Il livello di rischio proprio di una generica galleria è determinato tracciando la curva cumulata complementare ad essa corrispondente (C.C.C.).

La curva cumulata complementare contiene tutte le informazioni disponibili rispetto alle frequenze di accadimento di un insieme di eventi critici ed alle probabilità delle conseguenze ad essi associate e consente una rappresentazione del rischio nella forma di una completa distribuzione delle potenziali perdite evidenziando gli effetti delle incertezze connesse al malfunzionamento ovvero all'inadeguatezza dei sistemi di sicurezza adottati.

Un indicatore di rischio correntemente utilizzato nella pratica ingegneristica è il valore atteso del danno, momento primo della curva cumulata complementare, coincidente con l'area sottesa dalla curva cumulata complementare tracciata sul diagramma F-N.

Il valore atteso del danno si calcola come somma dei prodotti tra le probabilità dei singoli eventi critici iniziatori e le corrispondenti sommatorie delle probabilità degli eventi terminali dei singoli rami dell'albero degli eventi moltiplicate per i corrispondenti indicatori di danno espressi in numero di vittime all'anno.

1.4.5.6 Analisi delle conseguenze

Gli elementi distintivi dell'analisi delle conseguenze adottata nella metodologia di analisi di rischio descritta nelle presenti Linee Guida sono:

1. la determinazione del flusso del pericolo conseguente all'accadimento di un evento critico in galleria ottenuta dalla formulazione e soluzione di idonei modelli termofluidodinamici caratterizzati da livelli di complessità formale e computazionale diversi,
2. la determinazione della popolazione esposta al flusso del pericolo ottenuta dalla formulazione e soluzione di idonei modelli di formazione delle code dei veicoli in galleria,
3. la formulazione e la quantificazione degli scenari di esodo possibili parametrizzati in termini di efficacia sul processo di esodo degli utenti.

1.4.5.6.1 Modellazione del flusso del pericolo

Il flusso del pericolo è definito come l'evoluzione dei fenomeni chimici e fisici che determinano gli stati critici conseguenti all'accadimento degli eventi incidentali critici in galleria.

Le diverse zone del flusso del pericolo individuano le condizioni nelle quali si realizza il processo di esodo degli utenti dalla struttura.

La modellazione del flusso del pericolo è attuata con livelli di dettaglio diversi ed utilizzando i principi ed i metodi della termodinamica e della fluidodinamica.

I risultati ottenuti dalla simulazione del flusso del pericolo determinano le conseguenze attese sui componenti sensibili del sistema galleria.

Le conseguenze, quantificate in termini di numero di fatalità, alterazioni dei parametri ambientali, perdite economiche, definiscono il danno connesso all'accadimento di un evento critico.

La salvabilità degli utenti in una specifica galleria è determinata attraverso la zonizzazione del flusso del pericolo all'interno della struttura e la quantificazione degli effetti sulla popolazione esposta.

Le conseguenze sulla popolazione esposta sono determinate dalle caratteristiche dell'evento critico considerato e misurate in termini di dosi inabilitanti assorbite; le dosi inabilitanti dipendono dai campi di temperatura e concentrazione di sostanze tossiche e nocive all'interno della struttura.

I risultati della modellazione del flusso del pericolo costituiscono i dati di ingresso per la simulazione del processo di esodo degli utenti.

1.4.5.6.2 Modellazione degli scenari di esodo

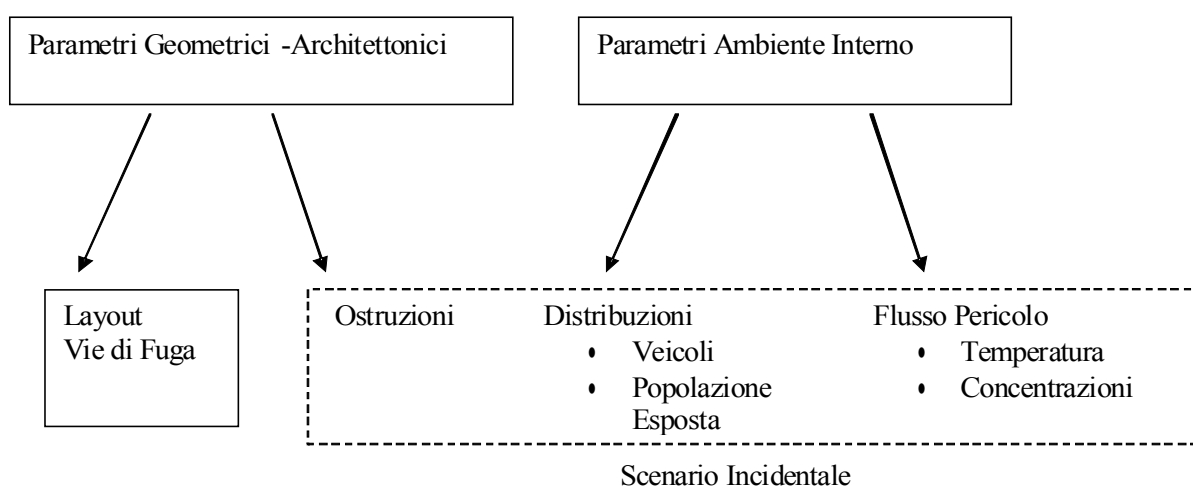
Uno scenario di esodo è lo scenario utilizzato nella simulazione del processo di esodo degli utenti dalla struttura. Uno scenario di esodo, rappresentativo di uno ovvero diversi scenari incidentali è parametrizzato in termini di effetti sulla prestazione del processo di esodo. Ciascuno scenario incidentale è quantificato mediante una probabilità di accadimento e le probabilità di accadimento dei diversi scenari incidentali possono essere utilizzate per determinare le probabilità associate ai diversi scenari di esodo.

I parametri attraverso i quali si definisce uno scenario di esodo sono raggruppati nelle seguenti categorie:

- Geometrica
- Ambientale
- Demografica
- Procedurale

La categoria geometrica include i parametri caratterizzanti il layout delle vie di fuga, l'accessibilità delle vie di fuga, la distribuzione iniziale della popolazione esposta; la categoria demografica include i parametri caratterizzanti la composizione, le capacità motorie, i tempi di risposta, la velocità di esodo dei gruppi costituenti la popolazione esposta; la categoria ambientale include i parametri caratterizzanti il flusso del pericolo nella struttura e gli effetti sulla salute della popolazione esposta; la categoria procedurale include i parametri caratterizzanti le procedure previste nella gestione dell'emergenza e l'intervento dei soccorsi.

I parametri caratterizzanti uno scenario di esodo sono mostrati in figura.



La modellazione degli scenari di esodo richiede la formulazione e la soluzione di:

- un modello di formazione delle code all'interno della galleria;
- un modello di esodo degli utenti dalla struttura.

1.4.5.6.3 Modello di formazione delle code all'interno della galleria

I modelli di formazione delle code, dovendo essere formulati in modo da includere elementi caratteristici del traffico incidente sulla struttura all'atto dell'evento, risultano modelli di elevata complessità formale ed affetti da elevate incertezze aleatorie.

Un modello di formazione delle code all'interno della galleria deve consentire di valutare:

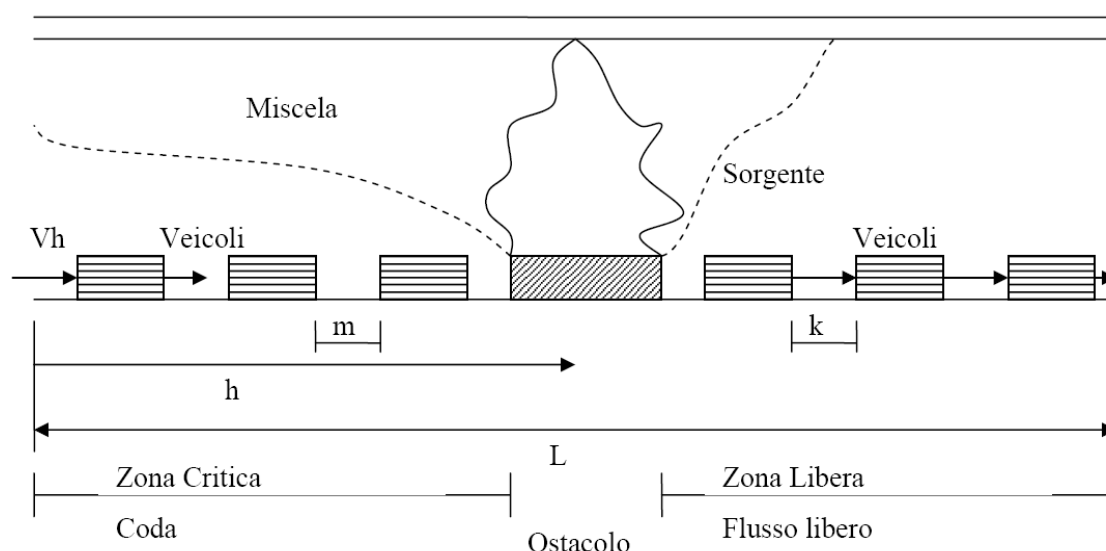
- il numero dei veicoli presenti nella galleria;
- la distribuzione dei veicoli nella galleria.

I parametri indicati sono necessari per determinare:

- il numero delle persone presenti nella galleria;
- l'influenza del traffico e della distribuzione dei veicoli sul flusso del pericolo.

Un modello semplificato di formazione delle code in galleria può essere formulato riferendosi ai parametri correntemente utilizzati nella caratterizzazione della circolazione in galleria in termini di regimi di traffico, sottolineandone il ridotto livello di rappresentazione ed accuratezza.

La successiva figura schematizza il processo di formazione di una coda all'interno di una galleria in presenza di un evento incidentale.



Supponiamo verificate le condizioni:

- rappresentazione euleriana del traffico;
- flusso di traffico stazionario;
- flusso di traffico omogeneo.

Identifichiamo come parametro caratterizzante il traffico l'interdistanza tra i veicoli.

Si ha:

$$I = \frac{V}{D}$$

$$N = \frac{L}{I}$$

Quindi

$$N = \frac{LD}{V}$$

dove I è l'interdistanza tra i veicoli in movimento [m], V è la velocità dei veicoli [m/s], N è il numero dei veicoli presenti nella galleria su una carreggiata, L è la lunghezza della galleria [m].

Le condizioni di flusso scorrevole potrebbero essere caratterizzate come le condizioni per le quali sia verificata la relazione d'ordine:

$$I \geq I^*$$

dove I^* è l'interdistanza di sicurezza tra i veicoli.

L'interdistanza di sicurezza è una grandezza dipendente da:

- lunghezza media dei veicoli;
- velocità dei veicoli.

Le condizioni di flusso congestionato, di conseguenza, potrebbero essere caratterizzate come le condizioni per le quali sia verificata la relazione d'ordine:

$$I < I^*$$

Il modello descritto evidenzia come il numero dei veicoli presenti nella galleria non cresca con il flusso dei veicoli per carreggiata.

Supponiamo si verifichi un evento di incendio e siano soddisfatte le condizioni:

- traffico bloccato sopravvento al focolaio all'istante iniziale;
 - focolaio localizzato ad una distanza d dal portale d'accesso;
- Le condizioni introdotte determinano la formazione di un tappo.

La cinematica del tappo può essere descritta introducendo una velocità di risalita caratteristica stimabile attraverso la relazione:

$$u = \frac{D}{\frac{1}{I_0} - \frac{D}{V}}$$

dove I_0 è l'interdistanza dei veicoli all'istante iniziale.

La velocità di risalita del tappo influenza la probabilità di una carambola di veicoli al termine della coda.

Il tempo di risalita del tappo è dato da:

$$\tau = \frac{d}{u}$$

Il valore numerico del tempo di risalita del tappo deve essere confrontato con il tempo necessario alla chiusura della galleria.

1.4.5.6.4 Modello di esodo e criteri di sopravvivenza

La determinazione delle fatalità connesse ad un singolo ramo dell'albero degli eventi è ottenuta risolvendo uno specifico modello del processo di esodo degli utenti dalla struttura.

Il modello di esodo ingloba un modello di formazione delle code dei veicoli in galleria dopo l'accadimento di un evento critico rilevante che risolto consente la determinazione della popolazione esposta essendo fissato il numero medio di passeggeri per veicolo.

Il processo di esodo degli utenti verso le uscite di soccorso in condizioni incidentali è un processo realizzato da aggregati di individui segnati da comportamenti specifici.

Un modello semplificato per il processo di esodo degli utenti può essere formulato assumendo come parametri fondamentali:

- i tempi di abbandono dei veicoli da parte degli utenti;
- la velocità di esodo degli utenti.

Il processo di esodo è altresì dipendente da:

- modalità di avanzamento degli utenti all'interno della galleria;
- orientamento corretto verso le uscite di sicurezza.

Le attività preliminari necessarie a formulare un modello di simulazione del processo di esodo sono:

- stabilire i fattori che controllano il movimento degli utenti nello spazio,
- costruire una configurazione del flusso di utenti in accordo con il progetto della struttura simulata,
- assumere differenti situazioni (come evacuazione ideale, fasi dell'evacuazione, blocco statico o dinamico di comportamenti critici durante l'evacuazione), o informazioni necessarie di ingresso come il numero degli occupanti, la distanza tra gli occupanti, ecc.,

Valori indicativi dei tempi medi di abbandono dei veicoli da parte degli utenti possono essere:

Veicoli leggeri: 300 s
Veicoli pesanti: 90 s

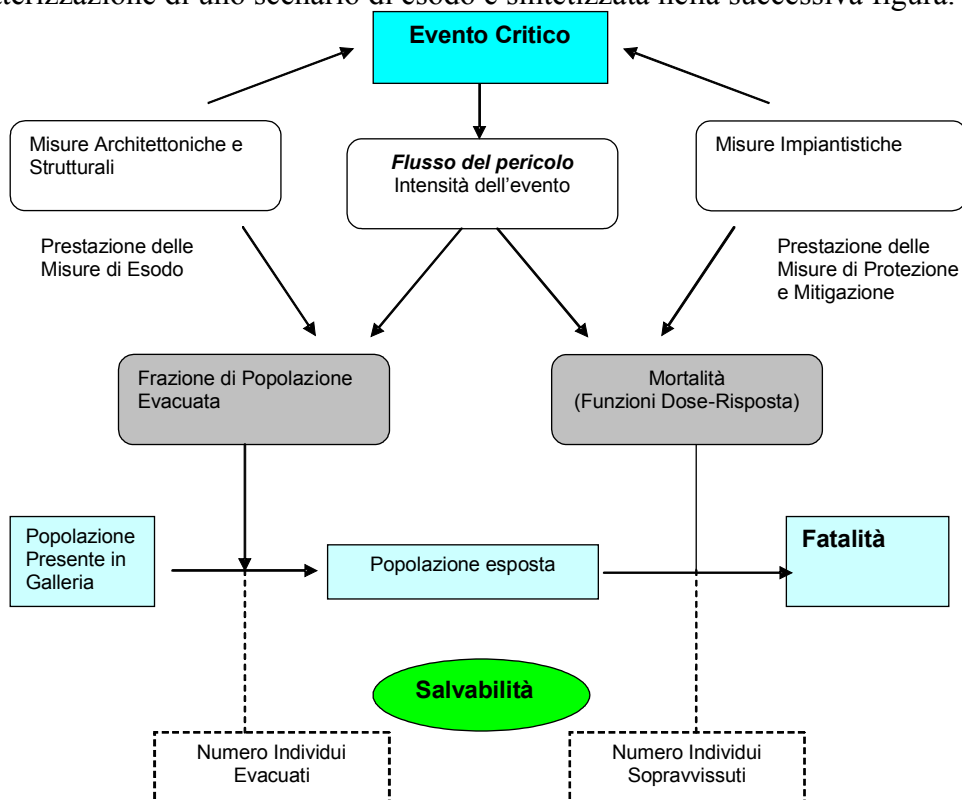
Valori indicativi della velocità di esodo degli utenti, riferiti alle condizioni di visibilità all'interno della galleria in condizioni incidentali, possono essere:

Condizioni di visibilità	Velocità di allontanamento
Buona	1 m/s
Ridotta	0,5 m/s
Nulla	0,3 m/s

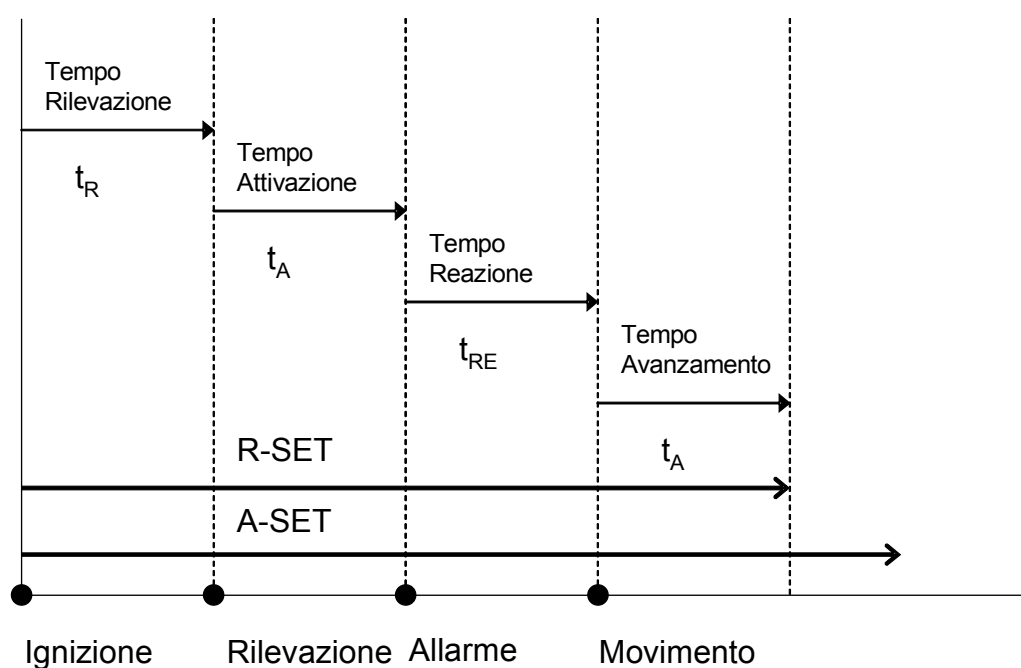
Il processo di esodo è altresì dipendente da:

- modalità di avanzamento degli utenti all'interno della galleria;
- orientamento corretto verso le uscite di sicurezza.

La caratterizzazione di uno scenario di esodo è sintetizzata nella successiva figura.



La scansione dei tempi caratteristici del processo di esodo può essere rappresentata come mostrato in figura.



Criteri di sopravvivenza

Le dosi frazionali inabilitanti (Fractional Effective Dose) secondo la norma ISO 13571, Life threat of fires – Guidance on the estimation of time available for escape using fire data, sono classificati come indicatori di rischio chimico (concentrazioni di sostanze tossiche, irritanti, nonché dell'ossigeno, ai fini della valutazione della ipossia), indicatori di rischio termico (temperature dei gas e dell'aria, valori di irraggiamento termico ai quali gli utenti sono esposti in galleria).

I parametri di sopravvivenza sono rappresentativi delle condizioni di vivibilità all'interno della galleria ed in particolare lungo i percorsi di esodo.

Gli andamenti nel tempo dei valori dei parametri di rischio costituiscono la base dei dati utilizzata per l'applicazione dei modelli di esodo e sono determinati dall'analisi di scenario.

L'approccio utilizzato si basa sul calcolo del tempo disponibile per l'esodo della popolazione esposta attraverso un percorso interessato dalla propagazione dei prodotti della combustione.

Gli effetti sulla salute sono determinati in base ai valori assunti dai parametri di rischio lungo la galleria ed al tempo di esposizione dei soggetti a ciascun elemento di rischio. Gli effetti sono funzione del prodotto delle concentrazioni di ciascun parametro di rischio (CO, CO₂, HCl, HCN, etc.) pesato con il tempo di esposizione e normalizzato rispetto ad un valore limite costituente il parametro di riferimento per il calcolo del tempo disponibile per l'esodo.

1.4.5.7 Misure di rischio: curve cumulate complementari e valore atteso del danno

Le misure del rischio possono essere classificate in funzione delle conseguenze in:

Variabile	Misura
Numero di vittime (N)	Rischio Individuale Rischio Sociale
Danni economici (DE)	Costi Diretti Costi Indiretti

La variabile assunta come rappresentativa nella definizione delle misure di rischio è il numero di vittime conseguente all'accadimento di un evento incidentale critico.

La misura di rischio adottata è una misura di Rischio Sociale.

Le misure di rischio sociale proposte in letteratura sono suscettibili di essere rappresentate in forma grafica ovvero formulate in termini analitici.

Il rischio sociale può essere calcolato stimando la frequenza dell'evento per anno "f" ed il numero di vittime associato "N" per ciascun evento individuale identificato e le possibili conseguenze.

Ciascuna coppia "f-N" può essere rappresentata con un punto su di un grafico, generando degli istogrammi noti come "f - N - curve".

Le curve F-N rappresentano, su scala logaritmica, la funzione:

$$1 - F_N(x) = P(N > x) = \int_x^{\infty} f_N(x) dx$$

dove $F_N(x)$ è la funzione di distribuzione di probabilità del numero di vittime per anno, $f_N(x)$ è la funzione densità di probabilità del numero di vittime per anno.

Il criterio di Rischio Sociale connesso ad una galleria stradale è così formulato:

il rischio di un evento incidentale, per il quale si verifichi la morte di un numero di individui maggiore - uguale a 50 in un singolo evento, deve essere considerato non tollerabile se la frequenza è stimata essere superiore ad 1/500 per anno ($F = 2 \cdot 10^{-3}$ per anno; $N = 50$).

La retta passante per il punto di coordinate F-N indicate, con una pendenza pari a “-1”, definisce il livello di Rischio Tollerabile.

La retta ottenuta traslando in modo rigido 3 decadi al di sotto la retta rappresentativa del livello di Rischio Massimo Tollerabile, definisce il Livello di Rischio Accettabile.

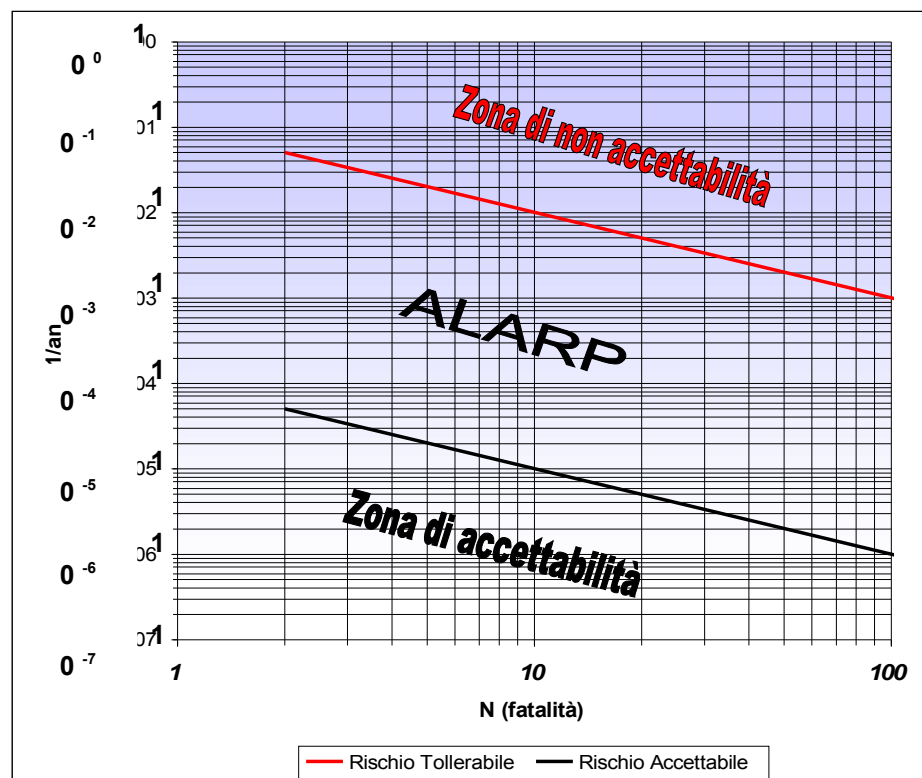
La retta così ottenuta, corrisponde ad “1 fatalità” ($N=1$) in 1/10000 per anno ($F = 10^{-4}$ per anno); analogamente, “100 fatalità” ($N=100$) corrispondono ad 1/100000000 per anno ($F = 10^{-6}$ per anno).

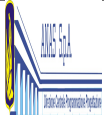
La zona compresa tra la curva di Rischio Tollerabile e la curva di Rischio Accettabile definisce la zona di applicazione del principio “ALARP” (As Low As Reasonably Practicable).

Il principio ALARP è utilizzato per la scelta giustificata delle misure compensative necessarie quando il sistema galleria analizzato non soddisfa i requisiti minimi di sicurezza.

Il dominio delle misure compensative è il dominio di applicazione del principio ALARP in accordo alla metodologia dell’analisi di rischio.

Le definizioni introdotte sono rappresentate in forma grafica nel successivo piano F-N.



	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 62 di 221
--	---	-------------------------	----------------

Il livello di rischio proprio di una generica galleria è determinato tracciando la curva cumulata complementare ad essa corrispondente (C.C.C.).

La curva cumulata complementare, contenendo tutte le informazioni disponibili rispetto alle frequenze di accadimento di un insieme di eventi incidentali rilevanti ed alle probabilità delle conseguenze ad essi associate, consente una rappresentazione del rischio nella forma di una completa distribuzione delle potenziali perdite evidenziando gli effetti delle incertezze connesse al malfunzionamento ovvero all'inadeguatezza dei sistemi di sicurezza adottati.

L'area sottesa da una curva cumulata complementare definisce un indicatore di rischio globale idoneo a determinare le condizioni di equivalenza fra soluzioni progettuali diverse per un sistema galleria avendo preventivamente definito idonei criteri di confronto che tengano conto delle incertezze connesse al sistema.

Una curva cumulata complementare, essendo riconducibile ad una funzione di distribuzione cumulata, non può essere caratterizzata in termini di un unico momento (valore atteso del danno).

La retta rappresentativa del livello di Rischio Tollerabile è compatibile con l'involuppo tangente retto alle curve cumulate complementari corrispondenti a gallerie reali dotate di tutti i requisiti minimi di sicurezza e sistemi di sicurezza caratterizzati da affidabilità ed efficienza desumibili dalle raccomandazioni della buona pratica corrente.

La procedura di progettazione della sicurezza sviluppata, rispondendo alle prescrizioni della norma, sostituisce i concetti scenario incidentale ed evento dimensionante (analisi deterministico delle conseguenze) con i concetti insieme probabilistico di scenario di esodo e distribuzioni attese del danno (approccio probabilistico) correlate attraverso la simulazione del flusso del pericolo e del processo di esodo in una determinata struttura. L'Analisi di Rischio costituisce pertanto lo strumento imprescindibile per la verifica quantitativa del raggiungimento degli obiettivi di sicurezza anche se presenti gli interventi strutturali e impiantistici minimi previsti.

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 63 di 221
---	---	-------------------------	----------------

2 Documentazione della Sicurezza

2.1 Il progetto della sicurezza

Il progetto della sicurezza dovrà contenere:

- *una Relazione generale contenente:*
 - una descrizione delle caratteristiche geometriche e strutturali della galleria e delle relative zone di imbocco;
 - Uno studio sulle previsioni del traffico che specifichi e giustifichi le condizioni previste per il trasporto di merci pericolose;
 - un'indagine specifica sui fattori di rischio che descriva i possibili incidenti che manifestamente mettono a repentaglio la sicurezza degli utenti stradali nelle gallerie, suscettibili di verificarsi durante l'esercizio, e la natura e l'ampiezza delle possibili conseguenze; questa indagine deve specificare e comprovare misure per ridurre la probabilità di incidenti e le loro conseguenze;
 - l'analisi di rischio quantitativa dettagliata nel capitolo 1 delle presenti Linee Guida;
 - descrizione delle misure preventive ed i sistemi e dispositivi di protezione necessari per garantire la sicurezza degli utenti e del personale addetto ai servizi di pronto intervento;
 - una descrizione dell'organizzazione, delle risorse umane e materiali nonché delle istruzioni specificate dal Gestore della galleria per garantire il funzionamento e la manutenzione della galleria;
 - una descrizione del sistema di acquisizione ed aggiornamento del quadro conoscitivo sugli eventi, incidenti e malfunzionamenti significativi, compresa la loro analisi.
- *elaborati grafici progettuali* necessari per comprenderne gli aspetti funzionali e strutturali di quanto descritto nella relazione generale;
- *Piano di gestione delle emergenze* contenente:
 - la descrizione dell'organizzazione aziendale per le emergenze sia dal punto di vista delle dotazioni che delle risorse umane impiegate;
 - le procedure di gestione e controllo degli eventi e di gestione del traffico nelle situazioni di emergenza a partire dalla rilevazione fino alla conclusione dello stato di emergenza;
 - procedure di evacuazione con riferimento anche alle persone con mobilità ridotta e alle persone disabili;
 - elaborati grafici necessari per comprenderne gli aspetti funzionali e strutturali di quanto descritto nel piano di gestione delle emergenze.

2.2 Piano di manutenzione

Il piano di manutenzione dovrà contenere:

- La descrizione degli impianti per la comprensione delle criticità legate all'affidabilità dei sistemi sulla base della tipologia di impianto, delle funzioni da esso svolte, dell'affidabilità dei componenti;
- la pianificazione degli interventi di manutenzione ordinaria e descrizione del sistema di gestione della manutenzione;

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 64 di 221
---	---	-------------------------	----------------

- elaborati grafici necessari per comprenderne gli aspetti funzionali e strutturali di quanto descritto nel piano manutenzione.

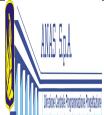
2.3 Piano di monitoraggio e controllo

Il piano di monitoraggio e controllo dovrà contenere:

- la descrizione della struttura di esercizio e le modalità di gestione dell'esercizio;
- l'individuazione dei parametri soggetti a monitoraggio, la pianificazione e le relative modalità di archiviazione e gestione dei dati (database);
- elaborati grafici necessari per comprenderne gli aspetti funzionali e strutturali di quanto descritto nel piano di monitoraggio e controllo.

2.4 Parere dell'esperto qualificato

Parere in merito alla sicurezza da parte di un esperto qualificato che non abbia partecipato alla fase di progettazione, approvazione o realizzazione dell'opera paragrafo 2.3 allegato 4 D.lgs n 264/2006.

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 65 di 221
--	---	-------------------------	----------------

3 Standard Anas Nuove Costruzioni

3.1 Premessa

Il capitolo contiene regole per la progettazione delle misure di sicurezza da adottare nelle gallerie stradali mirate a garantire su tutta la rete nazionale il conseguimento degli obiettivi di sicurezza che la Direttiva Europea individua per la Rete Trans-Europea:

- l'incolumità degli utenti,
- l'esodo in sicurezza degli utenti dalla struttura,
- l'intervento dei servizi di soccorso e spegnimento,
- il contenimento dei danni materiali.

Le regole contenute nel documento concernono le misure di sicurezza preposte ad assicurare:

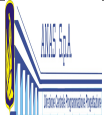
- il rilievo di condizioni anomale all'interno della struttura e le comunicazioni con gli utenti (monitoraggio, rilevazione, segnalazioni di scenari di emergenza);
- la protezione e l'esodo degli utenti (vie di fuga, illuminazione di emergenza, ventilazione, sistemi di mitigazione);
- l'accesso e la facilitazione delle operazioni di intervento degli addetti al soccorso (vie di accesso, illuminazione di emergenza, ventilazione, impianto idrico antincendio, sistemi di mitigazione);
- la prevenzione antincendio della galleria (reazione e resistenza al fuoco dei materiali e degli impianti, sistema di drenaggio).

I contenuti dei documenti promulgati a livello nazionale inerenti la sicurezza nelle gallerie stradali in genere (DM 05/06/2001) e la sicurezza della circolazione nelle gallerie stradali in particolare (Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici del 6/12/1999 n. 7938, Circolare dell'Ente Nazionale Strade 8/9/99 n. 7735) sono ripresi per determinare il grado di aderenza ed eventuale adattamento alle raccomandazioni contenute nella Direttiva 2004/54/CE emanata dal Parlamento Europeo concernente l'individuazione dei requisiti minimi di sicurezza per le gallerie stradali nella Rete Trans-Europea, e recepita dal Dlgs N°264 del 5/10/2006.

Le regole sono formulate recependo le soluzioni della buona pratica progettuale codificate in norme e regolamenti promulgati a livello nazionale ed internazionale (Documenti UNECE, NFPA, PIARC) nell'ambito di un approccio prestazionale alla progettazione ed all'adeguamento della sicurezza nelle gallerie stradali basato sulla metodologia dell'analisi di rischio probabilistica in conformità ai suggerimenti della Direttiva.

Le raccomandazioni di buona pratica si intendono suscettibili di modifica ed adeguamento in funzione del progresso tecnologico e delle conoscenze scientifiche consolidate sulla dinamica degli eventi incidentali critici.

Per quanto concerne la componente prescrittiva relativa alle misure strutturali si rammenta che, nel caso di gallerie appartenenti alla Rete Trans-Europea, è cogente il Dlgs n° 264/06 mentre per la restante rete nazionale la Norma cogente è il DM 5/11/01; ne discende che eventuali soluzioni strutturali desunte dal Dlgs n° 264/06 che dovessero risultare meno restrittive o palesemente difformi dai dettami del DM 5/11/01 devono essere soggette, nell'ambito di una eventuale loro applicazione al di fuori della Rete Trans-Europea, da specifica richiesta di deroga in base a quanto sancito dall'art. 3 del DM 5/11/01 e come previsto dall'art. 13 comma 2 del Dlgs n° 285 del 30/04/92. Tale richiesta, supportata da specifica analisi di sicurezza, deve essere sottoposta al parere

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 66 di 221
--	---	-------------------------	----------------

del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici per le autostrade, le strade extraurbane principali e le strade urbane di scorrimento, e del Provveditorato Regionale alle Opere Pubbliche per le altre strade.

Le raccomandazioni contenute nelle regole si applicano a tutte le gallerie presenti sulla rete stradale nazionale aperte alla pubblica circolazione, caratterizzate da una lunghezza superiore a 500 m, in modo indipendente dalle modalità di costruzione.

3.2 Standard di progettazione

Lo standard di progettazione ANAS consta di:

- una componente prescrittiva,
- una componente prestazionale.

La componente prescrittiva è posta in essere da un insieme di regole progettuali congruenti con la buona pratica corrente, nel rispetto della normativa vigente da verificarsi, in taluni casi, in termini di analisi di rischio.

La componente prestazionale è posta in essere da un insieme misure di sicurezza caratterizzate da valori di affidabilità ed efficienza congruenti con la buona pratica corrente, da verificare in termini di analisi di rischio.

Congruentemente alla impostazione del Dlgs n° 264/06, il pieno rispetto delle misure indicate quali componenti prescrittive, sia strutturali che impiantistiche, rende non necessaria l'effettuazione dell'analisi di rischio di tipo comparativo.

Tuttavia in alcuni casi particolari, da individuarsi tramite l'analisi di vulnerabilità di cui al capitolo 1 delle presenti Linee Guida (p.es. gallerie a traffico bidirezionale di considerevole lunghezza, volumi di traffico particolarmente elevati, etc.), il mero rispetto dei requisiti minimi può non offrire sufficienti garanzie in termini di sicurezza; in questi casi è necessario redigere una analisi di rischio che, oltre ad essere una verifica per l'affidabilità delle misure di sicurezza adottate, potrebbe influenzare anche alcune scelte di carattere progettuale (p.es. necessità di ricorrere a gallerie a doppia canna, necessità di realizzare nuove uscite di emergenza).

In linea generale l'analisi di rischio deve essere redatta nella fase di progettazione definitiva; qualora la progettazione della sicurezza si prevede possa influenzare in maniera sostanziale le scelte progettuali dell'intera opera è opportuno che l'analisi di rischio venga redatta già nella fase di progettazione preliminare come strumento di supporto alle decisioni del progettista e del gestore.

Se nel corso delle successive fasi progettuali intervengono modifiche che determinano riflessi sul documento di analisi, questo deve essere nuovamente redatto.

3.3 Gallerie a canna singola e traffico bidirezionale

3.3.1 Componente prescrittiva -Misure strutturali

3.3.1.1 Generalità

In base al DM 5/11/01 sono da prevedersi gallerie a canna singola per le strade a carreggiata unica e traffico bidirezionale (tipo C ed F in ambito extraurbano).

Resta inteso che quanto indicato dal Dlgs 264/06 per la rete TEN, e cioè la realizzazione di una galleria a doppio fornice qualora le previsioni su 15 anni indichino un volume di traffico superiore a 10.000 veicoli/giorno corsia, è, nell'ambito della restante rete stradale, una soluzione

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 67 di 221
---	---	-------------------------	----------------

progettuale che richiede la procedura di deroga di cui all'art. 13 comma 2 del Dlgs n° 285 del 30/04/92, già citata in premessa.

3.3.1.2 Caratteristiche geometriche della struttura galleria

La sezione trasversale, le caratteristiche plano-altimetriche del tracciato di una galleria e delle strade di accesso influenzano in modo determinante la sicurezza del sistema gallerie in quanto tali parametri influiscono significativamente sulla probabilità che si verifichino incidenti e sull'entità dei danni da essi indotti.

Nelle gallerie con pendenze longitudinali superiori al 3% devono essere adottate misure supplementari e/o rafforzate per aumentare la sicurezza sulla base dei risultati forniti dalla metodologia di analisi di rischio probabilistica.

3.3.1.3 Banchine

In base al DM 5/11/01, ai margini delle banchine, in entrambi i sensi di marcia, è prevista l'adozione di profili redirettivi; pertanto tali banchine non sopraelevate rappresentano anche i percorsi di emergenza che gli utenti utilizzano in caso di guasto o incidente. E' quindi opportuno che la galleria sia dotata di idonei dispositivi luminosi che evidenzino tali percorsi in caso di incendio. I profili redirettivi, in corrispondenza delle discontinuità rappresentate da nicchie, bypass, passaggi pedonali e piazzole di sosta, devono essere opportunamente inclinati (rispetto ad entrambi i sensi di marcia) in modo da evitare l'urto frontale su spigoli vivi della struttura della galleria.

3.3.1.4 Uscite di emergenza

Si definisce uscita di emergenza una apertura realizzata sull'involucro della struttura finalizzata a favorire l'esodo degli utenti verso vie di fuga e luoghi sicuri.

Esempi di uscite di emergenza sono:

- uscite dirette verso l'esterno della galleria,
- uscite verso una galleria o un cunicolo di emergenza,
- i portali della galleria sono per definizione uscite di emergenza.

Le uscite di emergenza devono essere corredate da idonei dispositivi di sicurezza atti ad impedire la propagazione dei fumi e dell'energia termica all'interno delle vie di fuga, consentendo agli utenti di usufruire delle vie di esodo in condizioni di sicurezza ed agli addetti ai servizi di pronto intervento di accedere alla galleria.

L'interdistanza tra le uscite di emergenza non deve superare i 300 m.

3.3.1.4.1 Porte delle uscite di emergenza

Le porte delle uscite di emergenza devono poter essere aperte nella direzione di esodo.

Le porte delle uscite di emergenza devono avere un grado di compartimentazione al fuoco pari a REI 120.

Le porte dovranno essere normalmente chiuse, dotate di dispositivo di autochiusura, certificate UNI 9723 e conformi alle normative vigenti; la colorazione da adottare dovrà essere verde (RAL 6032).

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 68 di 221
---	---	-------------------------	----------------

La larghezza libera di passaggio delle uscite di emergenza deve risultare non inferiore a 90 cm e, comunque, non superiore a 180 cm.

3.3.1.4.2 Zona filtro a prova di fumo

Si definisce zona filtro a prova di fumo un vano delimitato da strutture con resistenza REI predeterminata e comunque non inferiore a 60 minuti, dotato di due o più porte munite di congegno di autochiusura con resistenza al fuoco REI predeterminata e comunque non inferiore a 60 minuti con camino di ventilazione di sezione adeguata e comunque non inferiore a 0,1 m² sfociante al di sopra della copertura della struttura, oppure vano con le stesse caratteristiche di resistenza al fuoco e mantenuto in sovrappressione ad almeno 30 Pa, anche in condizioni di emergenza, oppure aerato direttamente verso l'esterno con aperture libere di superficie non inferiore a 1 m² con esclusione dei condotti.

3.3.1.4.3 Uscite dirette verso l'esterno

Si intende per uscita diretta verso l'esterno un collegamento ad uno spazio a cielo aperto.

Le porte di accesso all'esterno devono essere ben visibili dall'interno della galleria, opportunamente illuminate e segnalate.

3.3.1.4.4 Cunicoli di sicurezza

Si intende per cunicolo di sicurezza una struttura pedonale ricavata all'interno della sezione di scavo della galleria e da essa separata mediante elementi strutturali. Nelle nuove realizzazioni le scelte progettuali devono orientarsi alla individuazione di un cunicolo di sicurezza posto al di sotto del piano stradale.

L'eventuale adozione di cunicoli sospesi agganciati alla volta richiede una analisi di rischio secondo i criteri delle presenti linee guida, che tra l'altro faccia specifico riferimento al sistema di ventilazione previsto sia in fase di esercizio che di emergenza, al fine della salvabilità degli utenti.

Le dimensioni nette della sezione trasversale del cunicolo devono essere almeno pari a 240 x 200 cm (larghezza x altezza).

Nelle gallerie di lunghezza superiore a 1000 m l'accesso ai cunicoli deve essere realizzato creando una zona filtro a prova di fumo con compartimentazione non inferiore a REI 120.

L'accesso al cunicolo deve essere ben visibile dalla galleria, opportunamente segnalato ed illuminato.

All'interno del cunicolo di sicurezza, in corrispondenza di ciascun accesso e con passo non superiore a 50 m, devono essere collocati i segnali indicanti la direzione e la relativa distanza delle uscite verso luoghi sicuri.

All'interno del cunicolo non devono essere allocati quadri elettrici a vista; quando presenti dovranno essere opportunamente separati dal percorso di esodo con elementi caratterizzati da un grado di compartimentazione REI 120.

3.3.1.4.5 Gallerie di emergenza

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 69 di 221
---	---	-------------------------	----------------

Si intende per galleria di emergenza una struttura pedonale ed eventualmente carrabile separata dalla galleria di esercizio che può svilupparsi parallelamente alla galleria, ovvero innestarsi nella galleria configurandosi come una discenderia.

L'accesso alla galleria di emergenza deve essere ben visibile dalla galleria, opportunamente segnalato ed illuminato.

Nelle gallerie di lunghezza superiore a 1000 m, l'accesso pedonale alle gallerie di emergenza deve essere realizzato creando una zona filtro a prova di fumo con compartimentazione non inferiore a REI 120.

All'interno delle gallerie di emergenza, lungo il percorso d'esodo, in corrispondenza di ciascun accesso e con passo non superiore a 50 m, devono essere collocati i segnali indicanti la direzione e la relativa distanza delle uscite verso luoghi sicuri.

All'interno delle gallerie di emergenza non devono essere allocati quadri elettrici a vista; quando presenti dovranno essere opportunamente separati dal percorso di esodo con elementi caratterizzati da un grado di compartimentazione REI 120, ovvero dotati di specifici sistemi di spegnimento automatico degli incendi.

3.3.1.4.6 Destinazione d'uso delle strutture in condizioni di emergenza

I cunicoli di sicurezza e le gallerie di emergenza possono essere adibiti a:

- via di fuga
- via di fuga protetta
- luogo sicuro temporaneo

Una via di fuga è una zona destinata all'esodo delle persone sufficientemente illuminata separata dalla galleria mediante strutture e porte caratterizzate da un grado di compartimentazione REI 120.

Una via di fuga protetta è una zona destinata all'esodo delle persone sufficientemente illuminata e mantenuta libera dai fumi ed in sovrappressione rispetto alla galleria mediante ventilazione forzata e separata dalla galleria mediante strutture e porte caratterizzate da un grado di compartimentazione REI 120.

Un luogo sicuro temporaneo è un luogo di stazionamento costituito da una zona separata fisicamente mediante una zona filtro a prova di fumo rispetto alla canna incidentata, in grado di ospitare in condizioni di sicurezza un numero di persone fissato per un intervallo di tempo limitato e comunque non inferiore a 30 minuti, collegato ad una via di fuga verso l'esterno.

Le condizioni di sicurezza degli utenti che in esso stazionano devono essere assicurate da un impianto di ventilazione dedicato che immetta aria direttamente dall'esterno della galleria stradale.

Successivamente sono riportate le linee guida da adottare per la realizzazione di vie di fuga, vie di fuga protette, luoghi sicuri temporanei.

3.3.1.4.7 Percorsi di esodo

Il percorso di esodo è costituito in sequenza dalla galleria incidentata, dalle uscite di emergenza dirette verso l'esterno ovvero da un cunicolo di sicurezza ovvero da una o più gallerie di emergenza.

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 70 di 221
---	---	-------------------------	----------------

Nelle gallerie di lunghezza inferiore a 500 metri, salvo casi particolari (inserimenti o attraversamenti particolari quali ad es. l'ambito urbano), non sono previste uscite di emergenza.

Nelle gallerie di lunghezza superiore a 500 metri devono essere realizzate delle uscite dirette verso l'esterno, ovvero accessi pedonali verso un cunicolo di sicurezza, ovvero accessi pedonali verso gallerie di emergenza, almeno ogni 300 m.

Dove non risultasse possibile la realizzazione delle uscite pedonali all'interdistanza indicata è necessario giustificare l'assenza di tale misura di sicurezza mediante l'applicazione della metodologia di analisi di rischio probabilistica dettagliata al capitolo 1.

3.3.1.4.7.1 Uscite dirette verso l'esterno

L'accesso all'esterno deve essere realizzato creando, quando necessario, una zona filtro a prova di fumo con compartimentazione non inferiore a REI 120.

Le porte di accesso devono essere dotate di sensori ed all'apertura deve attivarsi un allarme ottico acustico locale temporizzato e deve essere inviato un segnale di allarme al centro di controllo, ove previsto.

3.3.1.4.7.2 Cunicoli di sicurezza e gallerie di emergenza

I cunicoli di sicurezza possono essere adibiti a via di fuga protetta, ovvero a luogo sicuro temporaneo.

Le porte di accesso devono essere dotate di sensori ed all'apertura deve attivarsi un allarme ottico acustico locale temporizzato e deve essere inviato un segnale di allarme al centro di controllo, ove previsto.

Nel caso in cui il cunicolo di sicurezza sia adiacente ad un canale di ventilazione adibito all'estrazione dei fumi dovrà essere garantito il benessere termoigrometrico degli utenti in fuga ed in ogni caso il cunicolo non potrà essere adibito a luogo sicuro temporaneo e dovrà essere dotato di zone filtro.

L'impianto di ventilazione del cunicolo di sicurezza e delle gallerie di emergenza deve assicurare le seguenti modalità:

- funzionamento in esercizio: mantenere condizioni termoigrometriche che non consentano la formazione di muffe;
- funzionamento in emergenza per gli utenti: garantire la sovrappressione delle zone filtro a prova di fumo, e garantire la qualità dell'aria qualora il cunicolo di sicurezza o la galleria di emergenza siano adibiti a luogo sicuro temporaneo;
- funzionamento in emergenza per gli addetti al soccorso ed allo spegnimento: garantire una velocità media del flusso sufficiente a consentire l'accesso alla galleria incidentata.

L'impianto di ventilazione deve essere collegato all'alimentazione elettrica di emergenza.

Il sistema di comando e controllo del sistema di ventilazione del cunicolo di sicurezza deve essere collegato alla alimentazione elettrica di sicurezza.

L'illuminazione del cunicolo di sicurezza deve essere garantita dall'impianto di alimentazione elettrica di sicurezza.

3.3.1.5 Piazzole di sosta

Nelle gallerie di lunghezza superiore a 1000 m devono essere previste piazzole di sosta aventi dimensioni minime pari a 45 m x 3 m realizzate ad un'interdistanza pari a 600 m per ogni senso di marcia disposte a quinconce sui due lati della carreggiata.

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 71 di 221
---	---	-------------------------	----------------

Quanto previsto nell'ambito della rete TEN in merito alla possibilità di non prevedere le piazzole di sosta, per difficoltà costruttive o costi sproporzionati, se la larghezza totale della parte della galleria accessibile ai veicoli, escluse le corsie di marcia e di sorpasso, è pari almeno alla larghezza di una corsia normale, richiede, nella restante rete stradale, la procedura di richiesta di deroga di cui all'art. 13 comma 2 del Dlgs n° 285 del 30/04/92, già citata in premessa.

3.3.1.6 Sistema di drenaggio

Il sistema di drenaggio della piattaforma stradale in galleria assume anche il ruolo di impianto di sicurezza.

Il suo dimensionamento deve garantire la rapida intercettazione e l'allontanamento dei liquidi defluenti in carreggiata, siano essi oli e liquidi infiammabili originati da sversamenti accidentali, reflui dei lavaggi, reflui dell'impianto antincendio, acque di percolazioni o infiltrazione, nonché acque meteoriche in prossimità degli imbocchi.

Sulla piattaforma all'interno delle gallerie non è utilizzabile asfalto drenante oltre 50m dagli imbocchi.

La rete idraulica di raccolta e smaltimento delle acque di piattaforma deve essere separata dal sistema di raccolta dei drenaggi a tergo del rivestimento definitivo, ove previsto, con collettori disposti in prossimità dei margini della carreggiata al fine di agevolare le operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria. Il progetto della rete deve evitare il collettamento all'interno della galleria di drenaggi di piattaforma raccolti a monte in tratti stradali esterni alla galleria o in altre gallerie.

Le caditoie di raccolta, posizionate normalmente ad interasse non superiore a 25m, devono garantire anche l'ispezione e la manutenzione dei collettori di smaltimento. Deve, inoltre, essere attentamente valutata la necessità di installare caditoie munite di dispositivi atti ad evitare la propagazione della fiamma.

La necessità di installare vasche di intercettazione e/o accumulo a valle della rete di drenaggio della piattaforma, deve essere valutata in relazione anche al contesto ambientale ove inserita la galleria. Ove prevista, la vasca dovrà essere posizionata all'esterno della galleria in area ad accesso carrabile e garantire semplicità di ispezione e manutenzione. E' necessario valutare la necessità di installare sistemi di monitoraggio e controllo del livello idrico nelle vasche.

Se è autorizzato il trasporto di merci pericolose, il sistema di drenaggio deve essere progettato e mantenuto in funzione in modo da impedire la propagazione degli incendi nonché per intercettare rapidamente i liquidi infiammabili e tossici sversati sulla piattaforma stradale, riducendone la propagazione all'interno della canna. Le caditoie dovranno essere dotate di dispositivi anti-fiamma e dovrà essere prevista una vasca di intercettazione e accumulo.

3.3.1.7 Caratteristiche ignifughe degli elementi strutturali

Gli elementi strutturali delle gallerie devono assicurare un livello sufficiente di resistenza e reazione al fuoco.

3.3.1.7.1 Resistenza al fuoco delle strutture

La struttura principale di tutte le gallerie in cui un cedimento locale della struttura possa avere conseguenze catastrofiche, come ad esempio le gallerie sommerse o le gallerie che possono causare il cedimento di importanti strutture adiacenti, deve assicurare un livello sufficiente di

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 72 di 221
---	---	-------------------------	----------------

resistenza al fuoco. Ciò si evince dal Dlgs 264 5/10/2006 “Attuazione della direttiva in maniera di sicurezza per le gallerie delle rete stradale trans europea”.

Tali misure di sicurezza devono essere garantite sia nel caso di gallerie nuove che nel caso di gallerie esistenti.

I livelli di prestazione e le conseguenti classi di resistenza al fuoco sono indicati all'interno del Capitolo 3.6 del DM 14/01/2008 “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”.

In particolare, per gallerie di cui sopra, si deve assicurare un livello di resistenza al fuoco definito mediante analisi di rischio e non inferiore ad un tempo di 120 min per un incendio caratterizzato dalla curva nominale degli idrocarburi di cui al paragrafo 3.6.1.5.1 del DM 14/01/2008 “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”.

3.3.1.7.2 Reazione al fuoco

Le vernici o i pannelli di rivestimento delle pareti devono essere realizzate con materiali caratterizzati da una reazione al fuoco di classe 0 ed atossici.

3.3.1.8 Colore delle pareti della galleria

La colorazione delle pareti, indipendentemente dalla lunghezza della galleria, deve seguire lo schema riportato in figura 1 dell'allegato I al presente documento utilizzando vernici o pannelli di rivestimento.

Per le colorazioni si devono adottare i seguenti R.A.L. tenendo conto dell'impiego di lampade al sodio ad alta pressione:

- colore bianco n. 9010
- colore arancio n. 2002.

I materiali utilizzati devono essere del tipo lavabile.

In caso di impiego di altri tipi di lampade le colorazioni devono essere opportunamente verificate ed adeguate per ottenere le stesse rese cromatiche di cui sopra.

La veste così ottenuta deve essere preservata nel tempo predisponendo un opportuno piano di manutenzione e pulizia.

3.3.2 Componente prescrittiva - Misure impiantistiche

Nel seguito vengono definite le misure impiantistiche da prevedere nelle gallerie stradali di lunghezza superiore a 500 metri.

Nelle gallerie di lunghezza inferiore dovrà essere previsto, tranne in condizioni particolari da analizzare singolarmente, il solo impianto di illuminazione.

3.3.2.1 Illuminazione

Le gallerie e i sottopassi devono essere provvisti di illuminazione diurna e notturna progettate secondo il D.M. 14 settembre 2005 “Norme di illuminazione delle gallerie stradali”.

Si distinguono le seguenti tipologie di illuminazione:

- l'illuminazione *ordinaria* costituita dall'illuminazione permanente e dall'illuminazione di rinforzo,
- l'illuminazione di *emergenza* costituita dall'illuminazione della galleria in condizioni di interruzione di erogazione dell'energia elettrica e in grado di garantire un livello minimo di luminanza di 1 cd/mq sull'intera galleria per un tempo minimo di 30 minuti. L'emergenza

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 73 di 221
---	---	-------------------------	----------------

deve essere segnalata agli utenti della galleria tramite l'indicazione "Galleria non illuminata",

- l'illuminazione di *sicurezza* costituita dall'illuminazione delle vie di fuga.

3.3.2.1.1 Illuminazione ordinaria

Nei tratti di imbocco delle gallerie devono essere previste delle zone di rinforzo (zone di entrata e di transizione) in cui la luminanza varia secondo la curva delle luminanze di adattamento ricavata in conformità a quanto previsto dalla norma UNI 11095.

L'illuminazione delle zone di entrata e di transizione della galleria deve essere correlata con la luminanza di velo esterna. Qualora la regolazione del livello di luminanza sia discontinua, non sono ammesse variazioni di luminanza con rapporti maggiori di tre.

Il sensore di luminanza di velo dovrà essere installato in posizione quanto più prossima alla distanza di arresto dalla sezione d'ingresso, compatibilmente con i vincoli esistenti nel tratto di strada interessato.

Attraverso l'ausilio dei regolatori di flusso si potranno ridurre le luminanze di un livello, per poi passare a quello successivo spegnendo le lampade relative a un circuito di rinforzo. Si deve pertanto variare con continuità e a gradini il livello di luminanza in galleria sino ad arrivare al valore di luminanza della zona interna L_i , rispettando i valori di uniformità globale e longitudinale previsti dalla norma. La variazione a gradini verrà effettuata attraverso l'ausilio di teleruttori comandati da segnali provenienti dai moduli di controllo dei regolatori di flusso.

I regolatori di flusso dovranno essere privi di parti in movimento.

Le indicazioni suddette sulle zone di rinforzo devono essere estese ai due imbocchi.

I cavi di alimentazione dell'impianto di illuminazione devono essere collocati per quanto possibile in sede protetta. Nelle gallerie ove si utilizzeranno canaline per la posa dei cavi, allora queste dovranno essere realizzate in acciaio inox di caratteristica AISI almeno 304L.

I cavi utilizzati per realizzare i sistemi di illuminazione ordinaria devono essere conformi alle norme CEI non propaganti l'incendio, a bassissima emissione di gas tossici nocivi e corrosivi.

Le lampade dell'impianto di illuminazione devono essere ad alta efficienza luminosa nell'ottica di consentire un elevato risparmio energetico.

I corpi illuminanti devono essere di norma posizionati preferibilmente con due file di armature, ciascuna sopra una corsia di marcia; per le gallerie a soffittatura piana o con sezione rettangolare bidirezionali le due file devono essere posizionate sui due lati della galleria stessa.

I corpi illuminanti devono avere un indice di protezione IP 65.

Tutti gli accessori metallici, le armature, i proiettori dei corpi illuminanti, gli ancoraggi al rivestimento devono garantire la massima resistenza alla corrosione.

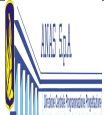
I corpi illuminanti devono essere facilmente sostituibili ovvero dotati di dispositivi che consentano lo sgancio e l'aggancio rapido.

Cassette di derivazione per l'alimentazione dei corpi illuminanti in galleria

La cassetta deve avere un Grado di Protezione non inferiore a IP 65 secondo CEI EN 60529 con grado di resistenza agli urti IK07.

Il contenitore deve essere dotato di una base portafusibile precablata alla derivazione, idonea alla protezione della fase di alimentazione del corpo illuminante.

La messa a terra deve essere assicurata mediante morsetto.

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 74 di 221
--	---	-------------------------	----------------

Il materiale di costruzione dovrà essere lega di alluminio UNI 5076 o acciaio INOX AISI 304 o 316L. L'alimentazione al corpo illuminante deve avvenire attraverso presa CEE 2P+T da 16A con grado di protezione non inferiore a IP 65.

3.3.2.1.2 Illuminazione di emergenza

L'illuminazione di emergenza deve garantire nelle zone interne e nelle piazzole di sosta una luminanza non inferiore a 1 cd/mq.

Le caratteristiche tecniche dei corpi illuminanti dell'illuminazione di emergenza sono le stesse della illuminazione ordinaria.

Nelle gallerie di lunghezza superiore a 500m, l'illuminazione di emergenza dovrà essere alimentata da un gruppo elettrogeno, comune eventualmente ad altri impianti, con autonomia di almeno 24 ore; dovrà essere inoltre prevista una alimentazione elettrica in continuità assoluta dedicata, possibilmente costituita da un sistema UPS, che sostenga per almeno 30 minuti l'impianto di illuminazione.

Nelle gallerie di lunghezza inferiore a 500m, in cui è prevista l'illuminazione, dovrà essere prevista l'illuminazione di emergenza alimentata mediante un sistema UPS con autonomia pari ad almeno 30 minuti. Sono preferibili soluzioni di massima integrazione tra UPS e dispositivi di regolazione del flusso luminoso.

Il pannello a messaggio variabile prima dell'ingresso della galleria deve indicare agli utenti lo stato di malfunzionamento dell'impianto di illuminazione interno alla galleria ed eventuali provvedimenti temporanei di esercizio degradato.

Cassette di derivazione per l'alimentazione dei corpi illuminanti di emergenza

La cassetta deve avere un Grado di Protezione non inferiore a IP 65 secondo CEI EN 60529 con grado di resistenza agli urti IK07.

I morsetti devono essere adatti all'applicazione su cavi tipo FTG10(O)M1 – 0.6/1KV (resistenza al fuoco secondo norma EN 50200/EN 50362).

Il contenitore è inoltre dotato di una base portafusibile precablata alla derivazione, idonea alla protezione della fase di alimentazione del corpo illuminante.

La messa a terra deve essere assicurata mediante morsetto.

Il materiale di costruzione dovrà essere in lega speciale di alluminio EN 1706 AC-46100DF o in acciaio INOX AISI 304 o 316L o altro materiale prestazionalmente non inferiore.

L'alimentazione al corpo illuminante deve avvenire attraverso presa CEE 2P+T da 16 A. La cassetta deve essere certificata, da ente certificato accreditato, per garantire la funzionalità per almeno 90 minuti a 850°C secondo norma EN 50362.

Possono essere previste connessioni a perforazione di isolante senza interruzione del cavo della dorsale principale.

3.3.2.1.3 Illuminazione di sicurezza

L'illuminazione di sicurezza deve consentire la messa in sicurezza degli utenti attraverso le vie di fuga, ovvero l'individuazione da parte degli utenti e degli addetti al soccorso delle dotazioni per la sicurezza antincendio e le stazioni di emergenza. In generale dovrà essere previsto un elemento luminoso a led su entrambi i lati della galleria, con la duplice funzione di illuminare il camminamento in prossimità della barriera stessa e di segnalare il verso di percorrenza della galleria in caso di emergenza. Dovranno essere impiegate le tipologie ANAS di seguito descritte. I corpi illuminanti a LED saranno idonei per montaggio sulla parete della galleria, in caso di sezioni con

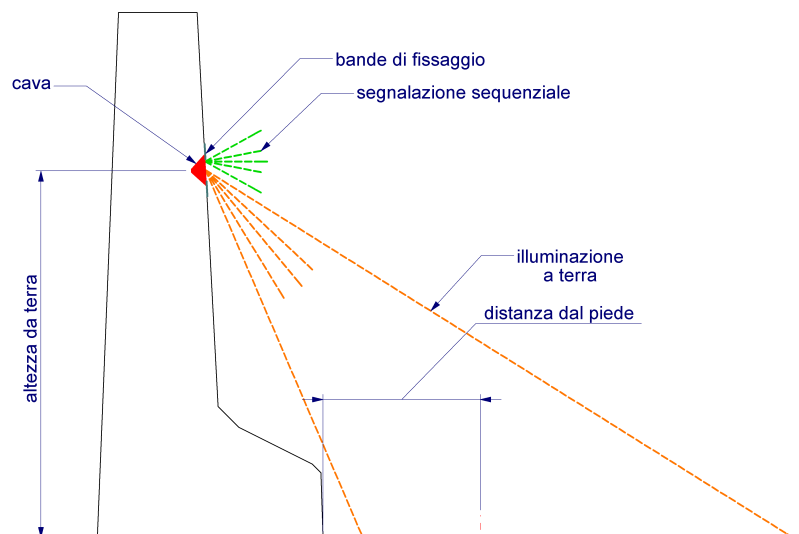
marciapiedi, ovvero per montaggio all'interno della barriera redirettiva, in caso di sezioni con tali elementi marginali.

L'illuminazione di sicurezza deve essere in grado di assicurare:

- l'indicazione chiara e non ambigua delle vie di fuga, garantita anche dalla guida fisica e luminosa del corpo illuminante,
- l'illuminazione delle vie di fuga,
- individuazione delle dotazioni di sicurezza a servizio degli utenti,
- l'indicazione del verso di percorrenza, in allontanamento dal luogo di incendio.

Si potranno avere le seguenti tipologie di illuminazione di sicurezza.

Barriera ridirettiva a LED



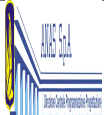
Descrizione

E' una barriera redirettiva all'interno della cui cava trova alloggio un elemento luminoso a led, con la duplice funzione di illuminare il camminamento in prossimità della barriera stessa e di segnalare il verso di percorrenza della galleria in caso di emergenza.

Illuminazione

L'illuminazione a terra è realizzata tramite LED color giallo-ambra che dovranno assicurare un illuminamento medio di 5 lux per una fascia di minimo 90cm, all'interno della quale l'illuminamento minimo non dovrà essere inferiore a 2 lux. Tale fascia dovrà iniziare entro una distanza di 30 cm dal piede della barriera redirettiva.

Segnalazione

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 76 di 221
--	---	-------------------------	----------------

La segnalazione del verso di percorrenza è realizzata tramite l'accensione sequenziale di gruppi da 3 LED verdi, orientati in modo da essere visibili direttamente dai pedoni. Sono presenti 7 gruppi di LED verdi ogni 3m di barriera ridirettiva. I gruppi sono accesi sequenzialmente (uno acceso e sei spenti) in modo da realizzare una velocità apparente di movimento dei led verdi compresa tra 7 m/s e 8 m/s.

In condizioni normali i LED verdi sono spenti.

In caso di emergenza il sistema di controllo e supervisione della galleria comanda l'accensione in sequenza. Il verso della sequenza di accensione (diretto o contrario) e quindi il verso di percorrenza della galleria è deciso dal sistema stesso di controllo e supervisione della galleria e comunicato ai quadri elettrici di controllo del sistema, tramite protocollo Modbus TCP/IP.

Un eventuale guasto o incidente che coinvolga un elemento luminoso non deve portare a un malfunzionamento che si propaghi oltre una tratta di 30m di elementi contigui.

In caso di emergenza l'accensione sequenziale dei LED verdi indica il verso di percorrenza in allontanamento dal punto critico, sede di incidente.

Poiché il comando del verso della sequenza di accensione dei led verdi per ogni singolo elemento è superfluo e provoca un aggravio oneroso al carico della rete e del sistema di gestione della galleria, è ammesso il comando del verso della sequenza di accensione a tratte, lunghe al massimo 30 metri, i cui elementi attueranno lo stesso verso di sequenza di accensione.

Caratteristiche meccaniche

Gli elementi luminosi della barriera ridirettiva a led, i collegamenti elettrici ed i quadri elettrici hanno un grado di protezione IP65. Le parti plastiche e i PCB degli elementi luminosi hanno un comportamento alla fiamma UL94-V0. Le parti metalliche sono in acciaio inossidabile AISI 304 o in alluminio anodizzato.

Lo schermo trasparente degli elementi luminosi deve essere a filo con la superficie della barriera ridirettiva, salvo la sporgenza delle bande di fissaggio di massimo 2mm e degli elementi di fissaggio puntuali di massimo altri 5mm. Le sporgenze degli elementi puntuali di fissaggio devono essere raccordate e prive di spigoli vivi.

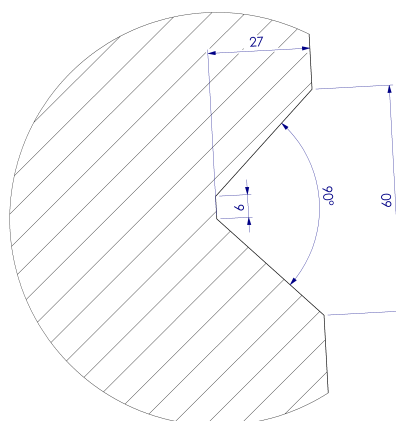
I cavi di collegamento degli elementi luminosi sono a bassa emissione di gas tossici, con caratteristiche identiche o superiori al tipo NO7G9-K.

Alimentazione

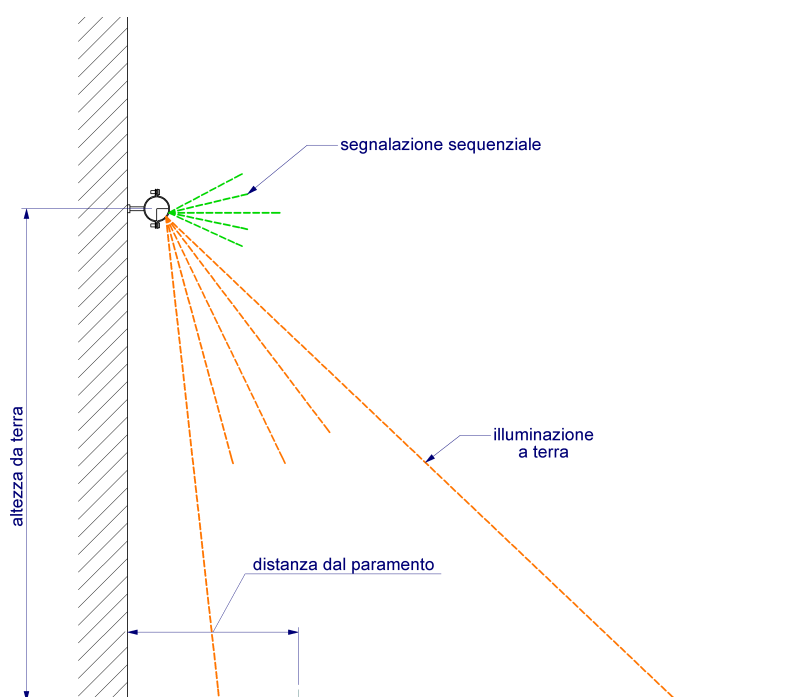
Gli elementi luminosi all'interno della barriera ridirettiva sono alimentati a bassissima tensione di sicurezza SELV.

Geometria della cava

Le dimensioni in millimetri della cava sono indicate nel disegno. La cava è posizionata ad una altezza da terra compresa tra 60cm e 80cm.



Corpo illuminante a LED per montaggio a paramento



Descrizione

E' un corpo luminoso tubolare a led, con la duplice funzione di illuminare il camminamento in prossimità del paramento e di segnalare il verso di percorrenza della galleria in caso di emergenza.

Illuminazione

L'illuminazione a terra è realizzata tramite LED color giallo-ambra che dovranno assicurare un illuminamento medio di 5 lux per una fascia di minimo 90cm, all'interno della quale

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 78 di 221
---	---	-------------------------	----------------

l'illuminamento minimo non dovrà essere inferiore a 2 lux. Tale fascia dovrà iniziare entro una distanza compresa tra 20 cm e 40 cm dal paramento.

Segnalazione

La segnalazione del verso di percorrenza è realizzata tramite l'accensione sequenziale di gruppi da 3 LED verdi, orientati in modo da essere visibili direttamente dai pedoni. Sono presenti 7 gruppi di LED verdi ogni 3m. I gruppi sono accesi sequenzialmente (uno acceso e sei spenti) in modo da realizzare una velocità apparente di movimento dei led verdi compresa tra 7 m/s e 8 m/s.

In condizioni normali i LED verdi sono spenti.

In caso di emergenza il sistema di controllo e supervisione della galleria comanda l'accensione in sequenza. Il verso della sequenza di accensione (diretto o contrario) e quindi il verso di percorrenza della galleria è deciso dal sistema stesso di controllo e supervisione della galleria e comunicato ai quadri elettrici di controllo del sistema, tramite protocollo Modbus TCP/IP.

Un eventuale guasto o incidente che coinvolga un elemento luminoso non deve portare a un malfunzionamento che si propaghi oltre una tratta di 30m di elementi contigui.

In caso di emergenza l'accensione sequenziale dei LED verdi indica il verso di percorrenza in allontanamento dal punto critico, sede di incidente.

Poiché il comando del verso della sequenza di accensione dei led verdi per ogni singolo elemento è superfluo e provoca un aggravio oneroso al carico della rete e del sistema di gestione della galleria, è ammesso il comando del verso della sequenza di accensione a tratte, lunghe al massimo 30 metri, i cui elementi attueranno lo stesso verso di sequenza di accensione.

Caratteristiche meccaniche

Gli elementi luminosi della barriera redirettiva a led, i collegamenti elettrici ed i quadri elettrici hanno un grado di protezione IP65. Le parti plastiche e i PCB degli elementi luminosi hanno un comportamento alla fiamma UL94-V0. Le parti metalliche sono in acciaio inossidabile AISI 304 o in alluminio anodizzato.

Il corpo tubolare ha un diametro di 48,3 mm.

I cavi di collegamento degli elementi luminosi sono a bassa emissione di gas tossici, con caratteristiche identiche o superiori al tipo NO7G9-K.

Alimentazione

I corpi luminosi sono alimentati a bassissima tensione di sicurezza SELV.

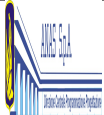
L'impianto, essendo sostenuto dal sistema elettrico di emergenza, dovrà essere alimentato da un gruppo di continuità assoluta (UPS) con autonomia non inferiore a 30 minuti.

I cavi di alimentazione dovranno essere di tipo LSOH e resistenti al fuoco secondo la norma EN 50200.

3.3.2.2 Ventilazione

I parametri strutturali e di traffico rilevanti nella scelta della tipologia e nel dimensionamento del sottosistema di ventilazione sono:

- lunghezza della galleria,
- area della sezione trasversale,
- andamento altimetrico della galleria,

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 79 di 221
--	---	-------------------------	----------------

- volume di traffico equivalente,
- frequenza di regime di traffico congestionato,
- condizioni meteo-climatiche prevalenti sul sito.

La scelta ed il dimensionamento del sottosistema ventilazione deve prendere in considerazione le statistiche degli eventi incidentali possibili causa di eventi di incendio e di sversamento di sostanze tossiche, nocive ed infiammabili.

Il sottosistema ventilazione deve essere realizzato secondo le regole di buona pratica attuali e deve concorrere, per la quota parte di sua competenza, a garantire il livello di sicurezza fissato dall'applicazione della metodologia di analisi di rischio probabilistica, quando prevista, per il sistema galleria.

La progettazione del sottosistema ventilazione delle gallerie deve portare alla definizione di una configurazione impiantistica ottimale in grado di garantire:

- la diluizione delle emissioni dei veicoli all'interno della galleria in condizioni di esercizio (ventilazione sanitaria);
- la compatibilità ambientale della struttura;
- la gestione e il controllo dei fumi in caso di eventi incidentali possibili individuati come rilevanti (ventilazione di emergenza).

3.3.2.2.1 Ventilazione sanitaria

Il sottosistema ventilazione è preposto a:

- diluire gli inquinanti emessi dagli autoveicoli in ogni regime di traffico,
- diluire gli inquinanti emessi dagli autoveicoli in caso di arresto del traffico conseguente all'accadimento di un incidente non rilevante.

Esso deve mantenere la concentrazione degli inquinanti all'interno della struttura a livelli tali da non compromettere la visibilità e contenere la dose di inquinanti assunta dagli utenti.

La diluizione degli inquinanti da parte dell'impianto di ventilazione dovrà essere effettuata sulla base delle stime più recenti delle emissioni dei veicoli e delle normative europee vigenti.

La ventilazione sanitaria deve essere dimensionata sulla base dei volumi di traffico e delle emissioni dei veicoli stimati per i primi 20 anni di esercizio.

La determinazione delle condizioni meteorologiche ai portali per le quali attuare la chiusura al traffico della galleria devono essere determinate, se necessario, mediante l'applicazione della metodologia di analisi di rischio probabilistica.

Il livello massimo degli inquinanti deve essere conforme alle indicazioni riportate nelle guide PIARC (World Road Association) vigenti al momento della progettazione dell'impianto di ventilazione.

3.3.2.2.2 Ventilazione di emergenza

Il sottosistema ventilazione è preposto a:

- disperdere l'energia termica generata dal focolaio di incendio,
- gestire e controllare il moto dei fumi,
- diluire le sostanze tossiche ed infiammabili.

Esso deve garantire l'esodo in sicurezza degli utenti e facilitare le operazioni di soccorso e di spegnimento nonché prevenire la formazione di miscele esplosive nel corso di un evento di sversamento.

Il sottosistema ventilazione influenza altresì la dinamica del focolaio e condiziona il processo di esodo degli utenti.

Il dimensionamento dell'impianto di ventilazione per condizioni di emergenza deve essere effettuato preliminarmente almeno in conformità ai dettami dell'analisi di rischio considerando l'influenza dei parametri di sicurezza in particolare il profilo longitudinale e le condizioni meteorologiche ai portali che determinano la ventilazione naturale.

3.3.2.2.3 *Scelta del sistema di ventilazione*

In tutte le gallerie di lunghezza superiore a 1000 m deve essere installato un impianto di ventilazione meccanica.

La verifica della necessità di installazione di un impianto di ventilazione meccanica deve essere estesa a gallerie di lunghezza inferiore ai 1000 m quando i parametri strutturali e di traffico che influenzano la sicurezza del sistema galleria risultino anomali.

Esempi di anomalia nei valori sono: la sezione trasversale è inferiore a 45 m² per gallerie a 2 corsie di marcia, la pendenza supera il 3%, il volume di traffico previsto è superiore a 10.000 v/giorno, regimi di traffico congestionato si verificano per almeno 5 giorni in una settimana per un tempo pari ad almeno 30 minuti consecutivi.

La successiva tabella fornisce un'indicazione confortata dalla buona pratica progettuale attuale alla scelta dei sistemi di ventilazione da installare in una galleria.

<i>Sistemi di ventilazione raccomandati per le gallerie stradali</i>		
Aree di applicazione dei sistemi di ventilazione	Lunghezza della galleria bidirezionale [km]	
Ventilazione naturale	≤ 0.5	
Ventilazione longitudinale con jet-fans	≤ 1.5	
Ventilazione longitudinale con jet-fans ed estrazione dei fumi	≤ 3.0	
Ventilazione semitrasversale	≥ 1.0	
Ventilazione trasversale	≥ 1.0	

La scelta della tipologia del sistema di ventilazione trasversale o semi-trasversale oltre che essere basata sulle caratteristiche geometriche ed architettoniche e sulle caratteristiche del traffico deve essere suffragata dai risultati forniti dalla metodologia di analisi di rischio probabilistica, quando prevista.

Nelle gallerie con traffico bidirezionale di lunghezze superiori a 1.0 km, l'adozione della ventilazione longitudinale richiede l'analisi del rischio da cui emerga l'accettabilità della soluzione adottata o l'adozione di misure compensative specifiche, quali un'adeguata gestione del traffico, idonee distanze tra le uscite di emergenza, postazioni intermedie di estrazione dei fumi.

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 81 di 221
---	---	-------------------------	----------------

Il sistema di ventilazione longitudinale può essere utilizzato fino a lunghezze pari a 1500 m, allorché l'analisi di rischio fornisca risultati compatibili con i vincoli ambientali ed i vincoli di sicurezza.

Per gallerie di lunghezza superiore a 1500 m deve essere valutata, applicando caso per caso la metodologia dell'analisi di rischio probabilistica, l'adozione di un sistema di tipo longitudinale integrato da idonee misure compensative in luogo della realizzazione di un sistema di ventilazione semitrasversale, trasversale, ibrido.

Nelle gallerie di lunghezza superiore a 3000 m con un volume di traffico superiore a 2000 veicoli per corsia/giorno, un centro di controllo e ventilazione trasversale e/o semitrasversale, devono essere adottate le seguenti misure minime per quanto concerne la ventilazione:

- installazione di dispositivi di estrazione dell'aria e dei fumi azionabili separatamente o a gruppi;
- controllo costante della velocità longitudinale dell'aria e conseguente regolazione del processo di controllo dell'impianto di ventilazione (estrattori, ventilatori, ecc.).

La velocità longitudinale può considerarsi controllata quando essa oscilla tra -1 m/s e 1 m/s in una zona di lunghezza fissata situata a cavallo del focolaio.

Il sistema di ventilazione deve conservare la stratificazione di fumi generati da un evento di incendio rappresentativo degli eventi critici possibili in una galleria stradale per un tempo sufficiente a garantire il processo di esodo degli utenti verso la prima uscita di emergenza disponibile.

Il sistema di ventilazione deve essere in grado di invertire il verso del flusso d'aria in ogni posizione della galleria in un tempo compatibile con la dinamica dell'evento di incendio e la salvabilità degli utenti.

3.3.2.2.4 Ventilazione dei cunicoli di sicurezza e delle gallerie di emergenza

Nelle gallerie in cui vengono realizzate vie di fuga, tra la galleria stradale e la via di fuga protetta deve essere realizzata una zona filtro a prova di fumo.

L'impianto di ventilazione deve mantenere la via di fuga libera dai fumi e garantire un livello accettabile di qualità dell'aria agli utenti.

La sovrappressione, a porte chiuse, necessaria alla pressurizzazione della zona filtro a prova di fumo deve essere tendenzialmente pari a 50 Pa rispetto alla galleria stradale e, comunque, non inferiore a 30 Pa o superiore a 80 Pa.

La forza applicata per l'apertura della porta non deve superare 220 N.

La pressurizzazione deve essere realizzata mediante immissione di aria esterna alla galleria stradale, ed attuata da un impianto dedicato.

La ventilazione della zona filtro a prova di fumo deve essere dimensionata in modo tale da garantire, in presenza di una porta aperta, una velocità del flusso d'aria non inferiore a 0,75 m/s attraverso la sezione della porta. Inoltre, durante la fase di spegnimento, al fine di consentire l'accesso dei Vigili del Fuoco all'interno della galleria stradale, il sistema di pressurizzazione deve realizzare l'“effetto bolla”; l'impianto di ventilazione deve, cioè, garantire, per alcuni secondi, una velocità minima del flusso d'aria, attraverso la porta di comunicazione con la galleria stradale, pari a 2 m/s.

Quando il cunicolo di sicurezza o la galleria di emergenza svolgono la funzione di *luogo sicuro temporaneo*, l'impianto di ventilazione deve garantire:

- In esercizio: condizioni termoigrometriche tali da impedire la formazione di muffe;

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 82 di 221
---	---	-------------------------	----------------

- In emergenza: il corretto funzionamento dell'impianto di pressurizzazione di tutte le zone filtro a prova di fumo presenti, oltre a garantire una portata d'aria non inferiore a 20 m³/h per persona.

3.3.2.2.5 Alimentazione del sistema di ventilazione

I cavi di alimentazione dell'impianto elettrico devono essere collocati per quanto possibile in sede protetta. Nelle gallerie ove non sia possibile il posizionamento sotto il marciapiede, dietro il profilo redirettivo od all'interno del rivestimento, i cavi devono essere alloggiati in apposite canaline realizzate in acciaio inox di caratteristica AISI almeno 304L.

I cavi devono essere conformi alle norme CEI non propaganti l'incendio, a bassissima emissione di gas tossici nocivi e corrosivi, e del tipo resistente al fuoco secondo le norme CEI.

Ogni ventilatore in galleria dovrà essere alimentato mediante un circuito esclusivo direttamente dalla cabina elettrica di alimentazione.

Prese con interruttore di blocco e spine per elettroventilatori da galleria

I ventilatori presenti in galleria devono essere alimentati mediante prese con interruttore di blocco e spine tali da assicurare la continuità elettrica a 400°C per 120 minuti.

La prese devono avere una tensione nominale 690V da 3P+T.

La categoria di utilizzo a 690V è AC23A – AC3.

La messa a terra deve essere assicurata con morsetto sia interno che esterno all'involucro della presa, elettricamente connesso.

La presa deve essere dotata di interblocco meccanico.

Il grado di protezione deve essere non inferiore a IP65 secondo la Norma CEI EN60529 grado di resistenza agli urti IK07.

La cassetta deve essere certificata, da ente certificatore accreditato, per garantire la funzionalità per almeno 90 minuti a 400 °C.

I ventilatori devono essere collegati ad alimentazione elettrica di emergenza.

Il sistema di comando e controllo del sottosistema ventilazione deve essere collegato all'alimentazione elettrica di sicurezza.

Qualora il progetto preveda l'alimentazione parziale del sistema di ventilazione attraverso l'impianto elettrico di emergenza si deve subordinare l'accettazione della soluzione all'applicazione della metodologia di analisi di rischio probabilistica.

3.3.2.3 Stazioni di emergenza

Le stazioni di emergenza sono progettate per mettere a disposizione diversi strumenti di sicurezza, in particolare telefoni di emergenza ed estintori, ma non per proteggere gli utenti dagli effetti di un evento di incendio.

Le stazioni di emergenza possono essere costituite da un armadio ovvero, preferibilmente, da una nicchia realizzata nel piedritto.

Gli armadietti di emergenza devono essere posizionati su entrambi i lati della carreggiata secondo una distribuzione del tipo a quinconce mantenendo la stessa interdistanza per lato.

La rottura di un vetro, l'apertura di uno sportello per il prelievo degli estintori deve attivare un allarme locale ottico ed acustico temporizzato.

Il segnale di apertura deve essere inviato al centro di controllo quando previsto.

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 83 di 221
---	---	-------------------------	----------------

Un armadietto di emergenza andrà posto all'interno dei luoghi sicuri temporanei, subito a valle della zona filtro a prova di fumo.

Il sistema di allarme in dotazione agli armadietti di emergenza deve essere collegato ad alimentazione elettrica di sicurezza.

Per gallerie di lunghezza superiore a 500 metri devono essere previsti ai portali e ad interdistanza di 150 m, armadietti di emergenza, opportunamente segnalati con segnale luminoso mostrato in figura II 178 Art.125 e figura II 305 Art. 135 del D.P.R. 495/92 e segnale di postazione idrante come da fig. UNI 7546/8 (riferimento figura 6 dell'Allegato I al presente documento).

Gli armadietti, posti preferibilmente in nicchia, devono contenere:

- pulsante di allarme;
- una postazione idrante;
- due estintori a polvere ed a schiumogeno;
- un telefono S.O.S.

Il segnale di apertura dell'armadietto deve essere inviato al centro remoto. Quando viene azionato il pulsante di allarme, viene comunicata all'operatore del centro remoto una situazione di emergenza. L'operatore, oltre a dialogare con l'utente, potrà seguire delle procedure di emergenza e attivare i relativi sistemi presenti in galleria (PMV, TVCC, Ventilazione, segnaletica, messaggistica, ecc.)

Le iscrizioni esplicative accanto ai suddetti pulsanti dovranno essere scritte in quattro lingue: italiano, inglese, francese e tedesco.

Gli armadietti di sicurezza sono posizionati come mostrato nelle figure 2 e 3 riportate nell'Allegato I:

- all'interno delle piazzole di sosta,
- in corrispondenza dei collegamenti pedonali,
- in corrispondenza degli accessi diretti verso l'esterno, accessi a cunicoli di sicurezza, accessi a gallerie di emergenza per gallerie di lunghezza superiore a 1000 m.

3.3.2.4 Erogazione idrica

L'erogazione idrica in galleria deve provvedere all'alimentazione dell'impianto idrico antincendio.

Il sistema di alimentazione idrica deve essere in grado di garantire la continuità di erogazione idrica per almeno due ore.

3.3.2.4.1 Impianto idrico antincendio

Le gallerie di lunghezza superiore a 500 m devono essere dotate di un impianto idrico antincendio.

L'impianto idrico antincendio è costituito da una rete fissa di idranti chiusa ad anello in prossimità degli imbocchi, mantenuta permanentemente in pressione e collocata in posizione protetta dietro i profili redirettivi.

L'impianto idrico antincendio deve essere in grado di garantire valori di portata uniformi tra i differenti idranti e comunque non inferiori a 120 l/min per gli idranti DN 45 e 300 l/min per gli idranti DN 70.

L'impianto idrico antincendio deve essere dotato di:

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 84 di 221
---	---	-------------------------	----------------

- idranti UNI 45 con relativo corredo di tubazione flessibile da 20m e lancia erogatrice. Gli idranti devono essere previsti nelle stazioni di emergenza.
- idranti UNI 70 con relativo corredo di tubazione flessibile da 20m e lancia erogatrice. Gli idranti devono essere previsti ai due imbocchi della galleria e nelle piazzole di sosta.
- attacchi di mandata per autopompa agli imbocchi delle galleria. Gli attacchi di immissione devono essere due ed avere diametro DN 70.

Gli idranti DN 45 devono essere posizionati su entrambi i lati della galleria, a quinconce, mantenendo, per quanto possibile, la stessa interdistanza per lato.

La rete fissa di idranti deve essere chiusa ad anello ed è alimentata da una o più stazioni di pompaggio dotate di:

- gruppo di pompaggio
- serbatoio di riserva.

La rete fissa di idranti non deve essere esposta direttamente al fuoco dovendo garantire il servizio per un tempo non inferiore alle due ore nel corso delle operazioni di spegnimento.

L'impianto deve essere dimensionato in modo da garantire il simultaneo funzionamento di almeno 4 idranti DN 45 con 120 l/min cadauno e pressione residua non inferiore a 0,2 MPa e 1 idrante DN 70 con 300 l/min e pressione residua non inferiore a 0,4 MPa, nella posizione idraulicamente più sfavorevole.

La rete fissa di idranti deve essere protetta dal gelo, da possibili urti meccanici, dalla corrosione e consentire le dilatazioni termiche.

Ogni pompa antincendio dovrà essere alimentata con propria linea esclusiva, derivata a monte dell'interruttore generale BT dell'impianto elettrico, in modo che l'energia elettrica sia disponibile anche in caso di condizione di aperto di tutti gli interruttori dell'impianto.

Le linee di alimentazione devono essere protette contro i cortocircuiti ed i contatti indiretti, ma non contro il sovraccarico, a favore della continuità e sicurezza di esercizio.

L'impianto deve essere alimentato dalla normale rete di distribuzione di energia elettrica e da una fonte di energia elettrica di emergenza.

3.3.2.5 Sistemi di mitigazione

Le seguenti note sui sistemi di mitigazione sono introdotte in quanto in accordo alla Direttiva 2004/54/CE il livello di sicurezza del sistema galleria può essere modificato introducendo sistemi di sicurezza innovativi compatibili con l'evoluzione della buona pratica.

I sistemi attualmente utilizzabili in galleria sono del tipo a diluvio e possono essere classificati in:

- sistemi ad acqua frazionata,
- sistemi ad acqua nebulizzata,
- sistemi a schiuma,
- sistemi con monitori automatici distribuiti lungo la galleria.

L'adozione di sistemi di mitigazione come misura compensativa od integrativa deve essere giustificata attraverso l'applicazione della metodologia di analisi di rischio probabilistica dettagliata al capitolo 1 e compatibile con l'analisi costi-sicurezza.

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 85 di 221
---	---	-------------------------	----------------

Le prestazioni del sistema di mitigazione devono essere determinate e risultare compatibili con i risultati dell'analisi di rischio.

3.3.2.6 Rilevazione incendio

Nelle gallerie stradali dotate di impianto di ventilazione meccanica deve essere previsto uno specifico impianto di rilevazione incendio del tipo a rilevazione lineare di temperatura, collocato sulla volta della galleria.

Ad integrazione del suddetto impianto, nello spirito di garantire una ridondanza, possono essere utilizzati altri dispositivi per la rilevazione degli incendi quali:

- opacimetri;
- sensori di concentrazione di anidride carbonica e monossido di carbonio;
- sistemi di rilevazione fumi mediante digitalizzazione delle immagini;
- rilevatori di fiamma.

Nelle gallerie dotate di impianto di ventilazione meccanica, i dispositivi e gli impianti di rilevazione degli incendi devono consentire la localizzazione del focolaio.

La buona pratica corrente richiede siano assicurati tempi di rilevazione certa dell'evento di incendio non superiori a 3 minuti a partire dall'arresto del veicolo incidentato.

3.3.2.7 Sottosistema di sorveglianza e rilevazione – Sottosistema monitoraggio e rilevazione

L'installazione di un impianto di sorveglianza mediante telecamere per ogni senso di marcia deve essere valutata caso per caso.

Un impianto di sorveglianza deve essere previsto quando la lunghezza della galleria è maggiore di 3000 m ovvero per tutte le gallerie dotate di un centro di controllo presidiato.

L'impianto di sorveglianza deve essere connesso con una sala di controllo presidiata.

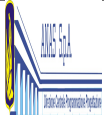
Le telecamere devono essere installate in modo da consentire:

- il controllo della situazione del traffico all'interno della galleria,
- il controllo delle piazzole di sosta/emergenza e degli armadietti SOS.

L'installazione di un impianto di rilevazione automatico degli incidenti stradali ovvero dell'instaurazione di condizioni di traffico anomale deve essere valutata caso per caso.

Un impianto di rilevazione automatico degli incidenti stradali deve essere previsto quando la lunghezza della galleria è maggiore di 3000 m ovvero per tutte le gallerie dotate di un centro di controllo.

Gli impianti del sottosistema di sorveglianza e rilevazione devono essere interfacciati tramite il sistema di controllo e gestione della galleria con gli altri sistemi di sicurezza in essa installati.

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 86 di 221
--	---	-------------------------	----------------

Gli impianti del sottosistema di sorveglianza e rilevazione devono essere collegati alla alimentazione elettrica di sicurezza.

3.3.2.8 Semafori, PMV, Segnaletica di emergenza

Agli imbocchi di tutte le gallerie di lunghezza superiore a 500 m, devono essere installati semafori che consentano la chiusura della galleria in situazioni di emergenza e, a distanza di 150 metri prima degli imbocchi, dovranno essere previsti pannelli a messaggio variabile costituiti da una indicazione alfanumerica e da un pittogramma di tipo full color.

Nelle gallerie di lunghezza superiore a 1000 metri i semafori e il sistema PMV andranno ripetuti ogni 300 metri all'interno della galleria; in questo caso si dovranno adottare le lanterne semaforiche a messaggio variabile (croce rossa, freccia verde) poste sopra le corsie di marcia come da fig. II 458 Art. 164 del D.P.R. 495/92.

Nell'allegato I figurano i segnali e i pannelli da usare nelle gallerie.

Le gallerie devono essere precedute, in corrispondenza dell'imbocco, dal segnale "galleria" di cui all'art. 135 ed alla figura II 316 del D.P.R. 495/92, con pannello integrativo indicante la denominazione e la lunghezza della galleria, secondo l'art. 83 Modello II 2 del suddetto D.P.R.

Nel pannello indicante la denominazione deve comparire il logo dell'ANAS come riportato in figura 4 dell'allegato I al presente documento.

Ogni galleria deve essere preceduta da un segnale di pericolo (Figura II 35 Art.103 del D.P.R. 495/92) posto 150 m prima dell'imbocco (e comunque ad una distanza dall'imbocco non inferiore alla distanza di arresto del veicolo), recante l'iscrizione "galleria" secondo il Modello II 6.

Le piazzole di sosta devono essere segnalate 250 m prima con il segnale luminoso mostrato in figura 5 dell'allegato I al presente documento. Il segnale suddetto deve essere ripetuto in corrispondenza della piazzola di sosta.

A 150 m dal portale di uscita deve essere posto, all'interno della galleria e qualora ritenuto necessario, il cartello in fig. II 22 Art. 93, con gli eventuali pannelli aggiuntivi secondo il Modello II 6/h Art.83 od il Modello II 6/i Art.83.

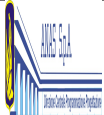
Per le gallerie stradali di lunghezza superiore a 2000 m deve essere imposta una distanza minima di sicurezza tra veicoli pari a 100 m durante la marcia con apposito segnale di cui all'art. 116 ed alla figura II 49 del D.P.R. 495/92, da ripetere opportunamente lungo la galleria.

Il semaforo all'imbocco della galleria deve essere preceduto dal cartello di preavviso semaforico come da Figura II 31/a Art. 99, abbinato al già citato segnale di pericolo generico – galleria (Figura II 35 Art.103 del D.P.R. 495/92).

Tutta la segnaletica luminosa presente in galleria deve essere alimentata dall'impianto elettrico di sicurezza.

Il progetto complessivo della segnaletica deve comunque considerare con attenzione le singole ubicazioni ed i raggruppamenti di segnali per evitare l'affollamento od il disordine della segnaletica stessa.

La segnaletica verticale di emergenza (piazzole, S.O.S., estintori, idranti, uscite di emergenza) deve essere di tipo luminoso, di classe minima L2 così come descritta dal norma 12899-1 e rivestita da un film rifrangente micropismatico in grado di assicurare la visibilità del segnale anche in caso di assenza di energia elettrica; la rimanente segnaletica deve essere almeno ricoperta di pellicola ad elevatissima rifrangenza micropismatico, secondo la definizione della norma UNI 11122 (Luglio 2004) relativa alle "Caratteristiche prestazionali dei materiali per segnaletica verticale con tecnologia a micoprismi".

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 87 di 221
--	---	-------------------------	----------------

La segnaletica verticale di emergenza (piazzole, S.O.S., estintori, idranti, uscite di emergenza) deve essere di tipo luminoso; la rimanente segnaletica deve essere almeno ricoperta di pellicola ad alta rifrangenza.

Ogni 75 m, alternativamente sui due piedritti della galleria, deve essere posto il segnale luminoso di fig. 2 in modo da indicare le vie di fuga più vicine e la relativa distanza.

Le uscite di sicurezza devono essere indicate da un segnale certificato, facilmente visibile da tutte le direzioni di accesso all'uscita con la sola eccezione di una porta di accesso principale chiaramente identificabile come accesso ad un luogo sicuro.

In corrispondenza di ciascun accesso di via di fuga o luogo sicuro deve essere installato a bandiera il segnale luminoso mostrato in figura 7 dell'allegato I al presente documento.

In prossimità dei cartelli non devono esserci oggetti o rivestimenti di colori e forme contrastanti che potrebbero non consentire l'identificazione corretta della segnalazione.

I segnali devono recare caratteri di dimensioni e tipologia facilmente individuabili.

La segnaletica orizzontale deve essere tale da assicurare la massima visibilità in qualsiasi condizione di traffico e la massima durata al fine di minimizzare gli interventi manutentivi; dovrà prevedersi l'utilizzo di preformati elastoplastici in grado di rispondere da nuovo alla classe R5 della norma UNI EN 1436 ($\geq 300 \text{ mcd/lux} \cdot \text{mq}$) e in uso ad almeno la classe R2 ($\geq 100 \text{ mcd/lux} \cdot \text{mq}$) per un periodo che dovrà essere valutato in funzione del reale volume di traffico e comunque mai inferiore ai 2 anni.

3.3.2.9 Sistemi di comunicazione

In tutte le gallerie di lunghezza superiore a 1000 m e con un volume di traffico superiore a 2000 veicoli per corsia devono essere installati impianti per ritrasmissioni radio ad uso dei servizi di pronto intervento.

In particolare deve essere previsto un impianto radio che consenta le comunicazioni agli operatori ANAS, alle forze dell'ordine, ai Vigili del Fuoco e ad altri operatori di soccorso e di intervento, nonché la ripetizione di alcune frequenze radio FM per trasmettere eventuali informazioni agli utenti in galleria.

Deve, inoltre, essere valutata l'opportunità tecnico-economica e di sicurezza di prevedere l'installazione di un sistema unico radiante multi-operatore che permetta l'estensione della copertura dei sistemi di telefonia mobile in galleria.

I luoghi sicuri temporanei in cui gli utenti della galleria in fase di evacuazione sono tenuti a stazionare prima di poter raggiungere l'esterno devono essere dotati di altoparlanti per comunicare informazioni agli utenti stessi.

Il sistema di comunicazione deve consentire:

- la comunicazione agli utenti di istruzioni di comportamento attraverso messaggi pre-registrati,
- la comunicazione agli utenti dalla sala di controllo o da una postazione remota di informazioni aggiuntive.

Qualora i tempi di attesa previsti siano superiori a 30 min è necessario valutare la necessità di installazione di un impianto bidirezionale audio-video.

In caso di strutture esistenti aventi interdistanze elevate tra le vie di fuga, deve essere valutata caso per caso la necessità di installare sistemi di guida sonora lungo la galleria al fine di agevolare il processo di esodo degli utenti.

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 88 di 221
---	---	-------------------------	----------------

3.3.2.10 Rete di comunicazione

La rete di comunicazione deve assicurare i seguenti servizi necessari alla gestione ed al monitoraggio dei sistemi di sicurezza:

- trasmissione dati per il monitoraggio ed il controllo dei sistemi di sicurezza (acquisizione dati dai sensori, pilotaggio remoto dei dispositivi);
- trasmissione dati multimediali (audio, video, alfanumerici) per assicurare le comunicazioni audio, video e mediante pannelli luminosi a messaggio variabile;
- scambio di dati con l'esterno, attraverso dorsali geografiche.

La rete di comunicazione deve consentire la continuità e l'efficienza dei servizi che assolvono funzioni di sicurezza sia in condizioni di esercizio che in condizioni di emergenza ed essere caratterizzata da un livello di affidabilità specifico.

Il dimensionamento della capacità della rete di trasporto dati, oltre a garantire le funzionalità per i servizi di sicurezza di base, deve considerare:

- ridondanze,
- funzionamento in condizioni degradate,
- possibili futuri ampliamenti,
- trasporto dati per servizi aggiuntivi (GSM, UMTS).

La realizzazione di una linea di collegamento ausiliaria deve prevedere la realizzazione di cavidotti fisicamente separati per la linea principale e la linea secondaria. Quando possibile è necessario prevedere una configurazione del tipo ad anello.

I protocolli di trasporto dati impiegati devono essere ottimizzati e compatibili al fine di consentire il trasferimento di dati in forma codificata e opportunamente compressa.

Nel caso in cui la rete geografica di collegamento possa essere realizzata utilizzando infrastrutture di collegamento in cavi a fibra ottica proprie o affittate, la tecnologia di trasporto dati da utilizzare deve essere scelta tra tecnologie che adottano standard attuali e diffusi quali ad esempio Ethernet, IP/MPLS-Multi Protocol Label Switching, SDH (Synchronous Digital Hierarchy), PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy).

Qualora siano localmente già disponibili le reti di accesso broadband degli operatori di telecomunicazioni, la capacità necessaria di collegamento può essere direttamente fornita da questi ultimi, utilizzando uno standard di trasmissione tra quelli sopra citati o attraverso tecnologie di accesso a più bassa capacità.

In alternativa o complemento dei collegamenti geografici via cavo, è possibile realizzare un livello di trasporto via radio (ponti a microonde, sistemi wireless).

Qualora si adottino collegamenti geografici via radio, è necessario utilizzare frequenze di trasmissione che prevedano obbligo di licenza o autorizzazione, al fine di garantire la protezione da interferenze da parte di terzi.

In tutte le situazioni in cui non siano possibili altri tipi di copertura possono essere adottate soluzioni di collegamento bidirezionale via satellite.

Qualora la trasmissione radio sia utilizzata per il collegamento locale di parti della rete di comunicazione, deve essere verificata in modo specifico l'affidabilità sulla continuità del servizio e è necessario adottare idonee tecnologie di protezione che permettano di limitare le interferenze ed eventuali accessi da terzi non autorizzati.

I cavi per dati in fibra ottica devono essere posizionati, quando possibile, sotto il livello di calpestio del marciapiede o del piano stradale, protetti all'interno di tubazioni nel rispetto della

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 89 di 221
---	---	-------------------------	----------------

normativa adottata da parte degli operatori di servizi pubblici di telecomunicazioni e nel rispetto del codice della strada. Ove non sia possibile il posizionamento sotterraneo, i cavi devono essere alloggiati in apposite canaline o passerelle realizzate in acciaio inox di caratteristica non inferiore ad AISI 304.

Tutti i cavi, indipendentemente dalle condizioni di posa, devono essere del tipo non propagante l'incendio e a bassa emissione di fumi, gas tossici e corrosivi (LSOH).

3.3.2.11 Alimentazione e circuiti elettrici

Lo schema tipico e non esaustivo dell'impianto di alimentazione elettrica da prevedere per le gallerie è mostrato in figura 8 dell'allegato I al presente documento.

In ogni caso, a prescindere dalla architettura suggerita dalla figura 8, il progetto dovrà sviluppare, tramite una relazione, gli aspetti tecnici - economici volti alla ottimizzazione del sistema elettrico. In particolare si dovranno assicurare i migliori risultati sotto il profilo del risparmio energetico e, alla luce delle diverse soluzioni contrattuali di fornitura degli enti distributori, determinare la soluzione tecnica più opportuna.

Tutte le gallerie di lunghezza maggiore di 500 metri devono disporre di un'alimentazione elettrica di emergenza (gruppo elettrogeno) per assicurare il funzionamento dei sistemi di emergenza per almeno 24 ore.

Tutte le gallerie di lunghezza maggiore di 500 metri devono essere dotate di un sistema di alimentazione elettrica di sicurezza (UPS) in grado di garantire la continuità del servizio per un intervallo di tempo fissato.

L'alimentazione elettrica di sicurezza (UPS), deve avere una autonomia non inferiore ad 1 h, quando non diversamente specificato per le singole parti di impianto che alimenta.

L'alimentazione di emergenza (gruppo elettrogeno) deve essere in grado di garantire il funzionamento dei seguenti impianti:

- impianto di alimentazione di sicurezza (UPS);
- impianto di ventilazione della galleria per la gestione dei fumi generati da un evento di incendio;
- impianto di ventilazione delle vie di fuga;
- impianto idrico antincendio;

Qualora il progetto preveda l'alimentazione parziale del sistema di ventilazione attraverso l'impianto elettrico di emergenza, si deve subordinare l'accettazione della soluzione ai risultati ottenuti applicando la metodologia di analisi di rischio probabilistica.

L'alimentazione di sicurezza (UPS) deve essere in grado di garantire il funzionamento dei seguenti impianti:

- impianto di illuminazione di emergenza e di sicurezza;
- impianto di illuminazione del centro di controllo e dei locali tecnici;
- la segnaletica in galleria e nei tratti in prossimità degli imbocchi;
- dispositivi di misura installati in galleria;
- impianto di sorveglianza;
- impianti di rilevazione incidenti ed incendio;
- sistema di gestione della galleria;
- impianti di comunicazione.

I cavi di alimentazione elettrica devono essere collocati per quanto possibile in sede protetta;

ove non sia possibile il posizionamento sotto il marciapiedi, dietro il profilo redirettivo o all'interno del rivestimento, i cavi devono essere alloggiati in apposite canaline o passerelle di caratteristica AISI almeno 304L.

Tutti i cavi presenti in galleria, indipendentemente dalle condizioni di posa, dovranno essere del tipo non propagante l'incendio e senza alogeni "LSOH" (CEI 20-22, CEI 20-37, CEI 20-38) e con tensione nominale 0,6/1 kV.

I cavi che costituiscono i circuiti di emergenza e di sicurezza, fino al dispositivo che alimentano, devono essere rispondenti alla norma CEI 20-45 ed. 2° del 2003, ovvero del tipo non propaganti l'incendio, senza alogeni (LSOH), tensione nominale 0,6/1 kV e resistenti al fuoco secondo i metodi di prova stabiliti nelle norme CEI EN 50200 e CEI EN 50362.

L'architettura della distribuzione elettrica, compreso il numero delle cabine di trasformazione, deve essere progettata secondo criteri di natura tecnico-economica e buona pratica progettuale.

I circuiti elettrici di misura e di controllo devono essere progettati in modo che un guasto locale, dovuto ad esempio a un incendio, non coinvolga i circuiti non interessati.

L'affidabilità del sistema di alimentazione elettrica deve essere verificata mediante l'applicazione della metodologia di analisi di rischio probabilistica dettagliata al capitolo 1, quando necessaria.

3.3.2.12 Caratteristiche ignifughe degli impianti

Il livello delle caratteristiche ignifughe di tutti gli impianti della galleria deve tenere conto delle possibilità tecnologiche e mirare al mantenimento delle necessarie funzioni di sicurezza in caso di incendio.

L'analisi di rischio deve essere utilizzata per valutare le temperature massime ed i tempi minimi di funzionamento ammissibili per le dotazioni impiantistiche.

La successiva tabella riporta i dispositivi che devono garantire una determinata resistenza al fuoco o alle alte temperature.

	Temperatura [°C]	Tempo [min]
Acceleratori in volta	400	90
Ventilatori di estrazione	400	90
Serrande motorizzate di estrazione fumi	400	90
Supporti	400	90

Inoltre, i materiali di costruzione della segnaletica di emergenza, degli armadietti di emergenza, dei ventilatori installati in galleria, dei supporti, devono essere realizzati in acciaio inox con caratteristica non inferiore ad AISI 304L.

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 91 di 221
---	---	-------------------------	----------------

3.4 Gallerie a doppia canna e traffico unidirezionale

3.4.1 Componente prescrittiva -Misure strutturali

3.4.1.1 Generalità

In ottemperanza al D.M. 5.11.2001 devono prevedersi gallerie a doppio fornice per strade a carreggiate indipendenti o separate da spartitraffico (tipo A, B e D).

3.4.1.2 Caratteristiche geometriche della struttura galleria

La sezione trasversale, le caratteristiche plano-altimetriche del tracciato di una galleria e delle strade di accesso influenzano in modo determinante la sicurezza del sistema gallerie in quanto tali parametri influiscono significativamente sulla probabilità che si verifichino incidenti e sull'entità dei danni da essi indotti.

Nelle gallerie a doppia canna con pendenze longitudinali superiori al 3% devono essere adottate misure supplementari e/o rafforzate per aumentare la sicurezza sulla base dei risultati forniti dalla metodologia di analisi di rischio probabilistica dettagliata al capitolo 1.

3.4.1.3 Banchine

In base al DM 5/11/01, per le strade tipo A la corsia di emergenza e la banchina in sinistra sono delimitati da profili redirettivi; analogo provvedimento è da adottarsi ai margini delle banchine, in sinistra ed in destra, per le strade tipo B. Pertanto la banchina in destra per le strade tipo B e la corsia di emergenza per le strade tipo A rappresentano anche i percorsi di emergenza che gli utenti utilizzano in caso di guasto o incidente. E' quindi opportuno che la galleria sia dotata di idonei dispositivi luminosi che evidenzino tali percorsi in caso di incendio.

Nelle strade tipo D in affiancamento alla banchina in destra è previsto un marciapiede che però deve essere protetto da un dispositivo di ritenuta invalicabile; per tale ragione è opportuno che quale percorso di emergenza si consideri sempre la banchina in destra, dotata dei dispositivi luminosi sopra richiamati.

I profili redirettivi, in corrispondenza delle discontinuità rappresentate da nicchie, by-pass, passaggi pedonali e piazzole di sosta, devono essere opportunamente inclinati (rispetto al senso di marcia) in modo da evitare l'urto frontale su spigoli vivi della struttura della galleria.

3.4.1.4 Uscite di emergenza

Si definisce uscita di emergenza una apertura realizzata sull'involucro della struttura finalizzata a favorire l'esodo degli utenti verso vie di fuga e luoghi sicuri.

Esempi di uscite di emergenza sono:

- uscite dirette verso l'esterno della galleria,
- uscite verso il collegamento pedonale tra le due canne della galleria,
- uscite verso una galleria o un cunicolo di emergenza,
- i portali della galleria sono per definizione uscite di emergenza.

Le uscite di emergenza devono essere corredate da idonei dispositivi di sicurezza atti ad impedire la propagazione dei fumi e dell'energia termica all'interno delle vie di fuga, consentendo

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 92 di 221
---	---	-------------------------	----------------

agli utenti di usufruire delle vie di esodo in condizioni di sicurezza ed agli addetti ai servizi di pronto intervento di accedere alla galleria.

L'interdistanza tra le uscite di emergenza non deve superare i 300 m.

3.4.1.4.1 Porte delle uscite di emergenza

Le porte delle uscite di emergenza devono poter essere aperte nella direzione di esodo.

Le porte delle uscite di emergenza devono avere un grado di compartimentazione al fuoco pari a REI 120.

Le porte dovranno essere normalmente chiuse, dotate di dispositivo di autochiusura, certificate UNI 9723 e conformi alle normative vigenti; la colorazione da adottare dovrà essere verde (RAL 6032).

La larghezza libera di passaggio delle uscite di emergenza deve risultare non inferiore a 90 cm e, comunque, non superiore a 180 cm.

3.4.1.4.2 Zona filtro a prova di fumo

Si definisce zona filtro a prova di fumo un vano delimitato da strutture con resistenza REI predeterminata e comunque non inferiore a 60 minuti, dotato di due o più porte munite di congegno di autochiusura con resistenza al fuoco REI predeterminata e comunque non inferiore a 60 minuti con camino di ventilazione di sezione adeguata e comunque non inferiore a 0,1 m² sfociante al di sopra della copertura della struttura, oppure vano con le stesse caratteristiche di resistenza al fuoco e mantenuto in sovrappressione ad almeno 30 Pa, anche in condizioni di emergenza, oppure aerato direttamente verso l'esterno con aperture libere di superficie non inferiore a 1 m² con esclusione dei condotti.

3.4.1.4.3 Uscite dirette verso l'esterno

Si intende per uscita diretta verso l'esterno un collegamento ad uno spazio a cielo aperto.

Le porte di accesso all'esterno devono essere ben visibili dall'interno della galleria, opportunamente illuminate e segnalate.

3.4.1.4.4 Collegamenti pedonali

Si intende per collegamento pedonale una struttura che connette le due canne di una galleria e da esse separato mediante compartimentazione non inferiore a REI 120.

L'accesso ai collegamenti pedonali deve essere ben visibile dalla galleria, opportunamente segnalato ed illuminato.

Se le condizioni locali di tipo strutturale, geomeccanico lo consentono, le dimensioni interne del collegamento devono essere tali da contenere un parallelepipedo della misura minima di 240 x 200 x 1000 cm (base x altezza x lunghezza).

Le dimensioni indicate, ipotizzando un'occupazione massima di 3 persone per metro quadrato, consentono di ospitare circa 50 di utenti.

Le dimensioni del collegamento devono tenere conto dell'ingombro degli eventuali impianti installati.

All'interno dei collegamenti pedonali non devono essere allocati quadri elettrici a vista; quando presenti, dovranno essere opportunamente separati dal percorso di esodo con elementi caratterizzati da un grado di compartimentazione REI 120.

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 93 di 221
---	---	-------------------------	----------------

3.4.1.4.5 Cunicoli di sicurezza

In genere nelle gallerie a doppia canna il percorso d'esodo preferenziale è costituito dai collegamenti pedonali e dalla canna non interessata all'evento incidentale. Tuttavia qualora per particolari caratteristiche geometriche la distanza o il dislivello tra le due canne risultino eccessivi, possono essere previsti cunicoli di sicurezza anche nelle gallerie a traffico monodirezionale, così come nel caso che tale necessità sia ravvisata dai risultati forniti dall'analisi di rischio probabilistica dettagliata al capitolo 1.

Si intende per cunicolo di sicurezza una struttura pedonale ricavata all'interno della sezione di scavo della galleria e da essa separata mediante elementi strutturali. Nelle nuove realizzazioni le scelte progettuali devono orientarsi alla individuazione di un cunicolo di sicurezza posto al di sotto del piano stradale.

L'eventuale adozione di cunicoli sospesi agganciati alla volta richiede una analisi di rischio secondo i criteri delle presenti Linee Guida, che tra l'altro faccia specifico riferimento al sistema di ventilazione, previsto sia in fase di esercizio che di emergenza al fine della salvabilità degli utenti.

Le dimensioni nette della sezione trasversale del cunicolo devono essere almeno pari a 240 x 200 cm (larghezza x altezza).

Nelle gallerie di lunghezza superiore a 1000 m l'accesso ai cunicoli deve essere realizzato creando una zona filtro a prova di fumo con compartimentazione non inferiore a REI 120.

L'accesso al cunicolo deve essere ben visibile dalla galleria, opportunamente segnalato ed illuminato.

All'interno del cunicolo di sicurezza, in corrispondenza di ciascun accesso e con passo non superiore a 50 m, devono essere collocati i segnali indicanti la direzione e la relativa distanza delle uscite verso luoghi sicuri.

All'interno del cunicolo non devono essere allocati quadri elettrici a vista; quando presenti dovranno essere opportunamente separati dal percorso di esodo con elementi caratterizzati da un grado di compartimentazione REI 120.

3.4.1.4.6 Gallerie di emergenza

Come già indicato al paragrafo precedente, in genere nelle gallerie a doppia canna il percorso d'esodo preferenziale è costituito dai collegamenti pedonali e dalla canna non interessata all'evento incidentale.

Tuttavia qualora per particolari caratteristiche geometriche la distanza o il dislivello tra le due canne risultino eccessivi, possono essere previste gallerie di emergenza anche nelle gallerie a traffico monodirezionale, così come nel caso che tale necessità sia ravvisata dai risultati forniti dall'analisi di rischio probabilistica.

Si intende per galleria di emergenza una struttura pedonale ed eventualmente carrabile separata dalla galleria di esercizio che può svilupparsi parallelamente alla galleria, ovvero innestarsi nella galleria configurandosi come una discenderia.

L'accesso alla galleria di emergenza deve essere ben visibile dalla galleria, opportunamente segnalato ed illuminato.

Nelle gallerie di lunghezza superiore a 1000 m, l'accesso pedonale alle gallerie di emergenza deve essere realizzato creando una zona filtro a prova di fumo con compartimentazione non inferiore a REI 120.

All'interno delle gallerie di emergenza, lungo il percorso d'esodo, in corrispondenza di ciascun accesso e con passo non superiore a 50 m, devono essere collocati i segnali indicanti la direzione e la relativa distanza delle uscite verso luoghi sicuri.

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 94 di 221
---	---	-------------------------	----------------

All'interno delle gallerie di emergenza non devono essere allocati quadri elettrici a vista; quando presenti, dovranno essere opportunamente separati dal percorso di esodo con elementi caratterizzati da un grado di compartimentazione REI 120, ovvero dotati di specifici sistemi di spegnimento automatico degli incendi.

3.4.1.4.7 Destinazione d'uso delle strutture in condizioni di emergenza

I collegamenti pedonali, le gallerie di emergenza, i cunicoli di sicurezza, possono essere adibiti a:

- via di fuga
- via di fuga protetta
- luogo sicuro temporaneo

Una via di fuga è una zona destinata all'esodo delle persone sufficientemente illuminata separata dalla galleria mediante strutture e porte caratterizzate da un grado di compartimentazione REI 120.

Una via di fuga protetta è una zona destinata all'esodo delle persone sufficientemente illuminata e mantenuta libera dai fumi ed in sovrappressione rispetto alla galleria mediante ventilazione forzata e separata dalla galleria mediante strutture e porte caratterizzate da un grado di compartimentazione REI 120.

Un luogo sicuro temporaneo è un luogo di stazionamento costituito da una zona separata fisicamente mediante una zona filtro a prova di fumo rispetto alla canna incidentata, in grado di ospitare in condizioni di sicurezza un numero di persone fissato per un intervallo di tempo limitato e comunque non inferiore a 30 minuti, collegato ad una via di fuga verso l'esterno.

Le condizioni di sicurezza degli utenti che in esso stazionano devono essere assicurate da un impianto di ventilazione dedicato che immetta aria direttamente dall'esterno della galleria stradale.

Successivamente sono riportate le linee guida da adottare per la realizzazione di vie di fuga, vie di fuga protette, luoghi sicuri temporanei.

3.4.1.4.8 Percorsi di esodo

Il percorso di esodo è costituito, in generale, in sequenza dalla canna interessata dall'evento incidentale, dai collegamenti pedonali, dalla canna non interessata dall'evento incidentale.

Nelle gallerie di lunghezza inferiore a 500 metri, salvo casi particolari (inserimenti o attraversamenti particolari quali ad es. l'ambito urbano), non sono previsti collegamenti pedonali.

Nelle gallerie di lunghezza superiore a 500 metri devono essere realizzati collegamenti pedonali ogni 300 m.

I collegamenti pedonali devono essere separati dalla canna incidentata mediante idonee strutture caratterizzate da grado di compartimentazione REI 120.

All'uscita – ingresso del collegamento pedonale si deve prevedere un'area di protezione rispetto al flusso veicolare avente lunghezza non inferiore a 2 m.

Un armadietto di emergenza deve essere posto all'interno del collegamento pedonale. La descrizione dell'armadietto di emergenza è riportata nel paragrafo “stazioni di emergenza”.

3.4.1.4.8.1 Collegamenti pedonali

I collegamenti pedonali possono essere adibiti a via di fuga protetta o a luogo sicuro temporaneo e la canna non interessata dall'incendio è considerata luogo sicuro dinamico.

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 95 di 221
---	---	-------------------------	----------------

Le porte di accesso devono essere dotate di sensori e all'apertura deve attivarsi un allarme ottico acustico locale temporizzato ed un allarme nel centro di controllo ove previsto.

L'impianto di ventilazione dei collegamenti pedonali deve assicurare le seguenti modalità:

- funzionamento in esercizio: mantenere condizioni termoigrometriche che non consentano la formazione di muffe;
- funzionamento in emergenza per gli utenti: garantire la sovrappressione del locale, prevenire l'ingresso dei fumi a porte aperte;
- funzionamento in emergenza per gli addetti al soccorso ed allo spegnimento: garantire una velocità media del flusso sufficiente a consentire l'accesso alla canna incidentata.

L'impianto di ventilazione del collegamento pedonale deve essere collegato alla alimentazione elettrica di emergenza.

Il sistema di comando e controllo dell'impianto di ventilazione deve essere collegato alla alimentazione elettrica di sicurezza.

L'impianto di illuminazione del collegamento pedonale deve essere collegato alla alimentazione elettrica di sicurezza.

3.4.1.4.8.2 Cunicoli di sicurezza e gallerie di emergenza

I cunicoli di sicurezza possono essere adibiti a via di fuga protetta, ovvero a luogo sicuro temporaneo.

Le porte di accesso devono essere dotate di sensori ed all'apertura deve attivarsi un allarme ottico acustico locale temporizzato e deve essere inviato un segnale di allarme al centro di controllo, ove previsto.

L'impianto di ventilazione del cunicolo di sicurezza e delle gallerie di emergenza deve assicurare le seguenti modalità:

- funzionamento in esercizio: mantenere condizioni termoigrometriche che non consentano la formazione di muffe;
- funzionamento in emergenza per gli utenti: garantire la sovrappressione delle zone filtro a prova di fumo e garantire la qualità dell'aria qualora il cunicolo di sicurezza o la galleria di emergenza siano adibiti a luogo sicuro temporaneo;
- funzionamento in emergenza per gli addetti al soccorso ed allo spegnimento: garantire una velocità media del flusso sufficiente a consentire l'accesso alla galleria incidentata.

L'impianto di ventilazione deve essere collegato all'alimentazione elettrica di emergenza.

Il sistema di comando e controllo del sistema di ventilazione del cunicolo di sicurezza deve essere collegato alla alimentazione elettrica di sicurezza.

L'illuminazione del cunicolo di sicurezza deve essere garantita dall'impianto di alimentazione elettrica di sicurezza.

3.4.1.5 Accesso per i servizi di pronto intervento

3.4.1.5.1 Collegamenti carrabili

Nelle gallerie devono essere previsti collegamenti per il passaggio di veicoli di soccorso o di servizio ogni 900 m circa.

Nelle gallerie di lunghezza inferiore a 1000 metri, salvo casi particolari (inserimenti o attraversamenti particolari quali ad es. l'ambito urbano), non sono previsti collegamenti carrabili.

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 96 di 221
---	---	-------------------------	----------------

I collegamenti carrabili devono essere realizzati con grado di compartimentazione REI 120 ed essere accessibili dalle canne tramite un portone caratterizzato da una sezione di passaggio netta pari a 350 x 400 cm (larghezza x altezza).

La pendenza dei collegamenti carrabili non deve essere superiore al 10 % e la resistenza al carico deve essere tale da consentire il transito di automezzi di peso complessivo fino a 20 t.

Il portone di accesso deve rimanere normalmente chiuso e poter essere aperto esclusivamente da personale autorizzato.

Il portone di accesso ai collegamenti carrabili deve essere dotato di sensori di prossimità ed all'apertura deve attivarsi un allarme ottico acustico locale temporizzato e deve essere inviato un segnale di allarme al centro di controllo ove previsto.

L'apertura del portone di accesso ai collegamenti carrabili, in condizioni incidentali, influenza la ripartizione del flusso d'aria in galleria condizionando in modo determinante il processo di dispersione dei fumi.

3.4.1.6 Piazzole di sosta

Nelle gallerie di lunghezza superiore a 1000 m devono essere previste piazzole di sosta aventi dimensioni minime pari a 45 m x 3 m realizzate ad un'interdistanza pari a 600 m per ogni senso di marcia.

Quanto previsto nell'ambito della rete TEN in merito alla possibilità di non prevedere le piazzole di sosta, per difficoltà costruttive o costi sproporzionati, se la larghezza totale della parte della galleria accessibile ai veicoli, escluse le corsie di marcia e di sorpasso, è pari almeno alla larghezza di una corsia normale, richiede, nella restante rete stradale, la procedura di richiesta di deroga di cui all'art. 13 comma 2 del Dlgs n° 285 del 30/04/92, già citata in premessa.

3.4.1.7 Sistema di drenaggio

Il sistema di drenaggio della piattaforma stradale in galleria assume anche il ruolo di impianto di sicurezza.

Il suo dimensionamento deve garantire la rapida intercettazione e l'allontanamento dei liquidi defluenti in carreggiata, siano essi oli e liquidi infiammabili originati da sversamenti accidentali, reflui dei lavaggi, reflui dell'impianto antincendio, acque di percolazioni o infiltrazione, nonché acque meteoriche in prossimità degli imbocchi.

Sulla piattaforma all'interno delle gallerie non è utilizzabile asfalto drenante oltre 50m dagli imbocchi.

La rete idraulica di raccolta e smaltimento delle acque di piattaforma deve essere separata dal sistema di raccolta dei drenaggi a tergo del rivestimento definitivo, ove previsto, con collettori disposti in prossimità dei margini della carreggiata al fine di agevolare le operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria. Il progetto della rete deve evitare il collegamento idraulico tra diverse canne. Deve, inoltre, essere evitato il collettamento all'interno della galleria di drenaggi di piattaforma raccolti a monte in tratti stradali esterni alla galleria o in altre gallerie.

Le caditoie di raccolta, posizionate normalmente ad interasse non superiore a 25m, devono garantire anche l'ispezione e la manutenzione dei collettori di smaltimento. Deve, inoltre, essere attentamente valutata la necessità di installare caditoie munite di dispositivi atti ad evitare la propagazione della fiamma.

La necessità di installare vasche di intercettazione e/o accumulo a valle della rete di drenaggio della piattaforma, deve essere valutata in relazione anche al contesto ambientale ove

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 97 di 221
---	---	-------------------------	----------------

inserita la galleria. Ove prevista, la vasca dovrà essere posizionata all'esterno della galleria in area ad accesso carrabile e garantire semplicità di ispezione e manutenzione. E' necessario valutare la necessità di installare sistemi di monitoraggio e controllo del livello idrico nelle vasche.

Se è autorizzato il trasporto di merci pericolose, il sistema di drenaggio deve essere progettato e mantenuto in funzione in modo da impedire la propagazione degli incendi nonché per intercettare rapidamente i liquidi infiammabili e tossici sversati sulla piattaforma stradale, riducendone la propagazione all'interno della canna ed impedendone il trasferimento ad altre canne. Le caditoie dovranno essere dotate di dispositivi anti-fiamma e dovrà essere prevista una vasca di intercettazione e accumulo.

3.4.1.8 Caratteristiche ignifughe degli elementi strutturali

Gli elementi strutturali delle gallerie devono assicurare un livello sufficiente di resistenza e reazione al fuoco.

3.4.1.8.1 Resistenza al fuoco delle strutture

La struttura principale di tutte le gallerie in cui un cedimento locale della struttura possa avere conseguenze catastrofiche, come ad esempio le gallerie sommerse o le gallerie che possono causare il cedimento di importanti strutture adiacenti, deve assicurare un livello sufficiente di resistenza al fuoco. Ciò si evince dal Dlgs 264 5/10/2006 "Attuazione della direttiva in maniera di sicurezza per le gallerie delle rete stradale trans europea".

Tali misure di sicurezza devono essere garantite sia nel caso di gallerie nuove che nel caso di gallerie esistenti.

I livelli di prestazione e le conseguenti classi di resistenza al fuoco sono indicati all'interno del Capitolo 3.6 del DM 14/01/2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni".

In particolare, per gallerie di cui sopra, si deve assicurare un livello di resistenza al fuoco definito mediante analisi di rischio e non inferiore ad un tempo di 120 min per un incendio caratterizzato dalla curva nominale degli idrocarburi di cui al paragrafo 3.6.1.5.1 del DM 14/01/2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni".

3.4.1.8.2 Reazione al fuoco

Le vernici o i pannelli di rivestimento delle pareti devono essere realizzate con materiali caratterizzati da una reazione al fuoco di classe 0 ed atossici.

3.4.1.9 Colore delle pareti della galleria

La colorazione delle pareti, indipendentemente dalla lunghezza della galleria, deve seguire lo schema riportato in figura 1 dell'allegato I al presente documento utilizzando vernici o pannelli di rivestimento.

Per le colorazioni si devono adottare i seguenti R.A.L. tenendo conto dell'impiego di lampade al sodio ad alta pressione:

- colore bianco n. 9010
- colore arancio n. 2002.

I materiali utilizzati devono essere del tipo lavabile.

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 98 di 221
---	---	-------------------------	----------------

In caso di impiego di altri tipi di lampade le colorazioni devono essere opportunamente verificate ed adeguate per ottenere le stesse rese cromatiche di cui sopra.

La veste così ottenuta deve essere preservata nel tempo predisponendo un opportuno piano di manutenzione e pulizia.

3.4.2 Componente prescrittiva - Misure impiantistiche

Nel seguito vengono definite le misure impiantistiche da prevedere nelle gallerie stradali di lunghezza superiore a 500 metri.

Nelle gallerie di lunghezza inferiore dovrà essere previsto, tranne in condizioni particolari da analizzare singolarmente, il solo impianto di illuminazione.

3.4.2.1 Illuminazione

Le gallerie e i sottopassi devono essere provvisti di illuminazione diurna e notturna progettate secondo il D.M. 14 settembre 2005 *Norme di illuminazione delle gallerie stradali*.

Si distinguono le seguenti tipologie di illuminazione:

- l'illuminazione *ordinaria* costituita dall'illuminazione permanente e dall'illuminazione di rinforzo
- l'illuminazione di *emergenza* costituita dall'illuminazione della galleria in condizioni di interruzione di erogazione dell'energia elettrica e in grado di garantire un livello minimo di luminanza di 1 cd/mq sull'intera galleria per un tempo minimo di 30 minuti. L'emergenza deve essere segnalata agli utenti della galleria tramite l'indicazione "Galleria non illuminata".
- l'illuminazione di *sicurezza* costituita dall'illuminazione delle vie di fuga.

3.4.2.1.1 Illuminazione ordinaria

Nei tratti di imbocco delle gallerie devono essere previste delle zone di rinforzo (zone di entrata e di transizione) in cui la luminanza varia secondo la curva delle luminanze di adattamento ricavata in conformità a quanto previsto dalla norma UNI 11095.

L'illuminazione delle zone di entrata e di transizione della galleria deve essere correlata con la luminanza di velo esterna. Qualora la regolazione del livello di luminanza sia discontinua, non sono ammesse variazioni di luminanza con rapporti maggiori di tre.

Il sensore di luminanza di velo dovrà essere installato in posizione quanto più prossima alla distanza di arresto dalla sezione d'ingresso, compatibilmente con i vincoli esistenti nel tratto di strada interessato.

Attraverso l'ausilio dei regolatori di flusso si potranno ridurre le luminanze di un livello, per poi passare a quello successivo spegnendo le lampade relative a un circuito di rinforzo. Si deve pertanto variare con continuità e a gradini il livello di luminanza in galleria sino ad arrivare al valore di luminanza della zona interna L_i , rispettando i valori di uniformità globale e longitudinale previsti dalla norma. La variazione a gradini verrà effettuata attraverso l'ausilio di teleruttori comandati da segnali provenienti dai moduli di controllo dei regolatori di flusso.

I regolatori di flusso dovranno essere privi di parti in movimento.

I cavi di alimentazione dell'impianto di illuminazione devono essere collocati per quanto possibile in sede protetta. Nelle gallerie ove si utilizzeranno canaline per la posa dei cavi, allora queste dovranno essere realizzate in acciaio inox di caratteristica AISI almeno 304L.

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 99 di 221
---	---	-------------------------	----------------

I cavi utilizzati per realizzare i sistemi di illuminazione ordinaria devono essere conformi alle norme CEI non propaganti l'incendio, a bassissima emissione di gas tossici nocivi e corrosivi.

Le lampade dell'impianto di illuminazione devono essere ad alta efficienza luminosa nell'ottica di consentire un elevato risparmio energetico.

I corpi illuminanti devono essere di norma posizionati su file continue sulle corsie di marcia.

I corpi illuminanti devono avere un indice di protezione IP 65.

Tutti gli accessori metallici, le armature, i proiettori dei corpi illuminanti, gli ancoraggi al rivestimento devono garantire la massima resistenza alla corrosione.

I corpi illuminanti devono essere facilmente sostituibili ovvero dotati di dispositivi che consentano lo sgancio e l'aggancio rapido.

Cassette di derivazione per l'alimentazione dei corpi illuminanti in galleria

La cassetta deve avere un Grado di Protezione non inferiore a IP 65 secondo CEI EN 60529 con grado di resistenza agli urti IK07.

Il contenitore deve essere dotato di una base portafusibile precablata alla derivazione, idonea alla protezione della fase di alimentazione del corpo illuminante.

La messa a terra deve essere assicurata mediante morsetto.

Il materiale di costruzione dovrà essere lega di alluminio UNI 5076 o acciaio INOX AISI 304 o 316L. L'alimentazione al corpo illuminante deve avvenire attraverso presa CEE 2P+T da 16A con grado di protezione non inferiore a IP 65.

3.4.2.1.2 Illuminazione di emergenza

L'illuminazione di emergenza deve garantire nelle zone interne e nelle piazzole di sosta una luminanza non inferiore a 1 cd/mq.

Le caratteristiche tecniche dei corpi illuminanti dell'illuminazione di emergenza sono le stesse della illuminazione ordinaria.

Nelle gallerie di lunghezza superiore a 500m, l'illuminazione di emergenza dovrà essere alimentata da un gruppo elettrogeno, comune eventualmente ad altri impianti, con autonomia di almeno 24 ore; dovrà essere inoltre prevista una alimentazione elettrica in continuità assoluta dedicata, possibilmente costituita da un sistema UPS, che sostenga per almeno 30 minuti l'impianto di illuminazione.

Nelle gallerie di lunghezza inferiore a 500m, in cui è prevista l'illuminazione, dovrà essere prevista l'illuminazione di emergenza alimentata mediante un sistema UPS con autonomia pari ad almeno 30 minuti. Sono preferibili soluzioni di massima integrazione tra UPS e dispositivi di regolazione del flusso luminoso.

Il pannello a messaggio variabile prima dell'ingresso della galleria deve indicare agli utenti lo stato di malfunzionamento dell'impianto di illuminazione interno alla galleria ed eventuali provvedimenti temporanei di esercizio degradato.

Cassette di derivazione per l'alimentazione dei corpi illuminanti di emergenza

La cassetta deve avere un Grado di Protezione non inferiore a IP 65 secondo CEI EN 60529 con grado di resistenza agli urti IK07.

I morsetti devono essere adatti all'applicazione su cavi tipo FTG10(O)M1 – 0.6/1KV (resistenza al fuoco secondo norma EN 50200/EN 50362).

Il contenitore è inoltre dotato di una base portafusibile precablata alla derivazione, idonea alla protezione della fase di alimentazione del corpo illuminante.

La messa a terra deve essere assicurata mediante morsetto.

Il materiale di costruzione dovrà essere in lega speciale di alluminio EN 1706 AC-46100DF o in acciaio INOX AISI 304 o 316L o altro materiale prestazionalmente non inferiore.

L'alimentazione al corpo illuminante deve avvenire attraverso presa CEE 2P+T da 16 A.

La cassetta deve essere certificata, da ente certificato accreditato, per garantire la funzionalità per almeno 90 minuti a 850°C secondo norma EN 50362.

Possono essere previste connessioni a perforazione di isolante senza interruzione del cavo della dorsale principale.

3.4.2.1.3 Illuminazione di sicurezza

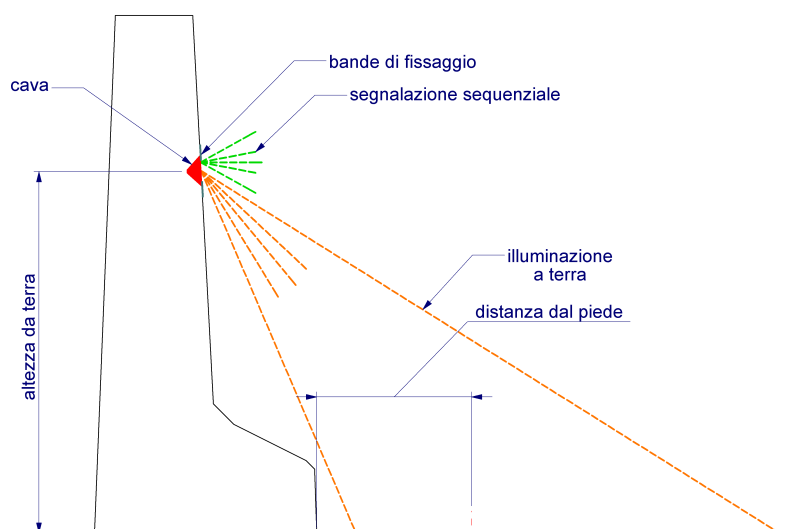
L'illuminazione di sicurezza deve consentire la messa in sicurezza degli utenti attraverso le vie di fuga, ovvero l'individuazione da parte degli utenti e degli addetti al soccorso delle dotazioni per la sicurezza antincendio e le stazioni di emergenza. In generale dovrà essere previsto un elemento luminoso a led su entrambi i lati della galleria, con la duplice funzione di illuminare il camminamento in prossimità della barriera stessa e di segnalare il verso di percorrenza della galleria in caso di emergenza. Dovranno essere impiegate le tipologie ANAS di seguito descritte. I corpi illuminanti a LED saranno idonei per montaggio sulla parete della galleria, in caso di sezioni con marciapiedi, ovvero per montaggio all'interno della barriera redirettiva, in caso di sezioni con tali elementi marginali.

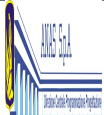
L'illuminazione di sicurezza deve essere in grado di assicurare:

- l'indicazione chiara e non ambigua delle vie di fuga, garantita anche dalla guida fisica e luminosa del corpo illuminante,
- l'illuminazione delle vie di fuga,
- individuazione delle dotazioni di sicurezza a servizio degli utenti,
- l'indicazione del verso di percorrenza, in allontanamento dal luogo di incendio.

Si potranno avere le seguenti tipologie di illuminazione di sicurezza

Barriera redirettiva a LED



	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 101 di 221
--	---	-------------------------	-----------------

Descrizione

E' una barriera redirettiva all'interno di una cui cava trova alloggio un elemento luminoso a led, con la duplice funzione di illuminare il camminamento in prossimità della barriera stessa e di segnalare il verso di percorrenza della galleria in caso di emergenza.

Illuminazione

L'illuminazione a terra è realizzata tramite LED color giallo-ambra che dovranno assicurare un illuminamento medio di 5 lux per una fascia di minimo 90 cm, all'interno della quale l'illuminamento minimo non dovrà essere inferiore a 2 lux. Tale fascia dovrà iniziare entro una distanza di 30 cm dal piede della barriera ridirettiva.

Segnalazione

La segnalazione del verso di percorrenza è realizzata tramite l'accensione sequenziale di gruppi da 3 LED verdi, orientati in modo da essere visibili direttamente dai pedoni. Sono presenti 7 gruppi di LED verdi ogni 3m di barriera ridirettiva. I gruppi sono accesi sequenzialmente (uno acceso e sei spenti) in modo da realizzare una velocità apparente di movimento dei led verdi compresa tra 7 m/s e 8 m/s.

In condizioni normali i LED verdi sono spenti.

In caso di emergenza il sistema di controllo e supervisione della galleria comanda l'accensione in sequenza. Il verso della sequenza di accensione (diretto o contrario) e quindi il verso di percorrenza della galleria è deciso dal sistema stesso di controllo e supervisione della galleria e comunicato ai quadri elettrici di controllo del sistema, tramite protocollo Modbus TCP/IP.

Un eventuale guasto o incidente che coinvolga un elemento luminoso non deve portare a un malfunzionamento che si propaghi oltre una tratta di 30m di elementi contigui.

In caso di emergenza l'accensione sequenziale dei LED verdi indica il verso di percorrenza in allontanamento dal punto critico, sede di incidente.

Poiché il comando del verso della sequenza di accensione dei led verdi per ogni singolo elemento è superfluo e provoca un aggravio oneroso al carico della rete e del sistema di gestione della galleria, è ammesso il comando del verso della sequenza di accensione a tratte, lunghe al massimo 30 metri, i cui elementi attueranno lo stesso verso di sequenza di accensione.

Caratteristiche meccaniche

Gli elementi luminosi della barriera redirettiva a led, i collegamenti elettrici ed i quadri elettrici hanno un grado di protezione IP65. Le parti plastiche e i PCB degli elementi luminosi hanno un comportamento alla fiamma UL94-V0. Le parti metalliche sono in acciaio inossidabile AISI 304 o in alluminio anodizzato.

Lo schermo trasparente degli elementi luminosi deve essere a filo con la superficie della barriera ridirettiva, salvo la sporgenza delle bande di fissaggio di massimo 2mm e degli elementi di fissaggio puntuali di massimo altri 5mm. Le sporgenze degli elementi puntuali di fissaggio devono essere raccordate e prive di spigoli vivi.

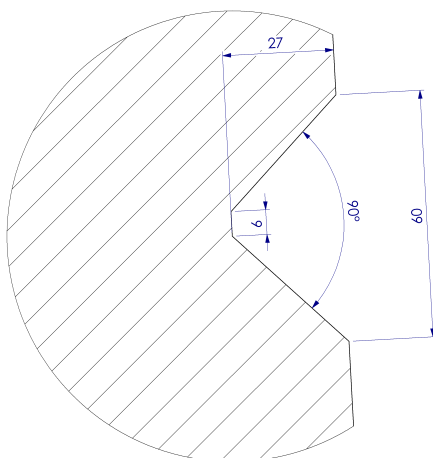
I cavi di collegamento degli elementi luminosi sono a bassa emissione di gas tossici, con caratteristiche identiche o superiori al tipo NO7G9-K.

Alimentazione

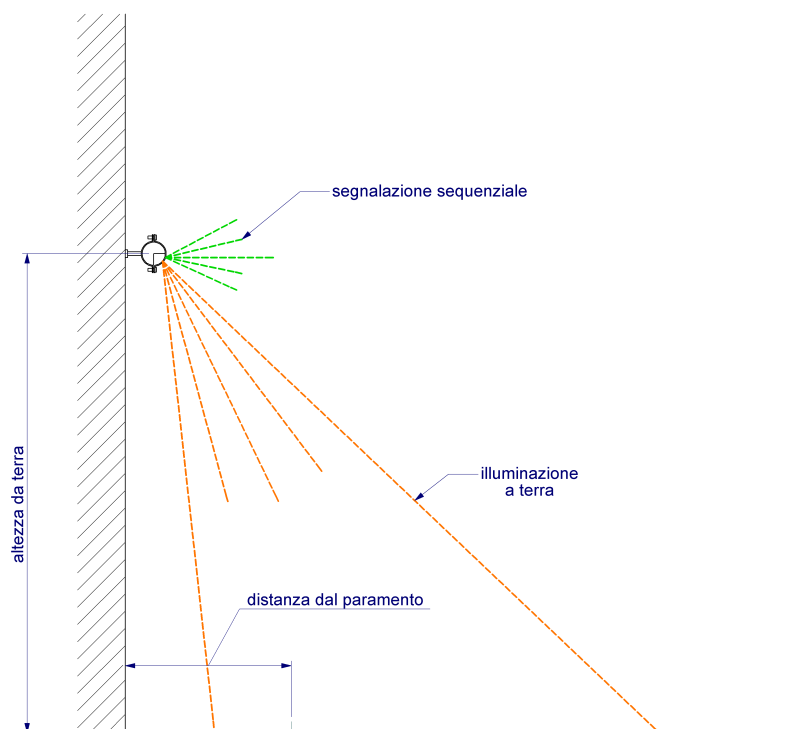
Gli elementi luminosi all'interno della barriera ridirettiva sono alimentati a bassissima tensione di sicurezza SELV.

Geometria della cava

Le dimensioni in millimetri della cava sono indicate nel disegno. La cava è posizionata ad una altezza da terra compresa tra 60cm e 80cm.

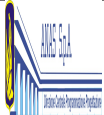


Corpo illuminante a LED per montaggio a paramento



Descrizione

E' un corpo luminoso tubolare a led, con la duplice funzione di illuminare il camminamento in prossimità del paramento e di segnalare il verso di percorrenza della galleria in caso di emergenza.

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 103 di 221
--	---	-------------------------	-----------------

Illuminazione

L'illuminazione a terra è realizzata tramite LED color giallo-ambra che dovranno assicurare un illuminamento medio di 5 lux per una fascia di minimo 90cm, all'interno della quale l'illuminamento minimo non dovrà essere inferiore a 2 lux. Tale fascia dovrà iniziare entro una distanza compresa tra 20 cm e 40 cm dal paramento.

Segnalazione

La segnalazione del verso di percorrenza è realizzata tramite l'accensione sequenziale di gruppi da 3 LED verdi, orientati in modo da essere visibili direttamente dai pedoni. Sono presenti 7 gruppi di LED verdi ogni 3m. I gruppi sono accesi sequenzialmente (uno acceso e sei spenti) in modo da realizzare una velocità apparente di movimento dei led verdi compresa tra 7 m/s e 8 m/s.

In condizioni normali i LED verdi sono spenti.

In caso di emergenza il sistema di controllo e supervisione della galleria comanda l'accensione in sequenza. Il verso della sequenza di accensione (diretto o contrario) e quindi il verso di percorrenza della galleria è deciso dal sistema stesso di controllo e supervisione della galleria e comunicato ai quadri elettrici di controllo del sistema, tramite protocollo Modbus TCP/IP.

Un eventuale guasto o incidente che coinvolga un elemento luminoso non deve portare a un malfunzionamento che si propaghi oltre una tratta di 30m di elementi contigui.

In caso di emergenza l'accensione sequenziale dei LED verdi indica il verso di percorrenza in allontanamento dal punto critico, sede di incidente.

Poiché il comando del verso della sequenza di accensione dei led verdi per ogni singolo elemento è superfluo e provoca un aggravio oneroso al carico della rete e del sistema di gestione della galleria, è ammesso il comando del verso della sequenza di accensione a tratte, lunghe al massimo 30 metri, i cui elementi attueranno lo stesso verso di sequenza di accensione.

Caratteristiche meccaniche

Gli elementi luminosi della barriera ridirettiva a led, i collegamenti elettrici ed i quadri elettrici hanno un grado di protezione IP65. Le parti plastiche e i PCB degli elementi luminosi hanno un comportamento alla fiamma UL94-V0. Le parti metalliche sono in acciaio inossidabile AISI 304 o in alluminio anodizzato.

Il corpo tubolare ha un diametro di 48,3 mm.

I cavi di collegamento degli elementi luminosi sono a bassa emissione di gas tossici, con caratteristiche identiche o superiori al tipo NO7G9-K.

Alimentazione

I corpi luminosi sono alimentati a bassissima tensione di sicurezza SELV.

L'impianto, essendo sostenuto dal sistema elettrico di emergenza, dovrà essere alimentato da un gruppo di continuità assoluta (UPS) con autonomia non inferiore a 30 minuti.

I cavi di alimentazione dovranno essere di tipo LSOH e resistenti al fuoco secondo la norma EN 50200.

3.4.2.2 Ventilazione

I parametri strutturali e di traffico rilevanti nella scelta della tipologia e nel dimensionamento del sottosistema di ventilazione sono:

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 104 di 221
---	---	-------------------------	-----------------

- lunghezza di ogni singola canna della galleria,
- area della sezione trasversale,
- andamento altimetrico della galleria,
- volume di traffico equivalente,
- frequenza di regime di traffico congestionato,
- condizioni meteo-climatiche prevalenti sul sito.

La scelta ed il dimensionamento del sottosistema ventilazione deve prendere in considerazione le statistiche degli eventi incidentali possibili causa di eventi di incendio e di sversamento di sostanze tossiche, nocive ed infiammabili.

Il sottosistema ventilazione deve essere realizzato secondo le regole di buona pratica attuali e deve concorrere, per la quota parte di sua competenza, a garantire il livello di sicurezza fissato dall'applicazione della metodologia di analisi di rischio probabilistica, quando prevista, per il sistema galleria.

La progettazione del sottosistema ventilazione delle gallerie deve portare alla definizione di una configurazione impiantistica ottimale in grado di garantire:

- la diluizione delle emissioni dei veicoli all'interno della galleria in condizione di esercizio (ventilazione sanitaria);
- la compatibilità ambientale della struttura;
- la gestione e il controllo dei fumi in caso di eventi incidentali possibili individuati come rilevanti (ventilazione di emergenza).

3.4.2.2.1 Ventilazione sanitaria

Il sottosistema ventilazione è preposto a:

- diluire gli inquinanti emessi dagli autoveicoli in ogni regime di traffico,
- diluire gli inquinanti emessi dagli autoveicoli in caso di arresto del traffico conseguente all'accadimento di un incidente non rilevante.

Esso deve mantenere la concentrazione degli inquinanti all'interno della struttura a livelli tali da non compromettere la visibilità e contenere la dose di inquinanti assunta dagli utenti.

La diluizione degli inquinanti da parte dell'impianto di ventilazione dovrà essere effettuata sulla base delle stime più recenti delle emissioni dei veicoli e delle normative europee vigenti.

La ventilazione sanitaria deve essere dimensionata sulla base dei volumi di traffico e delle emissioni dei veicoli stimati per i primi 20 anni di esercizio.

La determinazione delle condizioni meteorologiche ai portali per le quali attuare la chiusura al traffico della galleria devono essere determinate, se necessario, mediante l'applicazione della metodologia di analisi di rischio probabilistica.

Opportuni provvedimenti devono essere adottati affinché non si abbiano fenomeni di ricircolo degli inquinanti tra le due canne.

Il livello massimo degli inquinanti deve essere conforme alle indicazioni riportate nelle guide PIARC (World Road Association) vigenti al momento della progettazione dell'impianto di ventilazione.

3.4.2.2 Ventilazione di emergenza

Il sottosistema ventilazione è preposto a:

- disperdere l'energia termica generata dal focolaio di incendio,
- gestire e controllare il moto dei fumi,
- diluire le sostanze tossiche ed infiammabili.

Esso deve garantire l'esodo in sicurezza degli utenti e facilitare le operazioni di soccorso e di spegnimento nonché prevenire la formazione di miscele esplosive nel corso di un evento di sversamento.

Il sottosistema ventilazione influenza altresì la dinamica del focolaio e condiziona il processo di esodo degli utenti.

Il dimensionamento dell'impianto di ventilazione per condizioni di emergenza deve essere effettuato preliminarmente almeno in conformità ai dettami dell'analisi di rischio considerando l'influenza dei parametri di sicurezza in particolare il profilo longitudinale e le condizioni meteorologiche ai portali che determinano la ventilazione naturale.

3.4.2.3 Scelta del sistema di ventilazione

In tutte le gallerie di lunghezza superiore a 1000 m deve essere installato un impianto di ventilazione meccanica.

La verifica della necessità di installazione di un impianto di ventilazione meccanica deve essere estesa a gallerie di lunghezza inferiore ai 1000 m quando i parametri strutturali e di traffico che influenzano la sicurezza del sistema galleria risultino anomali.

Esempi di anomalia nei valori sono: la sezione trasversale è inferiore a 45 m² per gallerie a 2 corsie di marcia ed a 65 m² per gallerie a 3 corsie di marcia, la pendenza supera il 3%, il volume di traffico previsto è superiore a 10000 v/giorno, regimi di traffico congestionato si verificano per almeno 5 giorni in una settimana per un tempo pari ad almeno 30 minuti consecutivi.

La successiva tabella fornisce un'indicazione, confortata dalla buona pratica progettuale attuale, sulla scelta dei sistemi di ventilazione da installare in una galleria.

<i>Sistemi di ventilazione raccomandati per le gallerie stradali</i>		
Aree di applicazione dei sistemi di ventilazione	Lunghezza della galleria [km]	
Ventilazione naturale		≤ 1.0
Ventilazione longitudinale con jet-fans		≤ 4.0
Ventilazione longitudinale con jet-fans ed estrazione dei fumi		≤ 6.0
Ventilazione semi-trasversale		≥ 2.0
Ventilazione trasversale		≥ 6.0

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 106 di 221
---	---	-------------------------	-----------------

La scelta della tipologia del sistema di ventilazione trasversale o semi-trasversale oltre che essere basata sulle caratteristiche geometriche ed architettoniche e sulle caratteristiche del traffico deve essere suffragata dai risultati forniti dalla metodologia di analisi di rischio probabilistica, quando prevista.

Il sistema di ventilazione longitudinale può essere usato fino a lunghezze pari a 4000 m.

La lunghezza può essere aumentata fino a 6000 m quando il progetto preveda l'adozione di opportune misure compensative suffragate da un'adeguata analisi di rischio.

Per gallerie di lunghezza superiore a 6000 m deve essere valutata, applicando in ogni caso la metodologia dell'analisi di rischio, l'adozione di un sistema di tipo longitudinale integrato da idonee misure compensative in luogo della realizzazione di un sistema di ventilazione semitrasversale, trasversale, ibrido.

Il sistema di ventilazione deve essere in grado di limitare il fenomeno di Back-Layering dei fumi inteso come fenomeno di propagazione dei fumi sopravento al focolaio.

3.4.2.2.3.1 Ventilazione dei collegamenti pedonali

Nelle gallerie di lunghezza superiore a 1000 m il collegamento pedonale deve essere dotato di specifico impianto di ventilazione tale da impedire l'ingresso dei fumi generati da un incendio in una delle due canne; ovvero deve essere realizzato un ambiente centrale, con funzione di *luogo sicuro temporaneo*, separato dalle due canne mediante zona filtro a prova di fumo.

La sovrappressione, a porte chiuse, necessaria alla pressurizzazione della zona filtro a prova di fumo deve essere tendenzialmente pari a 50 Pa rispetto alla galleria stradale e, comunque, non inferiore a 30 Pa o superiore a 80 Pa.

La forza applicata per l'apertura della porta non deve superare 220 N.

La pressurizzazione deve essere realizzata mediante immissione di aria esterna prelevata dalla canna non interessata dall'incendio.

La ventilazione della zona filtro a prova di fumo deve essere dimensionata in modo tale da garantire, in presenza di una porta aperta, una velocità del flusso d'aria non inferiore a 0,75 m/s attraverso la sezione della porta. Inoltre, durante la fase di spegnimento, al fine di consentire l'accesso dei Vigili del Fuoco all'interno della galleria stradale, il sistema di pressurizzazione deve realizzare l'"effetto bolla"; l'impianto di ventilazione deve, cioè, garantire, per alcuni secondi, una velocità minima del flusso d'aria, attraverso la porta di comunicazione con la galleria stradale, pari a 2 m/s. Il sistema di ventilazione dovrà essere dotato di filtri per evitare di immettere polvere all'interno del locale.

Quando è previsto un ambiente compreso nel collegamento pedonale avente funzione di *luogo sicuro temporaneo*, l'impianto di ventilazione deve garantire:

- In esercizio: condizioni termoigrometriche tali da impedire la formazione di muffe;
- In emergenza: il corretto funzionamento dell'impianto di pressurizzazione con aria proveniente dall'esterno della galleria, oltre a garantire una portata d'aria non inferiore a 20 m³/h per persona.

L'accesso al collegamento pedonale deve essere ben visibile dalla galleria, opportunamente segnalato ed illuminato.

3.4.2.2.3.2 Ventilazione dei cunicoli di sicurezza e delle gallerie di emergenza

Nelle gallerie di lunghezza compresa tra 500 e 1000 m la separazione tra la galleria stradale e la via di fuga è realizzata mediante semplici porte tagliafuoco con caratteristiche REI120.

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 107 di 221
---	---	-------------------------	-----------------

Nelle gallerie di lunghezza superiore a 1000 m, tra la galleria stradale e la via di fuga protetta deve essere realizzata una zona filtro a prova di fumo.

L'impianto di ventilazione deve mantenere la via di fuga libera dai fumi e garantire un livello accettabile di qualità dell'aria agli utenti.

La sovrappressione, a porte chiuse, necessaria alla pressurizzazione della zona filtro a prova di fumo deve essere tendenzialmente pari a 50 Pa rispetto alla galleria stradale e, comunque, non inferiore a 30 Pa o superiore a 80 Pa.

La forza applicata per l'apertura della porta non deve superare 220 N.

La pressurizzazione deve essere realizzata mediante immissione di aria esterna alla galleria stradale, ed attuata da un impianto dedicato.

La ventilazione della zona filtro a prova di fumo deve essere dimensionata in modo tale da garantire, in presenza di una porta aperta, una velocità del flusso d'aria non inferiore a 0,75 m/s attraverso la sezione della porta. Inoltre, durante la fase di spegnimento, al fine di consentire l'accesso dei Vigili del Fuoco all'interno della galleria stradale, il sistema di pressurizzazione deve realizzare l'“effetto bolla”; l'impianto di ventilazione deve, cioè, garantire, per alcuni secondi, una velocità minima del flusso d'aria, attraverso la porta di comunicazione con la galleria stradale, pari a 2 m/s.

Quando il cunicolo di sicurezza o la galleria di emergenza svolgono la funzione di *luogo sicuro temporaneo*, l'impianto di ventilazione deve garantire:

- In esercizio: condizioni termoigrometriche tali da impedire la formazione di muffe;
- In emergenza: il corretto funzionamento dell'impianto di pressurizzazione delle zone filtro a prova di fumo, oltre a garantire una portata d'aria non inferiore a 20 m³/h per persona.

3.4.2.2.4 Alimentazione del sistema di ventilazione

I cavi di alimentazione dell'impianto elettrico devono essere collocati per quanto possibile in sede protetta. Nelle gallerie ove non sia possibile il posizionamento sotto il marciapiede, dietro il profilo redirettivo od all'interno del rivestimento, i cavi devono essere alloggiati in apposite canaline realizzate in acciaio inox di caratteristica AISI almeno 304L.

I cavi devono essere conformi alle norme CEI non propaganti l'incendio, a bassissima emissione di gas tossici nocivi e corrosivi, e del tipo resistente al fuoco secondo le norme CEI.

Ogni ventilatore in galleria dovrà essere alimentato mediante un circuito esclusivo direttamente dalla cabina elettrica di alimentazione.

Prese con interruttore di blocco e spine per elettroventilatori da galleria

I ventilatori presenti in galleria devono essere alimentati mediante prese con interruttore di blocco e spine tali da assicurare la continuità elettrica a 400°C per 120 minuti.

La prese devono avere una tensione nominale 690V da 3P+T.

La categoria di utilizzo a 690V è AC23A – AC3.

La messa a terra deve essere assicurata con morsetto sia interno che esterno all'involucro della presa, elettricamente connesso.

La presa deve essere dotata di interblocco meccanico.

Il grado di protezione deve essere non inferiore a IP65 secondo la Norma CEI EN60529 grado di resistenza agli urti IK07.

La cassetta deve essere certificata, da ente certificatore accreditato, per garantire la funzionalità per almeno 90 minuti a 400 °C.

I ventilatori devono essere collegati ad alimentazione elettrica di emergenza.

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 108 di 221
---	---	-------------------------	-----------------

Il sistema di comando e controllo del sottosistema ventilazione deve essere collegato all'alimentazione elettrica di sicurezza.

Qualora il progetto preveda l'alimentazione parziale del sistema di ventilazione attraverso l'impianto elettrico di emergenza si deve subordinare l'accettazione della soluzione all'applicazione della metodologia di analisi di rischio probabilistica dettagliata al capitolo 1.

3.4.2.3 Stazioni di emergenza

Le stazioni di emergenza sono progettate per mettere a disposizione diversi strumenti di sicurezza, in particolare telefoni di emergenza ed estintori, ma non per proteggere gli utenti dagli effetti di un evento di incendio.

Le stazioni di emergenza possono essere costituite da un armadio ovvero, preferibilmente, da una nicchia realizzata nel piedritto.

Nelle gallerie a traffico monodirezionale gli armadietti di emergenza devono essere posizionati sul lato destro della carreggiata.

La rottura di un vetro, l'apertura di uno sportello per il prelievo degli estintori deve attivare un allarme locale ottico ed acustico temporizzato.

Il segnale di apertura deve essere inviato al centro di controllo quando previsto.

Un armadietto di emergenza andrà posto all'interno dei luoghi sicuri temporanei nei collegamenti pedonali fra le due canne o a valle delle zone filtro nei cunicoli di sicurezza.

Il sistema di allarme in dotazione agli armadietti di emergenza deve essere collegato ad alimentazione elettrica di sicurezza.

Per gallerie di lunghezza superiore a 500 metri devono essere previsti ai portali e ad interdistanza di 150 m, armadietti di emergenza, opportunamente segnalati con segnale luminoso mostrato in figura II 178 Art.125 e figura II 305 Art. 135 del D.P.R. 495/92 e segnale di postazione idrante come da fig. UNI 7546/8 (riferimento figura 6 dell'Allegato I al presente documento).

Gli armadietti, posti preferibilmente in nicchia, devono contenere:

- pulsante di allarme;
- una postazione idrante;
- due estintori a polvere ed a schiumogeno;
- un telefono S.O.S.

Il segnale di apertura dell'armadietto deve essere inviato al centro remoto. Quando viene azionato il pulsante di allarme, viene comunicata all'operatore del centro remoto una situazione di emergenza. L'operatore, oltre a dialogare con l'utente, potrà seguire delle procedure di emergenza e attivare i relativi sistemi presenti in galleria (PMV, TVCC, Ventilazione, segnaletica, messaggistica, ecc.)

Le iscrizioni esplicative accanto ai suddetti pulsanti dovranno essere scritte in quattro lingue: italiano, inglese, francese e tedesco.

Gli armadietti di sicurezza sono posizionati come mostrato nelle figure 2 e 3 riportate nell'Allegato I:

- all'interno delle piazzole di sosta,
- in corrispondenza dei collegamenti pedonali,
- in corrispondenza degli accessi diretti verso l'esterno, accessi a cunicoli di sicurezza, accessi a gallerie di emergenza per gallerie di lunghezza superiore a 1000 m.

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 109 di 221
---	---	-------------------------	-----------------

3.4.2.4 Erogazione idrica

L'erogazione idrica in galleria deve provvedere all'alimentazione dell'impianto idrico antincendio.

Il sistema di alimentazione idrica deve essere in grado di garantire la continuità di erogazione idrica per almeno due ore.

3.4.2.4.1 *Impianto idrico antincendio*

Le gallerie di lunghezza superiore a 500 m devono essere dotate di un impianto idrico antincendio.

L'impianto idrico antincendio è costituito da una rete fissa di idranti chiusa ad anello in prossimità degli imbocchi, mantenuta permanentemente in pressione e collocata in posizione protetta dietro i profili redirettivi lato corsia di marcia.

L'impianto idrico antincendio deve essere in grado di garantire valori di portata uniformi tra i differenti idranti e comunque non inferiori a 120 l/min per gli idranti DN 45 e 300 l/min per gli idranti DN 70.

L'impianto idrico antincendio deve essere dotato di:

- idranti UNI 45 con relativo corredo di tubazione flessibile da 20m e lancia erogatrice. Gli idranti devono essere previsti nelle stazioni di emergenza.
- idranti UNI 70 con relativo corredo di tubazione flessibile da 20m e lancia erogatrice. Gli idranti devono essere previsti agli imbocchi delle canne e nelle piazzole di sosta.
- attacchi di mandata per autopompa agli imbocchi delle canne. Gli attacchi di immissione devono essere due ed avere diametro DN 70.

Gli idranti DN 45 devono essere posizionati sul lato di marcia, mantenendo, per quanto possibile, la stessa interdistanza per lato.

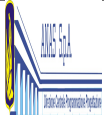
La rete fissa di idranti deve essere chiusa ad anello ed alimentata da una o più stazioni di pompaggio dotate di:

- gruppo di pompaggio
- serbatoio di riserva.

La rete fissa di idranti non deve essere esposta direttamente al fuoco dovendo garantire il servizio per un tempo non inferiore alle due ore nel corso delle operazioni di spegnimento.

L'impianto deve essere dimensionato in modo da garantire il simultaneo funzionamento di almeno 4 idranti DN 45 con 120 l/min cadauno e pressione residua non inferiore a 0,2 MPa e 1 idrante DN 70 con 300 l/min e pressione residua non inferiore a 0,4 MPa, nella posizione idraulicamente più sfavorevole.

La rete fissa di idranti deve essere protetta dal gelo, da possibili urti meccanici, dalla corrosione e consentire le dilatazioni termiche.

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 110 di 221
--	---	-------------------------	-----------------

Ogni pompa antincendio dovrà essere alimentata con propria linea esclusiva, derivata a monte dell'interruttore generale BT dell'impianto elettrico, in modo che l'energia elettrica sia disponibile anche in caso di condizione di aperto di tutti gli interruttori dell'impianto.

Le linee di alimentazione devono essere protette contro i cortocircuiti ed i contatti indiretti, ma non contro il sovraccarico, a favore della continuità e sicurezza di esercizio.

L'impianto deve essere alimentato dalla normale rete di distribuzione di energia elettrica e da una fonte di energia elettrica di emergenza.

3.4.2.5 Sistemi di mitigazione

Le seguenti note sui sistemi di mitigazione sono introdotte in quanto in accordo alla Direttiva 2004/54/CE il livello di sicurezza del sistema galleria può essere modificato introducendo sistemi di sicurezza innovativi compatibili con l'evoluzione della buona pratica.

I sistemi attualmente utilizzabili in galleria sono del tipo a diluvio e possono essere classificati in:

- sistemi ad acqua frazionata,
- sistemi ad acqua nebulizzata,
- sistemi a schiuma,
- sistemi con monitori automatici distribuiti lungo la galleria.

L'adozione di sistemi di mitigazione come misura compensativa od integrativa deve essere giustificata attraverso l'applicazione della metodologia di analisi di rischio probabilistica dettagliata al capitolo 1 e compatibile con l'analisi costi-sicurezza.

Le prestazioni del sistema di mitigazione devono essere determinate e risultare compatibili con i risultati dell'analisi di rischio.

3.4.2.6 Rilevazione incendio

Nelle gallerie stradali dotate di impianto di ventilazione meccanica deve essere previsto uno specifico impianto di rilevazione incendio del tipo a rilevazione lineare di temperatura, collocato sulla volta della galleria.

Ad integrazione del suddetto impianto possono essere utilizzati altri dispositivi per la rilevazione degli incendi quali:

- opacimetri;
- sensori di concentrazione di anidride carbonica e monossido di carbonio;
- sistemi di rilevazione fumi mediante digitalizzazione delle immagini;
- rilevatori di fiamma.

Nelle gallerie dotate di impianto di ventilazione meccanica i dispositivi e gli impianti di rilevazione degli incendi devono consentire la localizzazione del focolaio.

La buona pratica corrente richiede siano assicurati tempi di rilevazione certa dell'evento di incendio non superiori a 3 minuti a partire dall'arresto del veicolo incidentato.

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 111 di 221
---	---	-------------------------	-----------------

3.4.2.7 Sottosistema di sorveglianza e rilevazione – Sottosistema monitoraggio e rilevazione

L'installazione di un impianto di sorveglianza mediante telecamere per ogni senso di marcia deve essere valutata caso per caso.

Un impianto di sorveglianza deve essere previsto quando la lunghezza della galleria è maggiore di 3000 m ovvero per tutte le gallerie dotate di un centro di controllo presidiato.

L'impianto di sorveglianza deve essere connesso con una sala di controllo presidiata.

Le telecamere devono essere installate in modo da consentire:

- il controllo della situazione del traffico all'interno della galleria,
- il controllo delle piazzole di sosta/emergenza e degli armadietti SOS.

L'installazione di un impianto di rilevazione automatico degli incidenti stradali ovvero dell'instaurazione di condizioni di traffico anomale deve essere valutata caso per caso.

Un impianto di rilevazione automatico degli incidenti stradali deve essere previsto quando la lunghezza della galleria è maggiore di 3000 m ovvero per tutte le gallerie dotate di un centro di controllo.

Gli impianti del sottosistema di sorveglianza e rilevazione devono essere interfacciati tramite il sistema di controllo e gestione della galleria con gli altri sistemi di sicurezza in essa installati.

Gli impianti del sottosistema di sorveglianza e rilevazione devono essere collegati alla alimentazione elettrica di sicurezza.

3.4.2.8 Semafori, PMV, Segnaletica di emergenza

Agli imbocchi di tutte le gallerie di lunghezza superiore a 500 m, devono essere installati semafori che consentano la chiusura della galleria in situazioni di emergenza e, a distanza di 150 metri prima degli imbocchi, dovranno essere previsti pannelli a messaggio variabile costituiti da una indicazione alfanumerica e da un pittogramma di tipo full color.

Nelle gallerie di lunghezza superiore a 1000 metri i semafori e il sistema PMV andranno ripetuti ogni 300 metri all'interno della galleria; in questo caso si dovranno adottare le lanterne semaforiche a messaggio variabile (croce rossa, freccia verde) poste sopra le corsie di marcia come da fig. II 458 Art. 164 del D.P.R. 495/92.

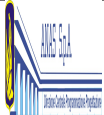
Nell'allegato I figurano i segnali e i pannelli da usare nelle gallerie.

Le gallerie devono essere precedute, in corrispondenza dell'imbocco, dal segnale "galleria" di cui all'art. 135 ed alla figura II 316 del D.P.R. 495/92, con pannello integrativo indicante la denominazione e la lunghezza della galleria, secondo l'art. 83 Modello II 2 del suddetto D.P.R.

Nel pannello indicante la denominazione deve comparire il logo dell'ANAS come riportato in figura 4 dell'allegato I al presente documento.

Ogni galleria deve essere preceduta da un segnale di pericolo (Figura II 35 Art.103 del D.P.R. 495/92) posto 150 m prima dell'imbocco (e comunque ad una distanza dall'imbocco non inferiore alla distanza di arresto del veicolo), recante l'iscrizione "galleria" secondo il Modello II 6.

Le piazzole di sosta devono essere segnalate 250 m prima con il segnale luminoso mostrato in figura 5 dell'allegato I al presente documento. Il segnale suddetto deve essere ripetuto in corrispondenza della piazzola di sosta.

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 112 di 221
--	---	-------------------------	-----------------

A 150 m dal portale di uscita deve essere posto, all'interno della galleria e qualora ritenuto necessario, il cartello in fig. II 22 Art. 93, con gli eventuali pannelli aggiuntivi secondo il Modello II 6/h Art.83 od il Modello II 6/i Art.83.

Per le gallerie stradali di lunghezza superiore a 2000 m deve essere imposta una distanza minima di sicurezza tra veicoli pari a 100 m durante la marcia con apposito segnale di cui all'art. 116 ed alla figura II 49 del D.P.R. 495/92, da ripetere opportunamente lungo la galleria.

Il semaforo all'imbocco della galleria deve essere preceduto dal cartello di preavviso semaforico come da Figura II 31/a Art. 99, abbinato al già citato segnale di pericolo generico – galleria (Figura II 35 Art.103 del D.P.R. 495/92).

Tutta la segnaletica luminosa presente in galleria deve essere alimentata dall'impianto elettrico di sicurezza.

Il progetto complessivo della segnaletica deve comunque considerare con attenzione le singole ubicazioni ed i raggruppamenti di segnali per evitare l'affollamento od il disordine della segnaletica stessa.

La segnaletica verticale di emergenza (piazzole, S.O.S., estintori, idranti, uscite di emergenza) deve essere di tipo luminoso, di classe minima L2 così come descritta dal norma 12899-1 e rivestita da un film rifrangente microprismatico in grado di assicurare la visibilità del segnale anche in caso di assenza di energia elettrica; la rimanente segnaletica deve essere almeno ricoperta di pellicola ad elevatissima rifrangenza microprismatica, secondo la definizione della norma UNI 11122 (Luglio 2004) relativa alle "Caratteristiche prestazionali dei materiali per segnaletica verticale con tecnologia a microprismi".

La segnaletica verticale di emergenza (piazzole, S.O.S., estintori, idranti, uscite di emergenza) deve essere di tipo luminoso; la rimanente segnaletica deve essere almeno ricoperta di pellicola ad alta rifrangenza.

Ogni 75 m, alternativamente sui due piedritti della galleria, deve essere posto il segnale luminoso di fig. 2 in modo da indicare le vie di fuga più vicine e la relativa distanza.

Le uscite di sicurezza devono essere indicate da un segnale certificato, facilmente visibile da tutte le direzioni di accesso all'uscita con la sola eccezione di una porta di accesso principale chiaramente identificabile come accesso ad un luogo sicuro.

In corrispondenza di ciascun accesso di via di fuga o luogo sicuro deve essere installato a bandiera il segnale luminoso mostrato in figura 7 dell'allegato I al presente documento.

In prossimità dei cartelli non devono esserci oggetti o rivestimenti di colori e forme contrastanti che potrebbero non consentire l'identificazione corretta della segnalazione.

I segnali devono recare caratteri di dimensioni e tipologia facilmente individuabili.

La segnaletica orizzontale deve essere tale da assicurare la massima visibilità in qualsiasi condizione di traffico e la massima durata al fine di minimizzare gli interventi manutentivi; dovrà prevedersi l'utilizzo di preformati elastoplastici in grado di rispondere da nuovo alla classe R5 della norma UNI EN 1436 ($\geq 300 \text{ mcd/lux} \cdot \text{mq}$) e in uso ad almeno la classe R2 ($\geq 100 \text{ mcd/lux} \cdot \text{mq}$) per un periodo che dovrà essere valutato in funzione del reale volume di traffico e comunque mai inferiore ai 2 anni.

3.4.2.9 Sistemi di comunicazione

In tutte le gallerie di lunghezza superiore a 1000 m e con un volume di traffico superiore a 2000 veicoli per corsia devono essere installati impianti per ritrasmissioni radio ad uso dei servizi di pronto intervento.

In particolare deve essere previsto un impianto radio che consenta le comunicazioni agli operatori ANAS, alle forze dell'ordine, ai Vigili del Fuoco e ad altri operatori di soccorso e di

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 113 di 221
---	---	-------------------------	-----------------

intervento, nonché la ripetizione di alcune frequenze radio FM per trasmettere eventuali informazioni agli utenti in galleria.

Deve, inoltre, essere valutata l'opportunità tecnico-economica e di sicurezza di prevedere l'installazione di un sistema unico radiante multi-operatore che permetta l'estensione della copertura dei sistemi di telefonia mobile in galleria.

I luoghi sicuri temporanei in cui gli utenti della galleria in fase di evacuazione sono tenuti a stazionare prima di poter raggiungere l'esterno devono essere dotati di altoparlanti per comunicare informazioni agli utenti stessi.

Il sistema di comunicazione deve consentire:

- la comunicazione agli utenti istruzioni di comportamento attraverso messaggi pre-registrati,
- la comunicazione agli utenti dalla sala di controllo o da una postazione remota di informazioni aggiuntive.

Qualora i tempi di attesa previsti siano superiori a 30 min è necessario valutare la necessità di installazione di un impianto bidirezionale audio-video.

In caso di strutture esistenti aventi interdistanze elevate tra le vie di fuga deve essere valutata caso per caso la necessità di installare sistemi di guida sonora lungo la galleria al fine di agevolare il processo di esodo degli utenti.

3.4.2.10 Rete di comunicazione

La rete di comunicazione deve assicurare i seguenti servizi necessari alla gestione ed al monitoraggio dei sistemi di sicurezza:

- trasmissione dati per il monitoraggio ed il controllo dei sistemi di sicurezza (acquisizione dati dai sensori, pilotaggio remoto dei dispositivi);
- trasmissione dati multimediali (audio, video, alfanumerici) per assicurare le comunicazioni audio, video e mediante pannelli luminosi a messaggio variabile;
- scambio di dati con l'esterno, attraverso dorsali geografiche.

La rete di comunicazione deve consentire la continuità e l'efficienza dei servizi che assolvono funzioni di sicurezza sia in condizioni di esercizio che in condizioni di emergenza ed essere caratterizzata da un livello di affidabilità specifico.

Il dimensionamento della capacità della rete di trasporto dati, oltre a garantire le funzionalità per i servizi di sicurezza di base, deve considerare:

- ridondanze,
- funzionamento in condizioni degradate,
- possibili futuri ampliamenti,
- trasporto dati per servizi aggiuntivi (GSM, UMTS).

La realizzazione di una linea di collegamento ausiliaria deve prevedere la realizzazione di cavidotti fisicamente separati per la linea principale e la linea secondaria. Quando possibile è necessario prevedere una configurazione del tipo ad anello.

I protocolli di trasporto dati impiegati devono essere ottimizzati e compatibili al fine di consentire il trasferimento di dati in forma codificata e opportunamente compressa.

Nel caso in cui la rete geografica di collegamento possa essere realizzata utilizzando infrastrutture di collegamento in cavi a fibra ottica proprie o affittate, la tecnologia di trasporto dati

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 114 di 221
---	---	-------------------------	-----------------

da utilizzare deve essere scelta tra tecnologie che adottano standard attuali e diffusi quali ad esempio Ethernet, IP/MPLS-Multi Protocol Label Switching, SDH (Synchronous Digital Hierarchy), PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy).

Qualora siano localmente già disponibili le reti di accesso broadband degli operatori di telecomunicazioni, la capacità necessaria di collegamento può essere direttamente fornita da questi ultimi, utilizzando uno standard di trasmissione tra quelli sopra citati o attraverso tecnologie di accesso a più bassa capacità.

In alternativa o complemento dei collegamenti geografici via cavo, è possibile realizzare un livello di trasporto via radio (ponti a microonde, sistemi wireless).

Qualora si adottino collegamenti geografici via radio, è necessario utilizzare frequenze di trasmissione che prevedano obbligo di licenza o autorizzazione, al fine di garantire la protezione da interferenze da parte di terzi.

In tutte le situazioni in cui non siano possibili altri tipi di copertura, possono essere adottate soluzioni di collegamento bidirezionale via satellite.

Qualora la trasmissione radio sia utilizzata per il collegamento locale di parti della rete di comunicazione, deve essere verificata in modo specifico l'affidabilità sulla continuità del servizio ed è necessario adottare idonee tecnologie di protezione che permettano di limitare le interferenze ed eventuali accessi da terzi non autorizzati.

I cavi per dati in fibra ottica devono essere posizionati, quando possibile, sotto il livello di calpestio del marciapiede o del piano stradale, protetti all'interno di tubazioni nel rispetto della normativa adottata da parte degli operatori di servizi pubblici di telecomunicazioni e nel rispetto del codice della strada. Ove non sia possibile il posizionamento sotterraneo, i cavi devono essere alloggiati in apposite canaline o passerelle realizzate in acciaio inox di caratteristica non inferiore ad AISI 304.

Tutti i cavi, indipendentemente dalle condizioni di posa, devono essere del tipo non propagante l'incendio e a bassa emissione di fumi, gas tossici e corrosivi (LSOH).

3.4.2.11 Alimentazione e circuiti elettrici

Lo schema tipico e non esaustivo dell'impianto di alimentazione elettrica da prevedere per le gallerie è mostrato in figura 8 dell'allegato I al presente documento.

In ogni caso, a prescindere dalla architettura suggerita dalla figura 8, il progetto dovrà sviluppare, tramite una relazione, gli aspetti tecnici - economici volti alla ottimizzazione del sistema elettrico. In particolare si dovranno assicurare i migliori risultati sotto il profilo del risparmio energetico e, alla luce delle diverse soluzioni contrattuali di fornitura degli enti distributori, determinare la soluzione tecnica più opportuna.

Tutte le gallerie di lunghezza maggiore di 500 metri devono disporre di un'alimentazione elettrica di emergenza (gruppo elettrogeno) per assicurare il funzionamento dei sistemi di emergenza per almeno 24 ore.

Tutte le gallerie di lunghezza maggiore di 500 metri devono essere dotate di un sistema di alimentazione elettrica di sicurezza (UPS) in grado di garantire la continuità del servizio per un intervallo di tempo fissato.

L'alimentazione elettrica di sicurezza (UPS), deve avere una autonomia non inferiore ad 1 h, quando non diversamente specificato per le singole parti di impianto che alimenta.

L'alimentazione di emergenza (gruppo elettrogeno) deve essere in grado di garantire il funzionamento dei seguenti impianti:

- impianto di alimentazione di sicurezza (UPS);

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 115 di 221
---	---	-------------------------	-----------------

- impianto di ventilazione della galleria per la gestione dei fumi generati da un evento di incendio;
- impianto di ventilazione delle vie di fuga;
- impianto idrico antincendio;

Qualora il progetto preveda l'alimentazione parziale del sistema di ventilazione attraverso l'impianto elettrico di emergenza si deve subordinare l'accettazione della soluzione ai risultati ottenuti applicando la metodologia di analisi di rischio probabilistica.

L'alimentazione di sicurezza (UPS) deve essere in grado di garantire il funzionamento dei seguenti impianti:

- impianto di illuminazione di emergenza e di sicurezza;
- impianto di illuminazione del centro di controllo e dei locali tecnici;
- la segnaletica in galleria e nei tratti in prossimità degli imbocchi;
- dispositivi di misura installati in galleria;
- impianto di sorveglianza;
- impianti di rilevazione incidenti ed incendio;
- sistema di gestione della galleria;
- impianti di comunicazione.

I cavi di alimentazione elettrica devono essere collocati per quanto possibile in sede protetta; ove non sia possibile il posizionamento sotto il marciapiedi, dietro il profilo redirettivo o all'interno del rivestimento, i cavi devono essere alloggiati in apposite canaline o passerelle di caratteristica AISI almeno 304L.

Tutti i cavi presenti in galleria, indipendentemente dalle condizioni di posa, dovranno essere del tipo non propagante l'incendio e senza alogeni "LSOH" (CEI 20-22, CEI 20-37, CEI 20-38) e con tensione nominale 0,6/1 kV.

I cavi che costituiscono i circuiti di emergenza e di sicurezza, fino al dispositivo che alimentano, devono essere rispondenti alla norma CEI 20-45 ed. 2° del 2003, ovvero del tipo non propaganti l'incendio, senza alogeni (LSOH), tensione nominale 0,6/1 kV e resistenti al fuoco secondo i metodi di prova stabiliti nelle norme CEI EN 50200 e CEI EN 50362.

L'architettura della distribuzione elettrica, compreso il numero delle cabine di trasformazione, deve essere progettata secondo criteri di natura tecnico-economica e buona pratica progettuale.

I circuiti elettrici di misura e di controllo devono essere progettati in modo che un guasto locale, dovuto ad esempio a un incendio, non coinvolga i circuiti non interessati.

L'affidabilità del sistema di alimentazione elettrica deve essere verificata, mediante l'applicazione della metodologia di analisi di rischio probabilistica dettagliata al capitolo 1, quando necessaria.

3.4.2.12 Caratteristiche ignifughe degli impianti

Il livello delle caratteristiche ignifughe di tutti gli impianti della galleria deve tenere conto delle possibilità tecnologiche e mirare al mantenimento delle necessarie funzioni di sicurezza in caso di incendio.

L'analisi di rischio deve essere utilizzata per valutare le temperature massime ed i tempi minimi di funzionamento ammissibili per le dotazioni impiantistiche.

La successiva tabella riporta i dispositivi che devono garantire una determinata resistenza al fuoco o alle alte temperature.

	Temperatura [°C]	Tempo [min]
Acceleratori in volta	400	90
Ventilatori di estrazione	400	90
Serrande motorizzate di estrazione fumi	400	90
Supporti	400	90

Inoltre, i materiali di costruzione della segnaletica di emergenza, degli armadietti di emergenza, dei ventilatori installati in galleria, dei supporti, devono essere realizzati in acciaio inox con caratteristica non inferiore ad AISI 304L.

3.5 Sistema di controllo e supervisione

3.5.1 Premessa

Un centro di controllo deve essere realizzato per tutte le gallerie di lunghezza superiore a 3000 m e con un volume di traffico superiore a 2000 veicoli per corsia.

La sorveglianza di diverse gallerie può essere accentrata in un unico centro di controllo.

All'esterno di ogni galleria deve essere realizzata una postazione di comando e controllo locale normalmente non presidiata.

Il centro di controllo deve essere realizzato secondo principi ergonomici per l'interfaccia uomo macchina ed essere dotato di una rete informatica che fa capo ad una sala di elaborazione dati preposta al controllo e alla gestione automatica delle procedure in situazioni di esercizio ed in situazioni di emergenza.

Il centro di controllo è delegato, in condizioni di esercizio, a seguire il controllo di routine sull'operatività normale delle gallerie e dei sistemi connessi.

Gli operatori del centro di controllo devono essere addestrati tramite corsi di simulazione interattiva e mantenuti in addestramento esecutivo tramite esercitazioni di emergenza che coinvolgano più amministrazioni pubbliche per ottimizzare il coordinamento e le procedure d'intervento.

Le emergenze sono classificate in funzione della loro gravità ed opportuni manuali d'intervento operativo riportanti le procedure da attuare sono in dotazione della sala e dei suoi operatori.

Le simulazioni interattive sono utilizzate per l'addestramento continuo degli operatori ad emergenze non previste nei manuali operativi, al fine di conservare la necessaria flessibilità d'intervento agli operatori del centro di controllo.

Le gallerie stradali richiedono una serie di dotazioni impiantistiche necessarie a garantire un'ottimale situazione di confort ed adeguate condizioni di sicurezza per gli utilizzatori.

Con tal fine, considerando quale altro importante elemento da perseguire la limitazione dell'impatto ambientale, la tipologia di impianti da prevedere è determinata da parametri che caratterizzano l'opera stessa; tali caratteristiche sono:

- la lunghezza
- la geometria
- l'uni o bidirezionalità
- l'ubicazione urbana o extraurbana
- l'intensità ed il tipo di traffico.

Le condizioni di esercizio richiederanno pertanto il puntuale controllo dei parametri che potenzialmente potranno concorrere alla generazione di situazioni di rischio o pericolo, ovvero:

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 117 di 221
---	---	-------------------------	-----------------

- livello di concentrazione degli inquinanti (CO, NO_x) prodotti dal flusso veicolare
- livello di opacità dell'aria dovuto alle emissioni dei motori diesel e dai particolati (usura pneumatici, freni, manto stradale etc.)
- eventuale sviluppo di incendi per incidenti o guasti.

Pertanto, per predisporre l'infrastruttura in modo da poter ovviare a tali situazioni, si provvederà ad adottare idonei sottosistemi, ciascuno specifico per la tipologia di compito da espletare, atti a gestire la galleria con livelli di sicurezza adeguati; tali sistemi saranno:

- impianti di illuminazione
- impianti di ventilazione
- sensoristica per rilevazione parametri ambientali ed inquinanti
- sensoristica per rilevazione della luminosità
- sensoristica per rilevazione del traffico (sia in termini di quantità che di tipologia)
- sensoristica per rilevazione automatica di incendi (sia in galleria che nelle cabine elettriche)
- apparati di richiesta manuale di soccorso (Sos)
- sistemi di rilevazione automatica incidenti
- impianti automatici di estinzione incendi
- sensori di controllo allestimenti di primo intervento per estinzione incendi
- sistemi di segnalamento all'utenza (segnaletica luminosa e pannelli a messaggio variabile)
- sistemi Tvcc ed impianti radio isofrequenziali.

I sottosistemi elencati verranno alimentati da una, o più, cabine elettriche che garantiranno il servizio distribuendo l'energia proveniente da

- Ente erogatore (sia in media che in bassa tensione)
- Ups
- Gruppo elettrogeno.

3.5.2 Scopo dei sistemi di controllo e supervisione

La galleria è un sistema complesso in cui opere strutturali e sistemi d'automazione costituiscono, nel loro insieme, il livello di sicurezza caratteristico. Nella galleria virtuale, gli elementi interagiscono in modo efficace per ottenere un livello di sicurezza superiore alla semplice somma delle loro singole funzioni.

Il maggior onere di coordinamento è a carico del sistema di automazione, il cui scopo è quello di integrare tutti i sottosistemi e di definirne il comportamento anche in relazione alle altre variabili esterne. Il sistema di controllo è responsabile anche del corretto riporto informativo alla sala operativa, sia essa locale o centrale, includendo nel secondo anche gli elementi strutturali di raccordo, svincoli, viadotti, piazzali o semplici tratte in superficie.

Oltre alla corretta gestione d'insieme dei regimi normale e d'emergenza, è compito ulteriore del sistema di controllo e supervisione supportare con funzioni diagnostiche e predittive il mantenimento delle condizioni previste in progetto, perennizzando il livello di sicurezza ottenuto con l'opera di costruzione o di riqualificazione della struttura.

3.5.2.1 Criteri base del progetto

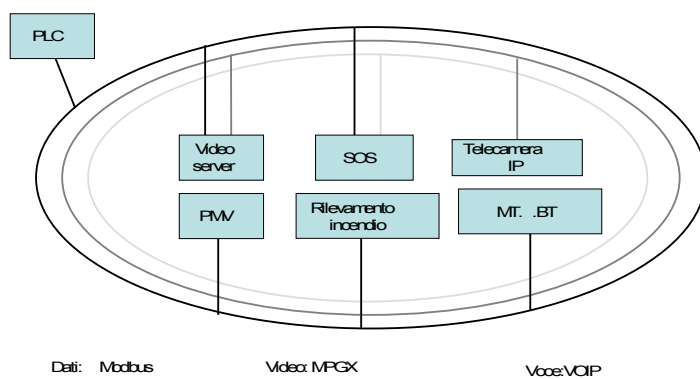
L'insieme dei sistemi che concorre alla sicurezza in galleria, di cui il sistema di controllo e supervisione è, come detto, il fulcro, implica un'elevata complessità di interfacciamento. L'eterogeneità delle interfacce native dei diversi sottosistemi si riflette nella complessità di:

- progettazione di interfacce differenti da progetto a progetto e da fornitore a fornitore
- allineamento tecnico ed economico dei diversi fornitori
- coordinamento delle forniture
- definizione delle responsabilità a carico dei diversi fornitori all'atto della messa in servizio
- non intercambiabilità fra sottosistemi di fornitori differenti

Dal punto di vista impiantistico, la progettazione integrata dei sistemi comprende anche l'ottimizzazione delle reti. Pur mantenendo separati servizi voce, immagini e dati, è possibile utilizzare la medesima struttura di dorsale per tutti i servizi TCP/IP, con ottimizzazione e razionalizzazione dei percorsi cavi e dei cavi stessi in fibra ottica.

I principi base del progetto sono pertanto raggruppabili nelle due scelte fondamentali:

- standardizzazione delle interfacce Modbus TCP/IP
- utilizzo della dorsale di rete per i tutti i servizi TCP/IP



3.5.2.1.1 Standardizzazione delle interfacce su Modbus TCP/IP

Per ovviare ai problemi di eterogeneità d'interfacciamento e variabilità dell'impiantistica, si stabilisce che ogni sottosistema deve offrire un'interfaccia normalizzata, definita, per i motivi di seguito esposti, come Modbus TCP/IP.

Ciascun sottosistema può ottenere il risultato d'interfacciamento modbus TCP/IP in modi differenti, come, ad esempio:

- la disponibilità del protocollo Modbus TCP/IP come interfaccia dell'elettronica di bordo
- l'interposizione di un convertitore da protocollo diverso, standard o proprietario, a Modbus TCP/IP
- l'integrazione, nella fornitura del sottosistema, di una morsettiera I/O o di un'unità logica per raccolta di segnali e comandi digitali e/o analogici, con interfaccia Modbus TCP/IP
- raccolta di più collegamenti Modbus TCP/IP in un solo collegamento, tramite switch a bordo del sistema

I sottosistemi a cui deve sicuramente essere applicato il criterio progettuale sopra definito sono:

- i quadri MT
- i quadri BT primaria

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 119 di 221
---	---	-------------------------	-----------------

- i quadri MT secondari
- gli UPS
- i gruppi di generazione
- i quadri di ventilazione longitudinale
- i quadri BT secondaria in galleria (bypass, piazzole) e in cabina
- i sistemi di ventilazione centrale
- il sistema RDS
- i Pannelli a Messaggi Variabile (PMV), intesi come tutto l'insieme di segnalazioni grafiche, di testo e di agibilità corsia installati sulla traversa
- le colonnine SOS, per il rimando dei segnali di chiamate a e di presenza attrezzi d'emergenza
- i videosever attivi, per la segnalazione degli eventi rilevati
- i sistemi di rilevamento incendio, per la segnalazione degli allarmi di zone e allarmi generali
- il sistema di regolazione del flusso luminoso
- il sistema radio per attivazione di messaggi automatici
- i quadri di comando della ventilazione esterni (intervento VVFF)

Sono invece accettati come segnali diretti al PLC, generalmente riportati ai quadri di galleria o di cabina:

- i segnali di misura ambientale (CO/NO/OP/AN)
- i segnali di vibrazione e distacco dei ventilatori
- i comandi ai pannelli luminosi e ai semafori

In questo modo sarà garantita l'integrazione, l'intercambiabilità e l'interoperabilità di tutte le differenti forniture. Il sistema di controllo, configurandosi come concentratore attraverso la struttura della rete, avrà un'architettura tipica indipendente dai sottosistemi scelti, riducendo la specificità del progetto alla sola impostazione delle mappe dati Modbus dei singoli sottosistemi.

3.5.2.1.2 Utilizzo della dorsale di rete per tutti i servizi TCP/IP

La dorsale di rete, descritta nel seguito, è una risorsa condivisa da tutti i sistemi, la cui funzione è suddivisa in tre servizi fondamentali:

- trasmissione dati
- trasmissione immagini
- telefonia VOIP

Pur viaggiando lungo lo stesso cavo, i tre servizi saranno sempre separati su fibre indipendenti, realizzando in questo modo altrettante reti indipendenti, secondo le architetture definite in seguito secondo la classe della galleria.

La condivisione della dorsale consente la razionalizzazione della quantità di cavi in fibra ottica e dei relativi percorsi. Ovviamente, ciascun servizio utilizzerà solo alcuni dei nodi di rete, mentre le fibre dei servizi non utilizzati nel nodo saranno richiuse con bretelle ottiche.

3.5.2.2 Tipologia delle apparecchiature di controllo e supervisione

Fra le numerose famiglie di prodotti e sistemi per l'automazione, sviluppate per rispondere a specifiche esigenze di settore e d'applicazione, le caratteristiche del controllo in galleria orientano la scelta verso le apparecchiature per l'automazione industriale della famiglia dei PLC e dei sistemi

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 120 di 221
---	---	-------------------------	-----------------

di supervisione SCADA. Le loro caratteristiche di robustezza, modularità, remotazione dei segnali, possibilità di intelligenza distribuita, soluzioni di ridondanza, semplicità di programmazione, flessibilità di protocolli e interfacce di rete, coprono in modo completo i requisiti del controllo in galleria.

3.5.2.3 Tipologia delle reti

Per tutte le reti, che diventano il canale di comunicazione necessario all'integrazione dei sistemi di galleria e, su larga scala, di collegamento al centro di controllo, lo standard IEEE 802.3 (Ethernet) e i servizi TCP/IP sono utilizzati estensivamente. Il protocollo Modbus TCP/IP è scelto per unificare tutte le interfacce fra elementi d'automazione e sottosistemi.

Le soluzioni di controllo industriale e di reti TCP/IP garantiscono velocità di elaborazione e di comunicazione con le periferiche remote, passive o intelligenti, più che adeguate alle esigenze della galleria. Si parla ormai di tempi di ciclo dei PLC nell'ordine delle decine di millisecondi, velocità di scansione delle periferiche nell'ordine dei 10-100Mb/sec e tempi di aggiornamento della supervisione SCADA inferiori a 2 secondi. Queste velocità sono più che adeguate ai processi di galleria, sia in regime normale che di emergenza, considerato che nessuno dei processi automatici è definibile come "time critical" e l'avviso all'operatore è soggetto a tempi di reazione umani di ordini di grandezza superiori. Benché queste tempistiche non sono critiche nella reattività globale del sistema, si precisa che devono comunque essere garantite in situazioni di emergenza ed in qualsiasi modo dev'essere evitato l'effetto valanga sulle comunicazioni.

Sono invece da escludere:

- le tecnologie di Building Automation, appoggiate su reti di comunicazione lente e non deterministiche (as. Lonwork, Bacnet etc.), e che non prevedono soluzioni ridondanti adeguate al livello di sicurezza richiesto in galleria;
- i sistemi DCS per il controllo di processo, che risultano sovradimensionati per i limitati requisiti di regolazione analogica e viceversa meno adatti alla gestione di molti segnali digitali e all'interfacciamento di sistemi eterogenei;
- le tecnologie della famiglia soft – PLC, che allocano i compiti di sorveglianza su piattaforme PC di affidabilità ridotta e con sistemi operativi con sequenza di esecuzione non determinabile;
- i sistemi SIL2 o 3, in cui l'incoerenza con il livello di sicurezza delle apparecchiature in capo rischia di introdurre rischi ulteriori anziché elevare il livello di sicurezza dell'impianto nell'insieme;
- le soluzioni centralizzate che richiedono oneri di cablaggio eccessivi.

3.5.2.4 Gradi di affidabilità e ridondanza

Il grado di affidabilità dei sistemi di controllo non deve essere soggetto ad alcuna limitazione tale da pregiudicare la sicurezza in galleria.

La classificazione delle gallerie di seguito riportata distingue le soluzioni in base al criterio del numero di guasti accettabile senza compromettere la sicurezza degli utenti:

- guasto possibile
- immunità al singolo guasto
- immunità a guasti multipli

Il livello di guasto accettabile definisce la soluzione di ridondanza da adottare nel progetto.

E' comunque imprescindibile il mantenimento delle condizioni di sicurezza nei bypass di accesso alle vie di fuga, che pertanto è sempre da affidare ad unità con intelligenza locale specifica, attive anche nel peggiore caso di isolamento dal resto del sistema di controllo e supervisione, indipendentemente dal livello di ridondanza adottato. L'intelligenza locale sarà a sua volta ridondata nelle gallerie in cui il luogo sicuro è soggetto a maggiore rischio di isolamento dal sistema di controllo e supervisione.

Il sistema galleria è composto da differenti funzionalità che apportano singolarmente un contributo di sicurezza elevato purché ci sia un alto livello d'integrazione. Per questo motivo è fondamentale mantenere costantemente il controllo sull'intera struttura e utilizzare la ridondanza funzionale come integrazione del complesso.

Pertanto si definisce la tabella seguente:

<u>FUNZIONI</u>	<u>GUASTO ACCETTATO</u>
Comunicazione dorsale	Immunità al singolo guasto
Comunicazione in galleria	Immunità al guasto multiplo
Automazione	Immunità al singolo guasto
Ventilazione	Guasto possibile
Illuminazione	Guasto possibile
Sos	Immunità al singolo guasto
Semafori	Immunità al singolo guasto
Pannelli a messaggio variabile	Guasto possibile
Rifuggi	Immunità al singolo guasto
Radio	Guasto possibile
Incendio	Immunità al singolo guasto
Videosorveglianza	Guasto possibile
Gruppo elettrogeno	Guasto possibile
Distribuzione elettrica	Guasto possibile
Sistemi UPS	Guasto possibile

3.5.2.5 Architettura dei sistemi e degli applicativi

Per la definizione degli strati funzionali del sistema di controllo e supervisione è utile rifarsi al modello "a livelli" consolidato nella letteratura delle tecnologie industriali.

livello	definizione	Descrizione	tecnologia
0	Campo	Rilevamento dello stato, misura di grandezze, esecuzione di comandi.	Strumenti e attuatori
1	Controllo & comando	Acquisizione di segnali e misure, esecuzione di logiche automatiche di controllo, comando degli attuatori.	PLC
2	Supervisione	Acquisizione dal PLC degli stati e dei segnali immagine del processo, gestione eventi ed allarmi, rappresentazione grafica, servizio a più utenti anche remoti, parametrizzazione.	HMI, PC industriali
3	Centro di	Gestione di scenari , acquisizione e	RDBMS, linguaggi

	controllo & gestione dati	storicizzazione di dati, processi di supporto decisionale, gestione documentale, manutenzione, servizi intranet.	SQL, interfacce ASP su PC, sistemi SCADA
4	Gestione aziendale	Gestione economica, gestione del personale, gestione finanziaria, gestione amministrativa e processi aziendali in genere.	ERP, centro di calcolo

I livelli 1, 2 e 3 sono il cuore della sicurezza e della gestione operativa. Il livello 4 è lo strumento di gestione dell'esercizio economico e delle risorse.

Nell'applicazione alle gallerie, la struttura a livelli è da interpretare secondo due categorie di infrastruttura, di seguito descritte.

3.5.2.5.1 Sistema di controllo e supervisione per galleria indipendente

Quando l'impianto di galleria è gestito in modo autonomo per la sua lunghezza, complessità o semplicemente giurisdizione dell'ente gestore, il sistema di supervisione e controllo della galleria prevede il livello 1, il livello 2 e alcune funzionalità del livello 3 limitate alla singola galleria. I vari livelli sono integrati in un'unica architettura d'automazione.

Sistema di Galleria (impianto autonomo)			
livello	definizione	Descrizione	Tecnologia
0	Campo	CO/OP/AN, SOS, PMV, ventilatori etc. Modalità di interfaccia verso livello 1: segnali digitali, segnali analogici, comunicazione seriale, bus di campo, servizi di rete TCP/IP	Strumenti e attuatori
1	Controllo & comando	PLC di controllo galleria, PLC luoghi sicuri etc.: logiche di regolazione e di emergenza. Comando attuatori, esecuzione ordini. Modalità di interfaccia verso livello 2: servizi di rete TCP/IP	PLC
2	Supervisione	Supervisore di galleria: dettaglio delle singole utenze e sistemi di galleria, impostazione di parametri etc. Modalità di interfaccia verso livello 2+/3: servizi OPC, servizi Windows	HMI, PC industriali
3	Centro di controllo & gestione dati	Statistiche di viabilità, registrazione eventi, parametri ambientali e di traffico, bilanci energetici etc. Gestione scenari di sicurezza e manutenzione. Modalità di interfaccia verso il livello 4: API, SOA	RDBMS, linguaggi SQL, interfacce ASP su PC ridondati e sistemi SCADA di mestiere.

Il livello 4 non è oggetto di questo documento, che ha come scopo la definizione dei requisiti d'architettura e funzionali ai fini della sicurezza. La gestione economica integrata degli impianti sarà tuttavia sempre di più importante nelle infrastrutture. Pertanto il livello 3 deve già prevedere l'apertura all'interfacciamento dei sistemi gestionali secondo le più recenti evoluzioni della IT (information technology), e in tutti i casi anche un'area dati tampone in file di export creati in caso di assenza di collegamento.

Le Application Programming Interface (API), sono insiemi di procedure disponibili al programmatore per costruire interfacce tra software a basso ed alto livello. Con la locuzione inglese di Service-Oriented Architecture (SOA), si indica invece un'architettura software atta a supportare l'uso di servizi Web per garantire l'interoperabilità tra diversi sistemi, così da consentire l'utilizzo delle singole applicazioni come componenti del processo di business e soddisfare le richieste degli utenti in modo integrato e trasparente.

3.5.2.5.2 Asse viario

Nell'asse viario si trovano diversi impianti di galleria, intervallati da strutture di accesso, come svincoli, aree di sosta di sosta, viadotti o semplici tratte in superficie. Le singole gallerie sono dotate di locali di supervisione, normalmente non presidiati ed utilizzati per la gestione in emergenza o per la manutenzione degli impianti, che implementano i livelli 1 e 2. La sala operativa del centro di controllo, eventualmente più di uno, gestisce l'intera tratta, con un livello di dettaglio del controllo di galleria inferiore a quello del supervisore locale, con funzionalità tipiche del livello 2 per quanto riguarda la supervisione della tratta e le funzionalità di livello 3 estese alla gestione dei dati e al coordinamento generale di asse viario. I supervisori locali devono comunque essere riportati al centro di controllo in modalità Client – server o web.

Nel caso di sistemi di galleria eterogenei per apparecchiature e metodi di programmazione, da un livello intermedio di normalizzazione e virtualizzazione dei supervisori di galleria, comunemente indicato con il termine “middle-ware”.

Il modello a livelli deve sempre essere adattato alla separazione fra supervisori di galleria e sistemi di gestione della tratta.

Sistema di Galleria (uno per impianto)			
livello	Definizione	Descrizione	Tecnologia
0	Campo	CO/OP/AN, SOS, PMV, ventilatori etc. Modalità di interfaccia verso livello 1: segnali digitali, segnali analogici, comunicazione seriale, bus di campo, servizi di rete TCP/IP	Strumenti e attuatori
1	Controllo & comando	PLC di controllo galleria, PLC luoghi sicuri, bypass, cabine di distribuzione, etc.: logiche di regolazione e di emergenza. Modalità di interfaccia verso livello 2: servizi di rete TCP/IP	PLC
2	Supervisione	Supervisore di galleria: dettaglio delle singole utenze e sistemi di galleria, scenari di emergenza automatici	HMI, PC industriale e mini SCADA

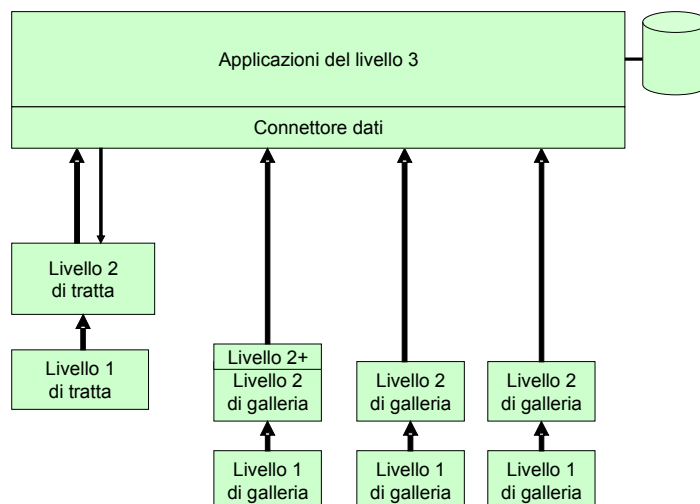
	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 124 di 221
--	---	-------------------	-----------------

		Modalità di interfaccia verso livello 2+/3: servizi OPC, servizi Windows	
2+	Strato di trasparenza (Middelware)	Normalizzazione struttura dati, conversione a protocollo comune Modalità di interfaccia verso livello 3: servizi TCP/IP	Applicazione specifica

L'introduzione del livello 2+ è specifica allo stato di singola galleria che deve poter mantenere un funzionamento indipendente.

Sistema di tratta			
livello	Definizione	Descrizione	Tecnologia
0	Campo	Utenze di superficie: pulsanti SOS, PMV etc. Modalità di interfaccia verso livello 1: segnali digitali, segnali analogici, comunicazione seriale, bus di campo, servizi di rete TCP/IP	Strumenti e attuatori
1	Controllo & comando	PLC di acquisizione segnali di superficie, PLC di piazzale etc. Modalità di interfaccia verso livello 2+: servizi di rete TCP/IP	PLC
2	Supervisione	Supervisore di tratta: situazione riassuntiva gallerie, utenze di superficie Modalità di interfaccia verso livello 3: servizi OPC, servizi Windows	Sistema SCADA
3	Centro di controllo & Gestione dati	Coordinamento impianti dell'asse viario, gestione eventi complessi di tratta, statistiche di viabilità dell'intero asse, registrazione eventi e parametri ambientali e di traffico, bilanci energetici etc. Modalità di interfaccia verso il livello 4: API, SOA	RDBMS, linguaggi SQL, interfacce ASP, sistema SCADA

I livelli 2 di galleria, eventualmente tutti o in parte normalizzati attraverso il livello di trasparenza 2+, e il livello 2 di tratta, saranno collegati al livello 3 tutti attraverso il medesimo protocollo. Il livello 3, specificatamente nella sua componente connettore dei dati acquisiti dai livelli 2, alimenta il livello 2 di tratta con i dati dei livelli 2 di galleria utili alla supervisione di tratta, come schematicamente illustrato nella figura seguente.



Quanto detto precedentemente in merito all'interfacciamento al livello 4 del sistema di singola galleria vale in uguale misura anche per il sistema di tratta.

3.5.3 Sistema di controllo e supervisione di galleria

Gli elementi tipici della supervisione di galleria sono:

- Rete dorsale di galleria
- Quadro PLC di cabina
- Quadri dei bypass/cunicoli di sicurezza
- Quadro di ventilazione centrale
- Supervisore di galleria
- Dispositivi comandati
 - Ventilatori
 - PMV
 - Semafori e cartelli luminosi
 - Illuminazione
 - Comunicazioni radio
- Segnali e misure
 - Misure ambientali CO/OP/NO/Anemometri
 - Stati e misure di distribuzione elettrica e servizi di cabina
- Sistemi interfacciati
 - Colonnine SOS
 - TVCC
 - Rilevamento incendio
 - Rilevamento traffico

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 126 di 221
---	---	-------------------------	-----------------

3.5.3.1 Rete dorsale di galleria

3.5.3.1.1 Importanza delle reti ai fini della sicurezza

Il requisito essenziale per la sicurezza in galleria è il mantenimento delle comunicazioni in qualsiasi condizione, soprattutto in caso di evento. La rete di galleria è pertanto l'elemento più critico del sistema, rientra pertanto nel concetto di ridondanza funzionale del sistema.

La rete raccoglie, infatti, tutti i parametri ambientali, di sorveglianza automatica e di chiamata che provengono da punti disseminati in tutta la sua estensione nella galleria, e in tutti i casi devono raggiungere il centro locale o remoto.

Data la natura degli eventi in galleria, che possono essere altamente distruttivi, specialmente quando scatenano focolai d'incendio, il guasto in un punto della rete di comunicazione è più che un'eventualità, e deve essere considerato come elemento ponderato di rischio.

L'eventuale contemporaneità di più eventi, e pertanto il requisito di immunità a più guasti, è da valutare in relazione alla natura della galleria e dei suoi fattori di rischio specifico.

3.5.3.1.2 Topologia della rete di comunicazione

La comunicazione più semplice è il bus che normalmente si estende come una connessione a pettine. Questa soluzione non è immune al guasto in quanto in caso di incidente che danneggi il cavo, i nodi a valle del punto di guasto restano isolati. Nel caso di bus in rame, la comunicazione potrebbe interrompersi su tutta la rete, per effetto della variazione delle impedenze caratteristiche, in origine garantite dai terminatori di compensazione di fine linea.

La configurazione ad anello realizzabile con un sistema rete, garantisce invece l'immunità al guasto singolo. In caso di interruzione di una tratta, le apparecchiature dei nodi sono in grado di isolare la tratta danneggiata o interrotta e di riconfigurare dinamicamente il percorso della comunicazione sulle tratte integre. In questo caso, nessun nodo risulterà isolato, a meno del suo stesso danneggiamento.

Ove il rischio di più guasti contemporanei raggiunga un livello non trascurabile, il progettista dovrà prevedere una rete a doppio anello, in cui la riconfigurazione delle tratte, combinata all'accoppiamento incrociato degli anelli, consente di mantenere attiva la comunicazione anche in caso di eventi multipli e indipendenti.

In tutti i casi, le apparecchiature di rete dovranno sempre fornire immediata segnalazione dello stato della rete e della condizione di funzionamento eventualmente degradata.

Le comunicazioni video, voce e dati saranno sempre separate su reti dedicate. La scelta progettuale dovrà pertanto essere replicata per i vari sottosistemi.

3.5.3.1.3 Realizzazione della rete di comunicazione

Nel caso di rete ad anello o doppio anello, il progettista dovrà sempre prevedere il passaggio dell'anello sugli opposti lati della galleria. Se la galleria è a doppio fornice, i passaggi saranno sempre a fornici opposti, avendo in questo modo massima garanzia che una parte dell'anello sia preservata dall'evento distruttivo.

Il mezzo trasmissivo preferito nel caso di bus, e nelle reti ad anello singolo o doppio, è la fibra ottica, che garantisce:

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 127 di 221
---	---	-------------------------	-----------------

- immunità alle interferenze elettromagnetiche (EM) di natura ambientale o dovute ai disturbi elettrici provenienti dai cavi di potenza o dalle apparecchiature elettriche in fase di commutazione;
- maggiore resistenza al fuoco;
- maggiore durata nel tempo;
- possibilità di realizzare molti canali di trasmissione in unico cavo, e di mantenere fibre di riserva per future implementazioni;
- maggiore resistenza del cavo agli agenti atmosferici.

La fibra sarà di tipo multimodale, 61.5/125.

Il cavo utilizzato deve garantire tutte le caratteristiche di isolamento all'umidità, resistenza alla tensione di posa, protezione meccanica antiroditore, resistenza alla fiamma e al calore, in accordo con le normative e i requisiti di ambientali della galleria.

La soluzione di posa, aerea o interrata, dovrà determinare le caratteristiche di resistenza al calore del cavo utilizzato.

3.5.3.1.4 Derivazioni in galleria

In galleria sono consentite derivazioni Ethernet punto a punto unicamente per il collegamento dei pannelli PVM e delle colonnine SOS.

I bus seriali del tipo “daisy-chain” sono accettati in galleria unicamente per il collegamento delle serrande della ventilazione centralizzata, che dovranno essere dotate di propria logica autonoma di messa in sicurezza nel caso di interruzione della comunicazione.

3.5.3.1.5 Derivazioni in cabina

All'interno della cabina sono consentite derivazioni Ethernet punto a punto e bus seriali per:

- Collegamento del PLC di controllo
- Collegamento delle periferie remote a bordo dei quadri MT, BT, ventilazione
- Collegamento di strumenti di misura delle grandezze elettriche nei quadri
- Collegamento delle protezioni elettroniche
- Collegamento di apparecchiature intelligenti come UPS, sistema regolazione luci, centraline dei gruppi elettrogeni laddove ci siano percorsi brevi all'interno degli stessi locali di allocazione quadri.

3.5.3.1.6 Protocolli di comunicazione utilizzati

Sulla dorsale Ethernet potrebbero convivere teoricamente molti protocolli TCP/IP differenti.

La sicurezza della comunicazione impone tuttavia di evitare qualunque rischio di incompatibilità fra protocolli e di consentire che tutti gli apparati possano eventualmente dialogare fra loro senza vincoli di protocollo. Pertanto, tutti i sistemi che comunicano sulla rete dovranno utilizzare il medesimo protocollo.

Il protocollo Modbus std è scelto come protocollo unico per i seguenti motivi:

- standard, aperto, non proprietario;
- facilmente programmabile su piattaforme generiche, perché non implementa in hardware / firmware alcuna parte del protocollo;

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 128 di 221
---	---	-------------------------	-----------------

- disponibile su diversi canali trasmissivi standard: seriale RS485, Ethernet TCP/IP, Wi-Fi e GPRS;
- convertibile da un mezzo trasmissivo all'altro tramite semplici convertitori;
- largamente collaudato;
- disponibile sulla maggior parte le apparecchiature di commercio;
- consente la crescita della rete e dei sistemi collegati ad essa in modo virtualmente illimitato.

3.5.3.1.7 Nodi di galleria

Il nodo di galleria è il punto di connessione alla rete di galleria. L'apparato caratterizzante del nodo è lo switch, dotato di interfaccia ottica all'anello e porte di collegamento dei dispositivi di automazione, quali PLC, isole I/O intelligenti o remote, sistemi Modbus TCP/IP ecc.

I nodi possono essere:

- in cabina di alimentazione principale
- in centrale di ventilazione
- nei quadri di bypass o di piazzola
- in prossimità di colonnine SOS o di PMV

Le apparecchiature caratteristiche del nodo di galleria sono:

- pannello ottico di intestazione delle fibre della rete
- switch per singolo o doppio anello e relativo alimentatore
- bretelle ottiche da pannello a switch
- bretelle UTP da switch ad apparecchiature di controllo

Le apparecchiature di nodo possono essere ospitate in un quadro di galleria, nel quadro del PLC in cabina, oppure essere installate in una cassetta ottica dedicata, posta in prossimità di apparecchiature collegate in derivazione dalla rete, come tipicamente le colonnine SOS e i PMV.

Al nodo di galleria fanno capo servizi dati, video e voce, serviti però da apparecchiature attive ben distinte e collegate a fibre separate, derivate preferibilmente dallo stesso cavo.

3.5.3.2 Quadro PLC di cabina

3.5.3.2.1 Caratteristiche generali del PLC

L'elevato grado di affidabilità richiesto nel controllo della galleria impone l'utilizzo di apparecchiature industriali della famiglia PLC, il cui MTBF (mean time between failures) è particolarmente elevato, anche in condizioni ambientali severe (minimo 50.000 ore).

Le caratteristiche principali del PLC sono:

- Elevata resistenza meccanica, dovuta all'assenza di parti in movimento (HD, driver o altro)
- Elevata immunità ai disturbi elettromagnetici
- Elevato valore di MTBF

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 129 di 221
---	---	-------------------------	-----------------

- Funzionamento a temperature estreme, come minimo comprese fra +0°C e + 60°C
- Modularità delle schede di interfaccia con il campo (I/O)
- Isolamento elettrico tra gli ingressi
- Possibilità di remotazione dei moduli d'interfaccia con il campo su reti veloci e sicure
- Vasta disponibilità di interfacce elettriche per segnali analogici e digitali
- Separazione di potenziale negli stadi di interfaccia con il campo
- Possibilità di ridondanza delle CPU o totale, inclusi I/O
- Possibilità di gestire eventi prioritari su interrupt
- Gestione di protocolli multipli
- Sistema operativo deterministico adatto alla gestione di segnali e comandi in tempi certi e garantiti
- Tempi di ciclo nell'ordine di qualche decina di millisecondi
- Memoria di programma e dati non volatile di elevata capacità
- Possibilità di collegamento in rete di più PLC con logiche locali indipendenti o interconnesse
- Elevato livello di diagnostica, a bordo (led di stato), su registri interni e su pagina WEB
- Linguaggio di programmazione standard (IEC 1131)
- Programmabilità a distanza e piattaforma software unica.

Il linguaggio di programmazione IEC1131 prevede 5 formalismi di scrittura del software, di cui tre grafici e due testuali:

Grafici:

- LD o KOP
- SFC
- FBD o FUP

Testuali:

- IL o AW
- ST

I formalismi rispondono alle specifiche dello standard e sono pertanto indipendenti dal costruttore del PLC. Questo garantisce che un manutentore con conoscenze del formalismo possa intervenire in modo sicuro e competente su apparecchiature differenti.

3.5.3.2.2 PLC di controllo della galleria e loro ridondanza

Le funzionalità del livello 1 sono sviluppate in linguaggio standard IEC1131 per PLC (Programmable Logic Controller).

Risiedono in questa parte degli applicativi tutte le logiche automatiche di gestione sia in condizioni normali che di emergenza.

Le basi di decisione delle logiche sono:

- dati e segnali acquisiti dai sottosistemi, ivi incluse le chiamate SOS
- i parametri impostati sul livello 2, che definiscono l'entità e la tempestività della risposta automatica

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 130 di 221
---	---	-------------------------	-----------------

- i comandi dell'operatore impartiti dal livello 2, o da particolari cassette di comando locale come quelle d'imbocco per la ventilazione, che attivano, disattivano o forzano i risultati elaborati

Le risposte sono trasferite ai sistemi attivi:

- ventilazione
- illuminazione
- segnalamento
- comunicazioni radio

Benché le logiche generali di galleria risiedano sul PLC centrale, i PLC dei bypass e di Piazzola sono autonomamente in grado di eseguire logiche locali, anche in caso di interruzione della comunicazione con il sistema di supervisione.

Il PLC si occupa di tutte le logiche di galleria, centralizzando tutti i segnali acquisti in cabina, nei by pass/cunicoli di sicurezza, in galleria e nella centrale di ventilazione.

Ove previsto ed in seguito descritto, il PLC di controllo è in configurazione di ridondanza funzionale, pertanto collocato in luoghi separati.

Unica eccezione nel caso di gallerie con cabina unica, la ridondanza cosiddetta "locale", sarà realizzata mediante due CPU collocate nell'unico quadro PLC di cabina previsto.

Nel caso di gallerie con doppia cabina, in ognuna di esse è collocato un quadro con un unico PLC. La ridondanza, cosiddetta "distante", è realizzata accoppiando i PLC delle due cabine, utilizzando lo stesso criterio di duplicazione della distribuzione elettrica. In questo modo un evento distruttivo in una cabina garantirà comunque il controllo della galleria a carico del PLC posto nella cabina opposta.

Durante la commutazione dalla CPU primaria a quella di riserva, nessun comando di galleria potrà essere interrotto.

I PLC in configurazione ridondante, sia locale che distante, non possono avere I/O a bordo. Infatti tutti gli I/O, anche nella stessa cabina, devono essere disponibili ad entrambi i PLC.

Lo switch del quadro deve prevedere porte sufficienti al collegamento del PLC, della o delle isole remote e di altre apparecchiature di cabina comunicanti in Modbus su TCP/IP, quali:

- UPS
- Centralina di regolazione dell'illuminazione
- Centralina di controllo del generatore
- Periferie remote I/O nei quadri di potenza
- Apparecchiature collegate in bus, quali protezioni elettroniche e strumenti di misura, interfacciate in Modbus TCP/IP tramite convertitori all'interno del quadro

La configurazione tipica del PLC, nelle tre possibili configurazioni, è la seguente:

- PLC non ridondato:
 - CPU con porta di rete Ethernet in protocollo Modbus TCP/IP
 - Alimentatore
 - I/O a bordo
- PLC in ridondanza locale:
 - 2 CPU con porta di rete Ethernet in protocollo Modbus TCP/IP
 - 2 Alimentatori
 - I/O su basi condivise dalle CPU ridondate
- PLC in ridondanza distante (ciascuno):
 - CPU con porta di rete Ethernet in protocollo Modbus TCP/IP

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 131 di 221
---	---	-------------------------	-----------------

- Alimentatore
- I/O su basi remote interfacciate in rete Modbus TCP/IP

Il PLC è installato in un quadro contenente anche le apparecchiature di nodo della rete:

- Pannello ottico
- Switch di collegamento alla rete
- bretelle ottiche da pannello a switch
- bretelle UTP da switch ad apparecchiature di controllo
- PC server SCADA rack 19"

3.5.3.3 Quadri dei bypass/cunicoli di sicurezza

I bypass sono aree particolarmente delicate. In essi sono previsti quadri autonomi per la distribuzione secondaria e per la logica di controllo delle utenze del locale, quali illuminazione, ventilazione, governo delle serrande taglia-fuoco. Queste logiche locali devono essere garantite anche in caso di completo isolamento dal resto del sistema.

Per lo svolgimento di questi compiti sono previsti PLC con I/O a bordo, interfacciati alla rete di galleria in Modbus TCP/IP. Questi PLC svolgono il ruolo di unità periferiche nei confronti del PLC centrale, ma anche di unità di controllo locale nei confronti delle logiche di sicurezza dell'area di rifugio e fuga. Tale configurazione garantisce che il locale gestito da questo PLC rimanga controllato, secondo le logiche di funzionamento previste, anche nel caso in cui la rete di galleria dovesse interrompersi e il PLC si trovasse dunque isolato dagli altri dispositivi.

Nei casi richiesti, il PLC di luogo sicuro deve essere completamente ridondato, inclusa la periferia I/O. La ridondanza è costituita, in pratica, da due PLC completi, collegati in rete su lati opposti dell'anello o su anelli accoppiati.

All'interno del luogo sicuro, deve sempre essere collocato un pannello operatore (HMI) di informazione, utilizzato anche per il comando delle utenze e la visualizzazione degli stati locali anche in caso di isolamento dal sistema di controllo centrale.

E' consentito che il PLC del quadro in galleria sia di famiglia e/o taglia differente dal PLC di controllo, purché utilizzi il medesimo strumento di programmazione e i programmi siano portabili e scalabili fra le diverse taglie e famiglie.

La configurazione tipica del PLC, nelle due possibili configurazioni, è la seguente:

- PLC non ridondato:
 - CPU con porta di rete Ethernet in protocollo Modbus TCP/IP
 - Alimentatore
 - I/O a bordo
 - Pannello operatore grafico con schermo tattile
 - Allacciamento alla rete
- PLC ridondato:
 - 2 CPU con porta di rete Ethernet in protocollo Modbus TCP/IP
 - 2 Alimentatori connessi su reti separate
 - Doppia periferia I/O con segnali e comandi duplicati
 - 2 Pannelli operatore grafici con schermo tattile
 - Allacciamento rete su lati opposti o anelli differenti in fibra ottica.

Il PLC è installato in un quadro contenente anche le apparecchiature di nodo della rete, che nel caso di ridondanza avrà apparecchiature duplicate:

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 132 di 221
---	---	-------------------------	-----------------

- Pannello ottico
- Switch di collegamento alla rete
- Bretelle ottiche da pannello a switch
- Bretelle UTP da switch ad apparecchiature di controllo

Le altre sezioni del quadro sono destinate al comando delle utenze elettriche e alla distribuzione delle linee di alimentazioni normali e privilegiate verso i sottosistemi del locale sicuro.

3.5.3.4 Centrale di ventilazione

Il funzionamento della ventilazione centrale deve essere garantito soprattutto in caso di emergenza, per consentire l'evacuazione dei fumi derivanti dall'incendio nella modalità stabilita dai diversi scenari d'emergenza. Per lo svolgimento di questi compiti, è previsto un PLC in ridondanza locale, interfacciato alla rete di galleria in Modbus TCP/IP. Questo PLC svolge il ruolo di unità periferica nei confronti del PLC centrale, ma anche di unità di controllo locale nei confronti delle logiche della centrale di ventilazione. Tale configurazione garantisce che i sistemi gestiti da questo PLC rimangano controllati secondo le logiche di funzionamento previste, anche nel caso in cui la rete Ethernet venga a mancare e il PLC si trovi dunque isolato dagli altri dispositivi.

Ogni canale di ventilazione è, a sua volta, un sistema complesso, costituito da:

- ventilatore
- variatore
- serrande
- sonde di sicurezza

Anche il canale di ventilazione deve godere di autonomia operativa, e per questo è gestito da un PLC dedicato, da cui deriva il bus di comunicazione con le serrande. Se la galleria è eccessivamente lunga, serviranno nodi intermedi, collegati fra loro in fibra ottica, da cui sono derivate tratte di collegamento di sottogruppi di serrande in configurazione multipunto.

Le serrande sono dotate di intelligenza a bordo, in grado di garantire il raggiungimento della posizione di sicurezza in caso di interruzione della comunicazione con il PLC del relativo canale di ventilazione.

I ventilatori sono comandati da variatori di velocità che garantiscono una rapida inversione del senso di rotazione e la regolazione della velocità dei ventilatori secondo le esigenze delle gallerie. I variatori di velocità saranno collegati in rete con protocollo Modbus TCP/IP, direttamente o per conversione da collegamento seriale Modbus RTU.

All'interno della centrale di ventilazione deve sempre essere collocato un pannello operatore di informazione dello stato dei sistemi, necessario al comando delle utenze e alla visualizzazione degli stati anche in caso di isolamento dal sistema di controllo centrale.

E' consentito che i PLC della centrale di ventilazione siano di famiglia e/o taglia differente dal PLC di controllo, purché utilizzino il medesimo strumento di programmazione ed i programmi siano portabili e scalabili fra le diverse taglie e famiglie.

Le unità logiche di controllo delle singole serrande possono invece essere di tipo differente purché sempre di natura industriale ed interfacciabili con il PLC.

La configurazione tipica del PLC della centrale è la seguente:

- PLC ridondato:
 - 2 CPU con porta di rete Ethernet in protocollo Modbus TCP/IP

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 134 di 221
---	---	-------------------------	-----------------

3.5.3.5 Dispositivi comandati

3.5.3.5.1 Ventilatori

L'avviamento dei ventilatori è comandato dalle apparecchiature poste nel quadro di cabina, secondo una delle tre seguenti soluzioni avviamento:

- Avviamento diretto con contattore elettromeccanico
- Avviamento progressivo tramite avviatore statico “soft starter”
- Avviamento a velocità variabile tramite “inverter”

Nelle gallerie a singolo fornice deve essere possibile invertire il senso di marcia dei ventilatori longitudinali nel minor tempo possibile. E' pertanto necessario che l'avviamento dei ventilatori sia comandato da variatori di velocità, sui quali possa essere impostata una rampa di frenata rapida e immediata inversione.

L'avviamento con inverter offre ulteriori benefici accessori, in particolare:

- Migliore utilizzo dei cicli di “diluizione” e “lavaggio” attraverso la velocità impostata anziché attraverso il numero dei ventilatori azionati
- Risparmio energetico al regime ottimale di ventilazione richiesto
- Fattore di potenza prossimo all'unità senza necessità di rifasamento
- Controllo meccanico ed elettrico del motore

Se il variatore di velocità è in esecuzione IP65, è consentita l'installazione in galleria, connesso in prossimità del motore con cavi adeguati. Questa modalità di installazione è preferita per la minore interferenza EMC con i sistemi di galleria, in particolare radio e GSM.

I variatori di velocità saranno collegati in rete con protocollo Modbus TCP/IP, direttamente o per conversione da collegamento seriale Modbus RTU.

Le logiche di comando della ventilazione devono prevedere almeno i seguenti cicli:

- diluizione: con attivazione temporizzata e spegnimento al raggiungimento della soglia minima di tutti i parametri ambientali, con tempo minimo di durata del ciclo
- lavaggio: con attivazione su soglia massima di almeno un parametro ambientale e spegnimento al raggiungimento della soglia di rientro
- test: partenza singola a rotazione dei singoli ventilatori, attivato periodicamente o su richiesta dell'operatore
- sequenza di prima emergenza

Si devono poter impostare tutti i parametri caratteristici dei cicli:

- intervallo di partenza del ciclo di diluizione
- durata minima del ciclo di diluizione
- soglia minima, soglia massima e soglia di rientro di ogni parametro ambientale
- periodicità del ciclo test
- durate del ciclo di test dei singoli ventilatori
- spinta equivalente per ogni ventilatore
- fasce multiorarie

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 135 di 221
---	---	-------------------------	-----------------

Si devono inoltre poter impostare cicli di prelavaggio ad orari stabiliti e periodi di inattività forzata, salvo raggiungimento della soglia massima, in modo da poter ottimizzare il consumo energetico in considerazione del costo delle differenti fasce orarie.

3.5.3.5.2 PMV, segnalazioni di agibilità corsie e segnali luminosi

Il PMV è l'insieme di più dispositivi di segnalazione, normalmente montati in traverse fissate alla volta della galleria o sostenute da piedistalli agli imbocchi.

Gli elementi tipici dei PMV sono:

- pannelli grafici (pittogrammi)
- pannelli di testo
- segnali di agibilità di corsia (freccia-croce)
- semafori lampeggianti (lanterne)

Il PMV è dotato di una memoria interna con l'elenco di pittogrammi e testi rappresentativi di situazione di pericolo, informazioni generiche e messaggi istituzionali.

Può inoltre essere impostato un testo libero per messaggi non convenzionali.

Il PMV può ricevere impostazioni da due origini differenti:

- il sistema di controllo della galleria, che attiva automaticamente specifiche segnalazioni ad alta priorità, legate ad eventi o scenari prestabiliti
- il sistema di supervisione che, su comando dell'operatore, attiva messaggi istituzionali o informativi a bassa priorità

Il PMV deve essere in grado di discriminare l'origine e/o la classe di priorità, in modo tale da pubblicare immediatamente i messaggi prioritari, in sovrascrittura di quelli non prioritari, e a garantire viceversa che i messaggi non prioritari non possano sovrascrivere o cancellare eventuali messaggi prioritari attivi.

L'annullamento di un messaggio prioritario deve sempre essere comandato dall'operatore attraverso una procedura di "reset".

La segnalazione delle lanterne è sempre attiva in caso di messaggi prioritari, e può essere attivata dal personale della sala operativa se il messaggio non prioritario consiste in una segnalazione di pericolo o di avviso di sicurezza.

Per svolgere le funzioni descritte, il PMV è dotato di proprie centraline elettroniche, che si interfacciano alla rete in protocollo Modbus TCP/IP. Se sono previsti segnali digitali cablati, in particolare per la gestione dei messaggi prioritari, questi saranno riportati su periferia I/O, con o senza CPU, comunicante in Modbus TCP/IP. Gli eventuali due o più canali, risultanti dalle linee di comunicazione con le unità elettroniche e dalla periferia I/O, saranno riportati a uno switch che consenta il collegamento alla rete con derivazione unica su rame e fibra ottica.

Segnali di agibilità delle corsie Il segnale, installato sulla verticale della corsia a cui si riferisce, indica con una freccia verde l'agibilità della corsia, e con una croce rossa la chiusura della corsia stessa.

Il segnale di non agibilità (croce) è sempre predominante rispetto al segnale di agibilità (freccia), indipendentemente dall'origine del comando. Il passaggio dal segnale croce al segnale freccia è sempre comandato dal personale della sala operativa tramite procedura di "reset".

Se è prevista la segnalazione doppio fronte, deve essere garantita la coerenza di comando sulle due a facce del PMV. Questo vale in modo particolare nei casi di galleria a doppio fornice, in cui la parte normalmente contraria al senso di marcia deve essere comandata nei casi di temporanea deviazione del traffico nel doppio senso di marcia. I segnali freccia-croce sono talvolta installati

sulla stessa struttura di supporto del PMV. In questo caso, il loro comando sarà integrato nella medesima interfaccia Modbus TCP/IP.

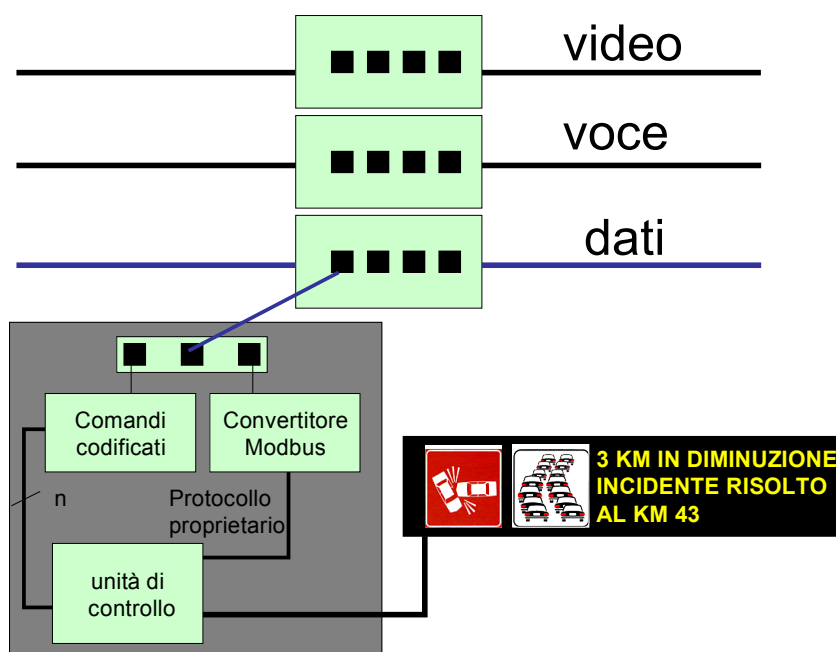
I **semafori** sono indicatori di agibilità alternativi alla segnalazione freccia croce, adatti a gallerie con due sole corsie. I semafori, collocati sui due lati della galleria, segnalano l'agibilità delle rispettive corsie.

Analogamente ai freccia-croce, anche i semafori possono essere comandati dal sistema di controllo della galleria oppure impostati dall'operatore.

Il segnale di non agibilità (luce rossa) è sempre predominante rispetto al segnale di agibilità (luce verde), indipendentemente dall'origine del comando. Il passaggio dalla luce rossa alla luce verde è sempre comandata dall'operatore tramite procedura di reset.

La luce gialla lampeggiante è utilizzata per segnalare condizioni che richiedono attenzione nella conduzione.

Se è prevista la segnalazione doppio fronte, deve essere garantita la coerenza di comando sulle due facce del semaforo. Questo vale in modo particolare nei casi di galleria a doppio fornice, in cui la parte normalmente contraria al senso di marcia deve essere comandata nei casi di temporanea deviazione del traffico nel doppio senso di marcia.



3.5.3.6 Segnali e misure

3.5.3.6.1 Misure ambientali CO/OP/NO e Anemometri

L'inquinamento in galleria è composto da particelle in sospensione, che ad alte concentrazioni riducono la visibilità, e gas tossici, in particolare monossido di carbonio e monossido di azoto. Gli strumenti preposti alle misure sono convenzionalmente definiti con le seguenti sigle:

- OP: sensore di concentrazione delle polveri sottili in sospensione (opacimetro)
- CO: sensore di concentrazione del monossido di carbonio

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 137 di 221
---	---	-------------------------	-----------------

- NO: sensore di concentrazione del monossido di azoto

Così come i valori misurati definiscono il livello attuale, la loro derivata nel tempo ne definisce l'andamento tendenziale. L'inerzia del fenomeno richiede l'intervento dell'opportuno ciclo di ventilazione prima che la concentrazione degli agenti inquinanti derivi verso livelli eccessivi.

I cicli di ventilazione sono perciò comandati dal sistema di controllo in base sia a valori di soglia che a valori di derivata.

Il progettista deve prevedere un numero di sensori ambientali adeguato alla lunghezza della galleria. Per gallerie superiori a 1000mt, il numero non potrà essere inferiore a 3 sensori per ogni tipo.

L'anemometro, generalmente indicato con la sigla AN, misura velocità e direzione del vento all'imbocco, con l'obiettivo di determinare la direzione, e possibilmente l'entità, della corrente naturale in galleria. La reale risultante è però condizionata da altre componenti, fra cui la direzione predominante del traffico, la pendenza della galleria, le caratteristiche morfologiche degli imbocchi. La misura dell'anemometro deve pertanto essere elaborata con algoritmi interpretativi che considerano tutti i fattori, al fine di determinare l'effettiva intensità e direzione della corrente naturale. Il progettista deve fornire un modello della galleria che consideri le variabili rilevanti. Il programma di controllo deve consentire, attraverso l'impostazione dei parametri che definiscono il peso dei differenti effetti, l'affinamento della risposta del sistema in base a prove eseguite in diverse condizioni reali.

Tutti i sensori ambientali e di velocità del vento trasmettono il valore delle misura su segnale analogico in corrente standardizzato 4-20mA. Tutti i sensori ambientali verranno connessi unicamente ad un plc locale con lo scopo di ridurre le incoerenze funzionali e il carico nelle comunicazioni. Nel caso dell'anemometro, oltre al valore di velocità, lo strumento trasmette la direzione del vento, come scala del segnale all'interno del quadrante N-E-S-W.

3.5.3.6.2 Segnali dei ventilatori in galleria

Il ventilatore, montato sulla verticale della carreggiata, può rappresentare un potenziale pericolo per la viabilità in caso di distacco. Per questo, i ventilatori sono dotati di trasduttori sismici per la misura delle vibrazioni secondo una qualsiasi direzione radiale, del tipo elettrodinamico (velocimetro), installati sulla cassa. Il livello delle vibrazioni, misurate dal trasduttore, evidenzia il grado di usura meccanica della macchina e ne manifesta l'eventuale progressivo degrado, in modo da poter intervenire prima che le vibrazioni possano comprometterne la stabilità. In caso di superamento del livello di vibrazioni massimo compatibile con il funzionamento sicuro della macchina, il ventilatore verrà fermato.

Un ulteriore sensore rileva l'eventuale distacco del ventilatore, la cui caduta è comunque evitata da un ancoraggio supplementare. Questa condizione estrema deve portare alla chiusura immediata delle corsie interessate o dell'intero fornice.

I segnali di sicurezza del ventilatore sono:

- misura del livello di vibrazione del ventilatore, trasmesso su canale analogico in corrente standardizzato 4-20mA;
- avviso di soglia massima di vibrazione raggiunta o superata, trasmesso su canale digitale;
- allarme di distacco, trasmesso su canale digitale.

I segnali di vibrazione e distacco sono raccolti direttamente in galleria, generalmente nei quadri dei luoghi sicuri, in cassette di raccolta indipendenti o nelle colonnine SOS, che in questo caso devono ospitare l'intera struttura di nodo per il collegamento all'interno dell'anello e non in

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 138 di 221
---	---	-------------------------	-----------------

derivazione, come altrimenti consentito. Inoltre, in questo caso, esse dovranno contenere una periferia I/O con CPU ed essere programmate per il trattamento dei segnali prima dell'invio al PLC di controllo.

3.5.3.6.3 *Stati e misure di distribuzione elettrica e servizi di cabina*

3.5.3.6.3.1 Requisiti minimi di controllo della distribuzione elettrica

Il sistema di controllo della galleria deve assicurare, attraverso opportuni algoritmi, le opportune commutazioni nei diversi scenari, garantendo sempre che le manovre degli interruttori siano eseguite secondo i criteri della sicurezza elettrica.

Il sistema di controllo fornisce inoltre lo stato di tutti gli interruttori, le principali misure elettriche, l'energia consumata, in caso di guasto, gli eventi di scatto e le letture delle protezioni intervenute.

Per ridurre i cablaggi in cabina, ogni quadro di distribuzione elettrica è autonomo nella raccolta di stati, misure e comandi, fornendo come unica interfaccia di controllo una porta di comunicazione Modbus TCP/IP.

Sono indicate di seguito le apparecchiature elettroniche tipiche dei diversi livelli di distribuzione elettrica:

- Quadro MT
 - o Protezioni elettroniche, in collegamento Modbus seriale o TCP/IP
 - o Periferia remota I/O con interfaccia Modbus TCP/IP
 - o Strumenti di misure, in collegamento Modbus seriale o TCP/IP
 - o Convertitori di protocollo Modbus seriale a TCP/IP, ove necessari
 - o Switch per collegamento unico al nodo di galleria
- Quadro BT di distribuzione principale (400V)
 - o Protezioni elettroniche, in collegamento Modbus seriale o TCP/IP
 - o Periferia remota I/O con interfaccia Modbus TCP/IP
 - o Strumenti di misure, in collegamento Modbus seriale o TCP/IP
 - o Convertitori di protocollo Modbus seriale a TCP/IP, ove necessari
 - o Switch per collegamento unico al nodo di galleria
- Quadro BT di ventilazione (690V)
 - o Softstarter o inverter, in collegamento Modbus seriale o TCP/IP
 - o Periferia remota I/O con interfaccia Modbus TCP/IP
 - o Strumenti di misure, in collegamento Modbus seriale o TCP/IP
 - o Convertitori di protocollo Modbus seriale a TCP/IP, ove necessari
 - o Switch per collegamento unico al nodo di galleria
- Quadro BT di ventilazione e distribuzione primaria (400V)
 - o Protezioni elettroniche, in collegamento Modbus seriale o TCP/IP
 - o Softstarter o inverter, in collegamento Modbus seriale o TCP/IP
 - o Periferia remota I/O con interfaccia Modbus TCP/IP
 - o Strumenti di misure, in collegamento Modbus seriale o TCP/IP
 - o Convertitori di protocollo Modbus seriale a TCP/IP, ove necessari

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 139 di 221
---	---	-------------------------	-----------------

- o Switch per collegamento unico al nodo di galleria
- Quadro BT di distribuzione secondaria (trifase 400V e monofase 220V)
- o Periferia remota I/O con interfaccia Modbus TCP/IP
- o Strumenti di misure, in collegamento Modbus seriale o TCP/IP
- o Convertitori di protocollo Modbus seriale a TCP/IP, ove necessari
- o Switch per collegamento unico al nodo di galleria
- Gruppo di continuità (UPS)
- o Unità elettronica comunicante in Modbus TCP/IP
- Gruppo elettrogeno
- o Unità elettronica comunicante in Modbus TCP/IP o periferia remota I/O con interfaccia Modbus TCP/IP
- Quadro regolazione luci
- o Unità elettronica di regolazione comunicante in Modbus TCP/IP
- o periferia remota I/O con interfaccia Modbus TCP/IP

3.5.3.7 Sistemi interfacciati

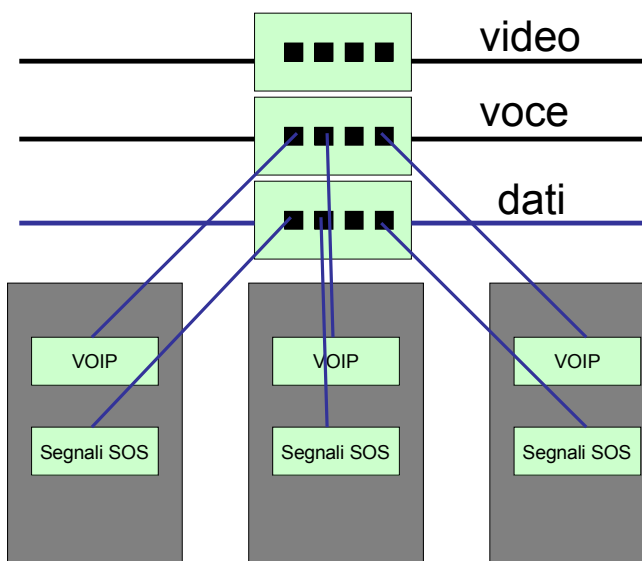
3.5.3.7.1 Colonnine SOS

Le colonnine SOS sono equipaggiate con periferie remote I/O per l'acquisizione dei contatti a bordo. Se necessario allo scopo della colonnina, per esempio per l'attivazione di segnalazioni luminose, i segnali possono essere gestiti da una logica locale.

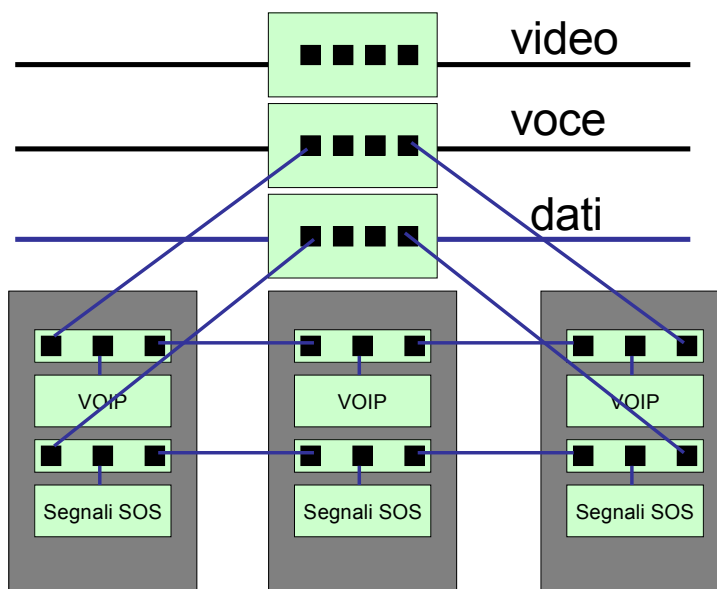
I segnali saranno disponibili via Modbus TCP/IP. La colonnina sarà collegata in derivazione dal nodo di galleria oppure in anello secondario.

La colonnina è collegata anche alla rete VOIP per la trasmissione fonica. Il collegamento VOIP seguirà le medesime modalità del collegamento dati, in derivazione o ad anello.

Secondo la distanza dal nodo, lo stacco potrà essere su rame (cavo UTP) o in fibra ottica (cavo 12 fibre multimodali 62.5/125). La colonnina dovrà offrire entrambi i collegamenti.



Collegamento SOS in derivazione



Collegamento SOS ad anello secondario

3.5.3.7.2 TVCC

Il sistema video è la più importante fonte di informazioni a largo spettro, che oggi vengono automaticamente elaborate da programmi di interpretazione automatica delle immagini che derivano dalla tecnologia della visione artificiale (analisi comportamentale).

I suoi elementi caratteristici sono:

- telecamere
- unità di elaborazione e codifica
- unità di registrazione
- unità di decodifica

Le telecamere possono essere di tre tipi:

- fisse, con segnale analogico, puntate sulla carreggiata, le cui immagini sono utilizzate per l'analisi comportamentale automatica; queste telecamere sono collegate alle unità di elaborazione e codifica

- fisse con segnale digitale, puntate sulle piazzole di sosta o sugli accessi ai luoghi sicuri; queste telecamere sono collegate direttamente alla rete per la trasmissione in formato compresso al centro di presidio

- brandeggianti con segnale digitale, utilizzate nei luoghi sicuri o agli imbocchi; queste telecamere sono collegate direttamente alla rete per la trasmissione in formato compresso al centro di presidio, da cui possono ricevere comandi di orientamento, zoom e messa a fuoco

Le unità di elaborazione e codifica concentrano i canali analogici provenienti da gruppi di telecamere fisse, tipicamente 4 o 8, per svolgere due servizi:

- generare allarmi di avviso legati agli eventi rilevati dall'analisi comportamentale, trasmessi via rete al sistema di controllo di galleria

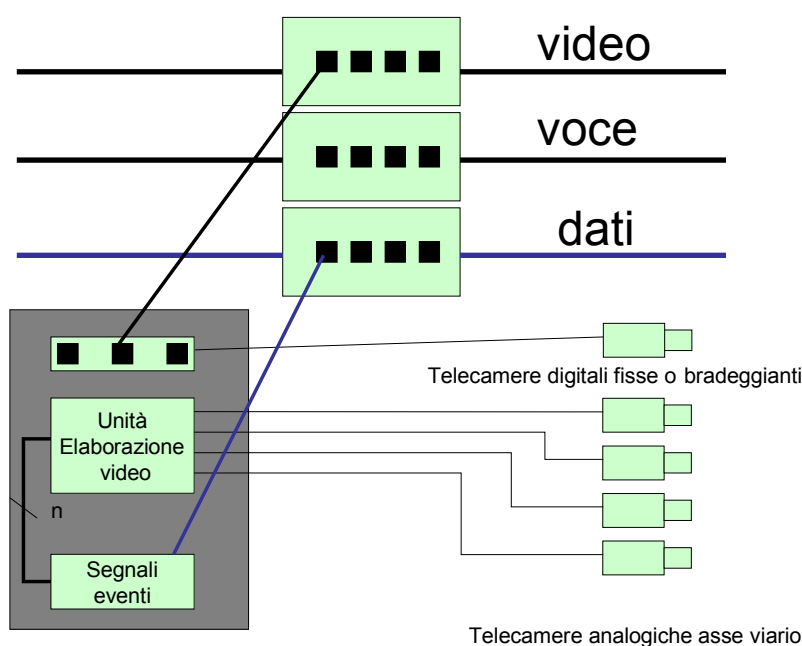
- creare canali digitali compressi verso la sala operativa.

Le unità di elaborazione dell'immagine sono posizionate nelle cabine o nei luoghi sicuri. Gli allarmi di evento sono trasmessi attraverso collegamenti digitali cablati su morsettiera remota I/O o direttamente sulla rete. In entrambi i casi, l'interfaccia verso il sistema di controllo è Modbus TCP/IP. Gli allarmi sono delle seguenti tipologie:

- traffico rallentato, con identificazione delle corsie
- veicolo fermo, con identificazione della corsia
- incidente
- fumo / fiamma
- ostacolo in attraversamento

I canali digitalizzati sono invece indirizzati alla rete video.

Come già detto, le reti video e dati sono separate, anche se fisicamente trasportate all'interno dello stesso cavo.

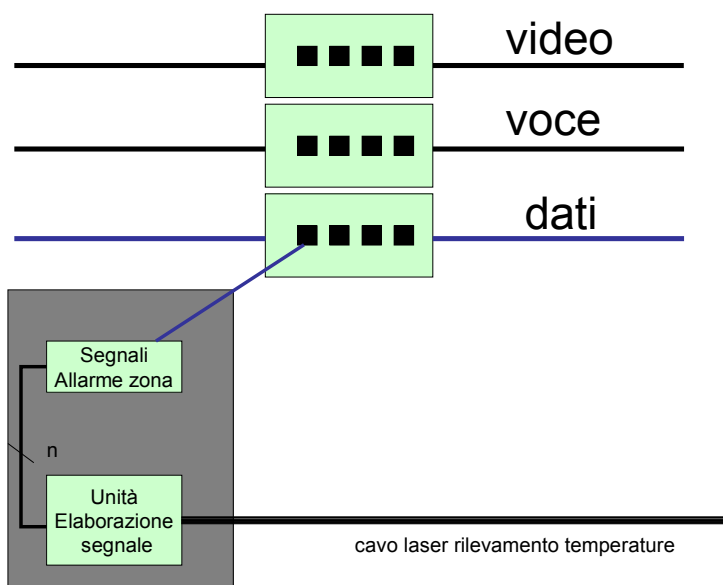


Le unità di registrazione acquisiscono i canali video digitali dalle unità di elaborazione o direttamente dalle telecamere digitali collegate in rete e le registrano secondo le regole di archiviazione impostate

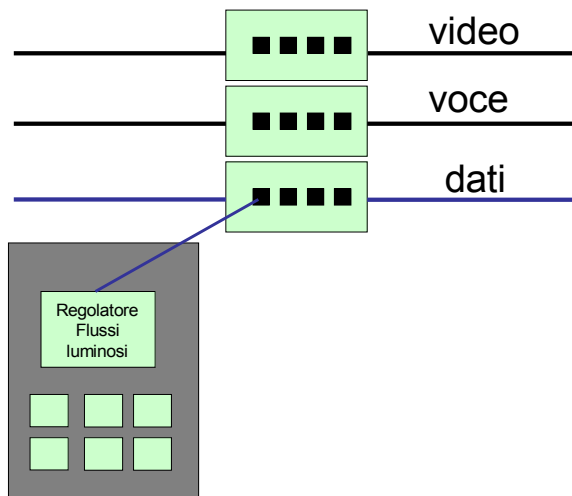
Le unità di decodifica generano canali video secondo gli standard VGA o PLA, per poter essere indirizzate su monitor di postazione o grande schermo (video wall). L'unità consente di creare sequenze e visualizzazioni a finestre multiple, sia per le immagini in tempo reale che per le immagini archiviate, secondo le impostazioni dell'utente.

Entrambe sono posizionate nella sala operativa e rappresentate su video dedicati o incrostate sul sistema di supervisione.

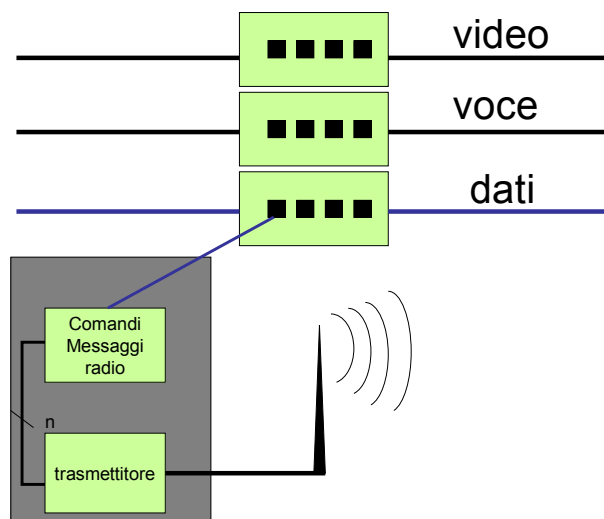
3.5.3.7.3 Rilevamento incendio



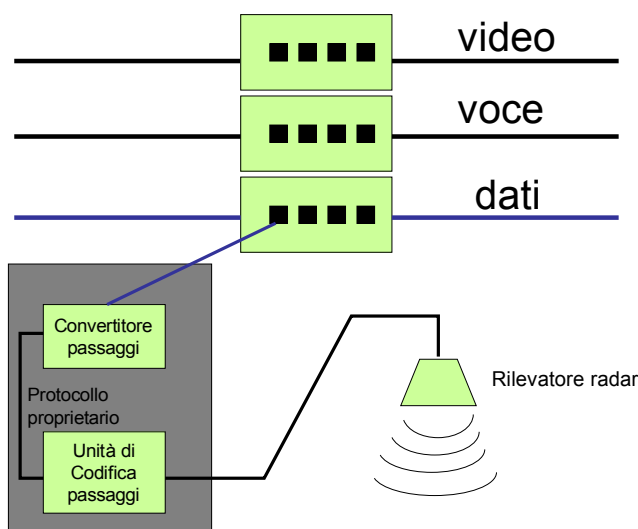
3.5.3.7.4 Illuminazione



3.5.3.7.5 Comunicazioni radio



3.5.3.7.6 Rilevamento traffico



3.5.3.7.7 *Supervisore di galleria*

Nel livello 2 risiedono tutti gli applicativi in grado di dialogare con l'operatore, per questo definite HMI (Human Machine Interface). Gli applicativi garantiscono pertanto interfaccia grafica intuitiva ed ergonomia, con l'utilizzo di icone grafiche, animate secondo lo stato, pulsanti di comando virtuali, messaggi sintetici di allarme.

Il livello di dettaglio dello SCADA di supervisione di galleria arriva a tutti i singoli segnali, valori e comandi, aggregati con la logica dell'oggetto elementare dei sottosistemi. Per ogni oggetto sono elaborati dati complessi, come contatori, trend, soglie massime / minime.

I sottosistemi rappresentano un oggetto di livello superiore.

La galleria nel suo insieme è l'oggetto di livello massimo nella rappresentazione dello SCADA di galleria.

L'hardware della supervisione è un PC, installato nel quadro PLC di cabina. Il PC è del tipo rack 19" per montaggio in quadro. Se le cabine sono due, analogamente al PLC, anche il PC di supervisione sarà ridondato nello stesso modo. Ogni cabina sarà pertanto un sistema PLC + PC indipendente e in ridondanza con la cabina opposta.

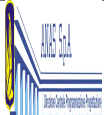
A fronte quadro deve essere montato un monitor di servizio di tipo touch screen, per le operazioni di emergenza o di manutenzione.

Se la galleria è autonoma, nella sala operativa saranno presenti una o più postazioni operative "client".

Nel caso del controllo di tratta, i vari server saranno in comunicazione con il centro, direttamente o attraverso lo strato di trasparenza (middleware), per lo scambio dati con il livello 3.

L'eventuale livello di trasparenza 2+ deve risiedere su PC separato rispetto a quello del livello 2.

Le applicazioni di livello 2 saranno accessibili da Client di centro di controllo per la visualizzazione delle pagine di dettaglio anche dalla sala operativa centrale.

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 145 di 221
--	---	-------------------------	-----------------

3.5.4 Sistema di controllo e supervisione di tratta

Il centro di controllo è il punto di raccolta di tutte le trasmissioni dagli impianti di galleria e dalle strutture di superficie dell'asse viario.

Le principali categorie di trasmissione riportate al centro di controllo sono:

- ☐ dati: dai supervisori di galleria e dalle utenze di superficie
- ☐ video: dalle unità TVCC di galleria e dalle telecamere in asse viario
- ☐ fonia: dalle colonnine SOS
- ☐ radio: dai sistemi UHF / GSM

Il centro di controllo prevede i seguenti componenti:

- ☐ rete di dorsale
- ☐ PLC di superficie
- ☐ Sala server
 - server di acquisizione ed elaborazione dati / immagini / fonia / radio
 - sistema di controllo delle fonti di continuità
 - UPS
 - Sistema di raffreddamento
- ☐ Sala operativa
 - rete centro di controllo
 - videowall
 - postazioni operatore

3.5.4.1 Rete di comunicazione

3.5.4.1.1 Importanza delle reti ai fini della sicurezza

Quanto detto a proposito della rete di galleria in termini di sicurezza delle comunicazioni è ovviamente del tutto valido anche per la rete di tratta.

In questo caso, l'interruzione delle rete non degrada il livello del controllo automatico nelle gallerie, ma fa venir meno la funzione di sorveglianza umana e conseguentemente le possibilità di intervento e di gestione degli eventi. Questo non è meno grave, anche se il controllo di galleria è in grado di mantenere, in modo autonomo, la corretta gestione delle condizioni di normalità, e di gestire le prime sequenze di messa in sicurezza in caso di incidente e/o incendio.

E' anche da notare che, a differenza delle gallerie, in cui, come detto, il guasto in un punto della rete di comunicazione è più che un'eventualità, il guasto sulla rete di tratta è molto meno probabile. Infatti, il cavo della rete di tratta corre protetto in tutto il suo sviluppo, ed in particolare nelle aree di galleria. Gli accoppiamenti fra la dorsale di tratta e le reti di galleria hanno luogo nelle cabine, che possiamo considerare aree protette.

3.5.4.1.2 Tipologia della rete di comunicazione

La rete di tratta sarà un doppio anello. La velocità di comunicazione sarà nell'ordine dei Gb/sec.

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 146 di 221
---	---	-------------------------	-----------------

Le apparecchiature di rete dovranno sempre fornire immediata segnalazione dello stato della rete e della condizione di funzionamento eventualmente degradata.

Le comunicazioni video, voce e dati saranno sempre separate su reti dedicate.

3.5.4.1.3 Realizzazione della rete di comunicazione

La rete di tratta dovrà essere posata in percorsi protetti in tutta la lunghezza, e specialmente in galleria.

Il mezzo trasmissivo è la fibra ottica, che, date le distanze, sarà di tipo monomodale 9/125. La lunghezza delle singole tratte determinerà le caratteristiche delle porte ottiche sui dispositivi dei nodi principali.

Il cavo utilizzato deve garantire tutte le caratteristiche di isolamento all'umidità, resistenza alla tensione di posa, protezione meccanica antiroditore, resistenza alla fiamma e al calore, in accordo con le normative e i requisiti ambientali in galleria e in superficie.

3.5.4.1.4 Derivazioni lungo l'asse viario

Lungo l'asse viario sono consentite derivazioni Ethernet punto a punto per il collegamento dei pannelli PVM, delle colonnine SOS e delle telecamere digitali.

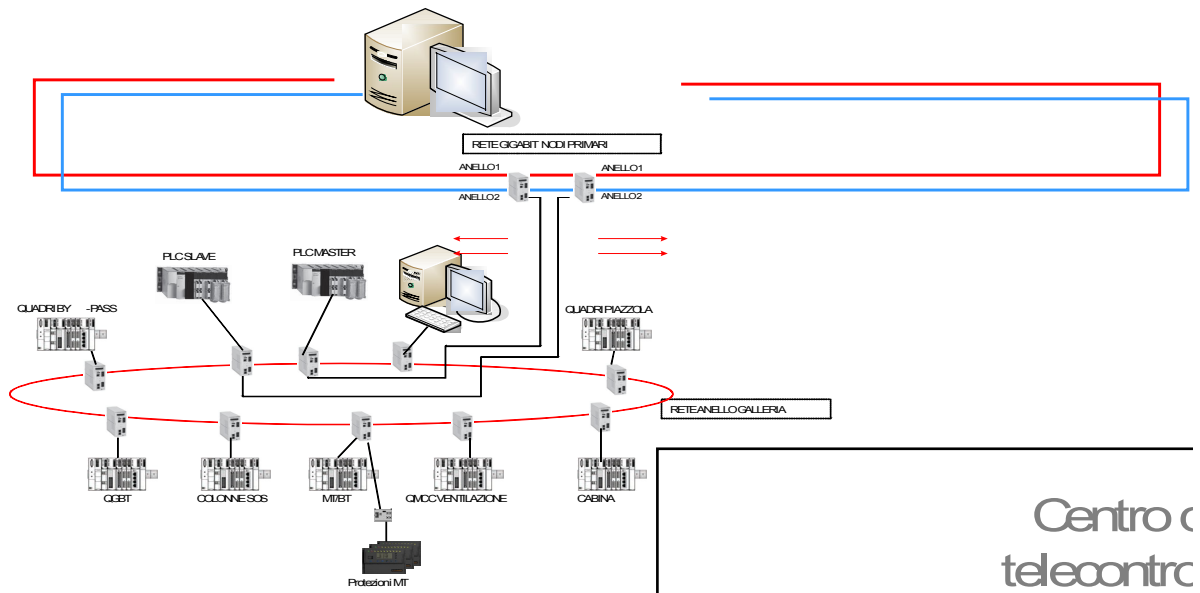
3.5.4.1.5 Protocolli di comunicazione utilizzati

Modbus TCP/IP o RTU in configurazione bus/seriale

3.5.4.1.6 Nodi di tratta

Il nodo di tratta è il punto di connessione alla rete di tratta. L'apparato caratterizzante del nodo è lo switch, dotato di interfaccia ottica all'anello e porte di collegamento dei dispositivi di automazione, quali PLC, isole I/O intelligenti o remote, sistemi Modbus TCP/IP ecc, ma in particolare per l'accoppiamento alle reti di galleria.

Le reti di tratta e di galleria sono accoppiate in modo diretto. In questo modo tutte le unità di automazione o i sottosistemi, collegati alla rete in protocollo Modbus TCP/IP, sono accessibili sia dalla sala operativa del centro di controllo, sia da strutture di assistenza remota, per diagnosi, impostazione, configurazione. Non è accettata l'interposizione di PLC o postazioni SCADA, che ridurrebbero la visibilità delle unità collegate alla rete alla sola immagine dei dati scambiati.



I nodi possono essere:

- in cabina principale di galleria
- in quadri di piazzale, svincolo, casello
- in prossimità di colonnine SOS o di PMV

Le apparecchiature caratteristiche del nodo di galleria sono:

- pannello ottico di intestazione delle fibre della rete
- switch per singolo o doppio anello e relativo alimentatore (uno per ogni rete dati, video, voce)
- bretelle ottiche da pannello a switch
- bretelle UTP da switch ad apparecchiature di controllo

Al nodo di galleria fanno capo servizi dati, video e voce, serviti però da apparecchiature attive ben distinte e collegate a fibre separate, ancorchè derivate dallo stesso cavo.

3.5.4.2 PLC di superficie

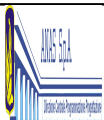
3.5.4.2.1 Caratteristiche generali del PLC

I PLC di superficie hanno le stesse caratteristiche dei PLC di galleria. Il linguaggio di programmazione è conforme allo standard IEC1131.

3.5.4.2.2 PLC di controllo di superficie e loro ridondanza

Le funzionalità del livello 1 di tratta sono:

- acquisizione dei dati di superficie

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 148 di 221
--	---	-------------------------	-----------------

- logica locale di controllo per aree con autonomia operativa:
 - o piazzali
 - o svincoli

I PLC di superficie devono essere sempre ridondati, in configurazione locale.

3.5.4.3 Sala server

Il requisito essenziale della sala server è il mantenimento dell'alimentazione e delle condizioni ambientali tali da garantire la continuità del servizio delle macchine server.

La fermata delle macchine server è infatti un evento catastrofico, non solo per l'interruzione del servizio di sorveglianza, monitoraggio e comunicazione, ma anche perché la fermata di una macchina senza opportuna procedura di shutdown può seriamente danneggiare dati, programmi e risorse, cosicché la ripartenza della macchina dopo un'interruzione improvvisa non è garantita.

La sala server deve essere equipaggiata con UPS di sufficiente potenza da garantire almeno 2 ore di funzionamento senza interruzioni di tutti i server e le postazioni operative.

I server devono essere refrigerati, preferibilmente con sistemi di ventilazione forzata sui singoli quadri per garantire la massima efficienza del sistema.

Il controllo delle condizioni ambientali (temperatura, allagamento, fumo) e delle disponibilità delle risorse di continuità (UPS, Generatore) è affidata ad uno specifico sistema.

3.5.4.4 Sala operativa

La sala operativa è il luogo di presidio, in cui vengono concentrate tutte le informazioni utili agli operatori di turno o delle unità di crisi.

La rete di comunicazione della sala operativa è un elemento di particolare importanza, che deve garantire non solo le connessioni richieste al momento della realizzazione dell'opera, ma anche la possibilità di espansione per implementazione di nuovi sistemi o nuove tecnologie, ovvero di nuove postazioni operatore. Per questo deve essere realizzato un sistema di cablaggio strutturato, che integra telefonia e servizi di rete (voce, dati, immagini), con distribuzione da pannello di commutazione in sala server.

3.5.4.5 Supervisore di tratta

La funzionalità dei programmi sviluppati per la supervisione della tratta sono suddivise fra gli applicativi di livello 2 (SCADA) e di livello 3 (Gestione DATI). Questi applicativi risiedono sui rispettivi server.

Le funzionalità del livello 2, "supervisione di tratta", sono sviluppate in un ambiente di configurazione SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), come per i supervisori di galleria.

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 149 di 221
---	---	-------------------------	-----------------

Oltre ai dati di superficie, convergono al livello 2 di tratta anche dati aggregati dei sistemi di livello 2 di galleria, che diventeranno parte della supervisione di tratta. Il livello di dettaglio al centro di controllo arriva al singolo sottosistema di galleria, di cui è controllato lo stato d'insieme, gli allarmi cumulativi, le misure di efficienza, e a cui impartire i macro comandi.

La tratta nel suo insieme è l'oggetto di livello massimo nella rappresentazione dello SCADA del centro di controllo.

Le funzionalità del livello 3, "gestione eventi", sono sviluppate in un ambiente di gestione dati RDBMS (Relational Data Base Management Systems), con linguaggio standard SQL per la gestione dei dati e programmi in linguaggio di alto livello (Java, C++) per i processi.

La struttura del livello 3 prevede:

- 1- il livello di scambio dati con i sistemi di galleria, basato sullo standard di comunicazione OPC
- 2- il livello di archiviazione dati in forma DB
- 3- il livello gestione dati
- 4- il livello di elaborazione dati (processi)
- 5- il livello di pubblicazione dati in tecnologia WEB

Le funzionalità principali a carico del sistema di livello 3 sono:

- 1- gestione degli eventi di tratta
- 2- storicizzazione dei dati
- 3- rapporti di esercizio
- 4- procedure e rapporti di manutenzione
- 5- statistiche d'esercizio (traffico, consumi energetici)
- 6- ricostruzione storica degli eventi

3.5.5 Classificazione delle gallerie ai fini dell'architettura di controllo

Si definiscono, di seguito, i requisiti minimi per l'architettura del sistema di controllo per le differenti classi di galleria.

Ai fini dell'architettura del sistema di controllo, la classificazione fa riferimento, in primo luogo, alla lunghezza. Altri parametri significativi, quali la pendenza, la larghezza delle corsie, la presenza di punti di immissione, possono portare il progettista a scegliere architetture indicate come requisito minimo di sicurezza per la classe superiore.

Le classi sono così identificate:

- Galleria tipo A: lunghezza inferiore ai 500 metri, purché priva di bypass e con cabina unica di distribuzione elettrica.
- Galleria tipo B: lunghezza compresa fra i 500 e 1000 metri, oppure inferiore ai 500 metri con bypass, oppure inferiore a 500 metri con due cabine.
- Galleria tipo C: lunghezza compresa fra i 1000 e 3000 metri a doppio fornice.
- Galleria tipo D: lunghezza superiore a 1000 metri a singolo fornice oppure con lunghezza superiore ai 3000 metri a doppio fornice.

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 150 di 221
---	---	-------------------------	-----------------

La centrale di ventilazione è elemento aggiuntivo rispetto all'equipaggiamento tipico della galleria della specifica classe, in generale applicato all'ultima classe.

Ai fini del tipo di avviamento dei ventilatori longitudinali “jet fan”, esistono solamente due classi, con la distinzione principale fra gallerie a singolo fornice, con variatori di velocità, e doppio fornice, con avviamento diretto o con avviatori statici “soft starter”. Oltre i 3000 mt di lunghezza, le gallerie saranno unificate sul modello del singolo fornice con avviamento a inverter.

3.5.5.1 Requisiti minimi per la galleria tipo A: lunghezza inferiore ai 500 metri, senza Bypass, cabina unica

La galleria è caratterizzata dai seguenti equipaggiamenti:

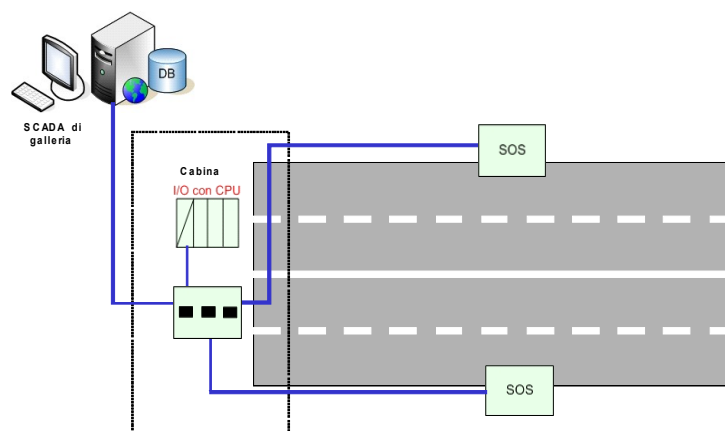
- Cabina elettrica
- Colonnine SOS
- Illuminazione
- Dispositivi di segnalamenti (eventuali)

In cabina viene installato un PLC di controllo principale, in configurazione non ridondata, e un server di supervisione. I segnali di cabina sono riportati alla periferia a bordo del PLC.

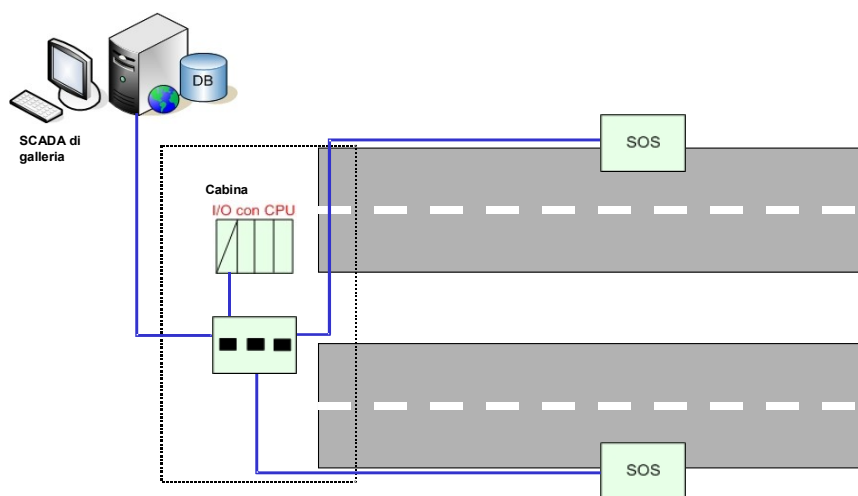
Il collegamento con le colonnine SOS è di tipo bus o collegamento Ethernet punto a punto. Di conseguenza il protocollo di comunicazione sarà Modbus 485 o Modbus TCP/IP.

Il mezzo fisico può essere rame o fibra ottica.

Classe A1: < 500 metri a singolo fornice



Classe A2: < 500 metri a doppio fornice



3.5.5.2 Requisiti minimi per la galleria tipo B: lunghezza compresa fra i 500 e 1000 metri, oppure inferiore ai 500 metri con bypass, oppure inferiore a 500 metri con due cabine

La galleria è caratterizzata dai seguenti equipaggiamenti:

- Due cabine elettriche
- Colonnine SOS
- Luoghi sicuri (bypass o vie di fuga)
- Illuminazione

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 152 di 221
---	---	-------------------------	-----------------

- Ventilazione
- Strumenti di misura ambientali e rilevamento traffico
- Sistema di rilevamento incendio
- Sistemi di segnalamento
- videosorveglianza

In ciascuna cabina è installato un PLC ed un server di supervisione. I due PLC e i due server sono in configurazione ridondata distante. La ridondanza distante garantisce il medesimo principio di ridondanza in locali separati che ispira il progetto della distribuzione elettrica.

La commutazione fra i PLC in caso di guasto non deve interrompere alcun comando né di cabina né di galleria. Durante la prova di commutazione si deve verificare, in particolare, che:

- non si verifichino sganci di interruttori in nessuna delle due cabine
- non ci sia interruzione di alcun servizio di galleria (illuminazione, ventilazione, segnalamento)

I segnali di cabina sono riportati su periferie remote collegate direttamente alla rete di galleria, in modo da poter essere gestite da entrambi i PLC in configurazione ridondata distante. Le periferie sono collocate preferibilmente nei rispettivi quadri di potenza che raccolgono i segnali di stato e di comando interni al quadro. In questo modo saranno ridotti i cablaggi in campo fra i quadri e il PLC centrale.

Le apparecchiature elettriche comunicanti (protezioni elettroniche, multimetri) saranno collegate in Modbus RTU all'interno del quadro, e riportate a Modbus TCP/IP su Ethernet tramite convertitore di protocollo.

Nei luoghi sicuri sarà installato un PLC con autonomia di esecuzione delle logiche che gestiscono il locale. Il PLC del luogo sicuro sarà in configurazione non ridondante, collegato alla dorsale di galleria. Nel luogo sicuro è sempre collocato un pannello operatore di interfaccia locale.

La dorsale di galleria è una rete ad anello in Fibra Ottica, con dispositivi intelligenti nei nodi in grado di riconfigurare la rete in caso di guasto in una tratta intermedia. Per nodi si intendono:

- PLC di cabina
- PLC di luogo sicuro

In considerazione delle limitate distanze fra i nodi, la fibra ottica sarà di tipo multimodale, 62.5/125.

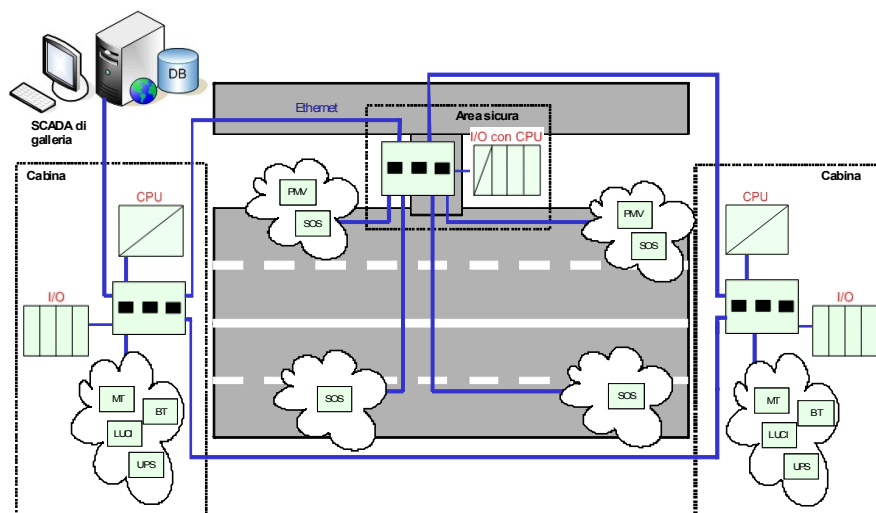
Il cavo in fibra ottica dovrà avere tutte le caratteristiche di resistenza meccanica agli urti e contro l'attacco dei roditori, con protezioni contro l'umidità.

Il protocollo di comunicazione sarà Modbus TCP/IP per tutte le apparecchiature del sistema di controllo (PLC, periferie I/O) e tutti i sottosistemi collegati.

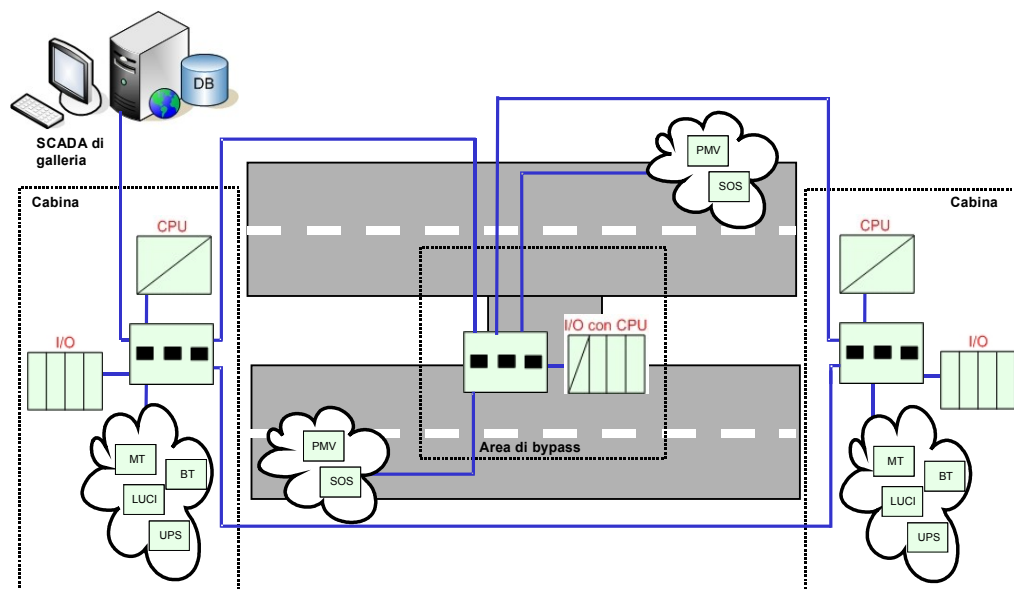
Il progettista potrà ottimizzare le opere di installazione per la fibra ottica utilizzando il medesimo cavo per tutti i servizi TCP/IP, avendo cura di mantenere separate le reti dati, voce e immagini attraverso opportuna gestione delle fibre nei punti stacco.

Le colonnine SOS e gli eventuali PMV saranno collegati al nodo più vicino, in protocollo Modbus TCP/IP. La distanza dal nodo determinerà la scelta del supporto fisico da impiegare: cavo UTP in ramo oppure Fibra Ottica.

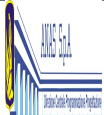
Classe B1: 500 metri < lunghezza < 1000 metri a singolo fornice



Classe B2: 500 metri < lunghezza < 1000 metri a doppio fornice



3.5.5.3 Requisiti minimi della galleria di tipo C: lunghezza compresa fra i 1000 e 3000 metri a doppio fornice

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 154 di 221
--	---	-------------------------	-----------------

La galleria è caratterizzata dai seguenti equipaggiamenti:

- Doppia cabina
- Colonnine SOS
- Luoghi sicuri (bypass)
- Illuminazione
- Ventilazione
- Strumenti di misura ambientali e rilevamento traffico
- Sistema di rilevamento incendio
- Sistemi di segnalamento
- videosorveglianza

In ciascuna cabina è installato un PLC ed un server di supervisione. I due PLC e i due server sono in configurazione ridondata distante. La ridondanza distante garantisce il medesimo principio di ridondanza in locali separati che ispira il progetto della distribuzione elettrica.

La commutazione fra i PLC in caso di guasto non deve interrompere alcun comando né di cabina né di galleria. Durante la prova di commutazione si deve verificare, in particolare, che:

- non si verifichino sganci di interruttori in nessuna delle due cabine
- non ci sia interruzione di alcun servizio di galleria (illuminazione, ventilazione, segnalamento)

I segnali di cabina sono riportati su periferie remote collegate direttamente alla rete di galleria in modo da poter essere gestite da entrambi i PLC in configurazione ridondata distante. Le periferie sono collocate preferibilmente nei rispettivi quadri di potenza che raccolgono i segnali di stato e di comando interni al quadro. In questo modo saranno ridotti i cablaggi in campo fra i quadri e il PLC centrale.

Le apparecchiature elettriche comunicanti (protezioni elettroniche, multimetri) saranno collegate in Modbus RTU all'interno del quadro, e riportate a Modbus TCP/IP su Ethernet tramite convertitore di protocollo.

Nei luoghi sicuri sarà installato un PLC con autonomia di esecuzione delle logiche che gestiscono il locale. In considerazione del maggior rischio criticità dovuto alla lunghezza della galleria, il PLC del luogo sicuro sarà in configurazione ridondante. I segnali e i comandi critici saranno a loro volta ridondati.

La dorsale di galleria è una rete ad anello in Fibra Ottica, con dispositivi intelligenti nei nodi in grado di riconfigurare la rete in caso di guasto in una tratta intermedia. Per nodi si intendono:

- PLC di cabina
- PLC di luogo sicuro
- PLC o periferia I/O in colonnina SOS

In considerazione delle limitate distanze fra i nodi, la fibra ottica sarà di tipo multimodale, 62.5/125 o 50/125.

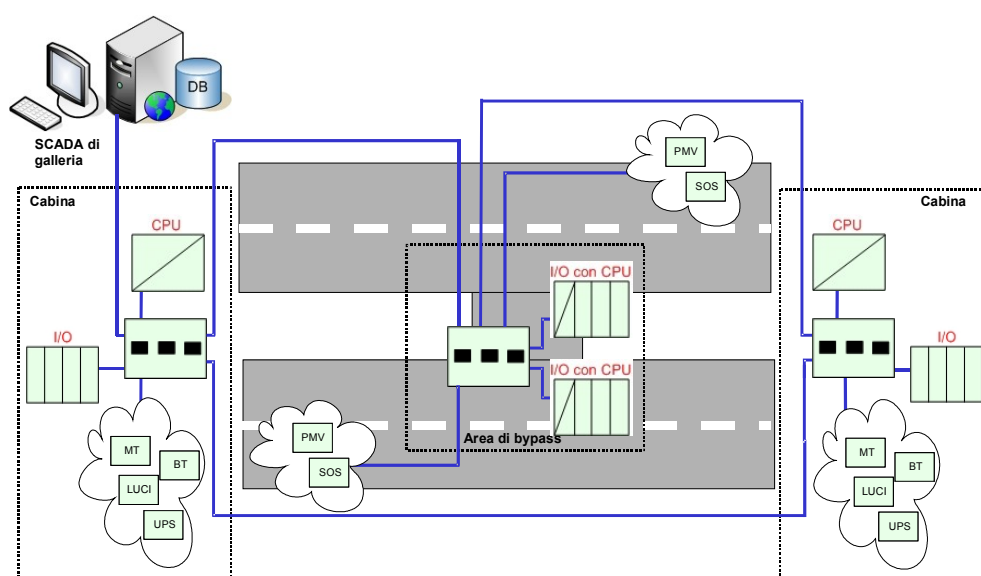
Il cavo in fibra ottica dovrà avere tutte le caratteristiche di resistenza meccanica agli urti e contro l'attacco dei roditori, con protezioni contro l'umidità.

Il protocollo di comunicazione sarà Modbus TCP/IP per tutte le apparecchiature del sistema di controllo (PLC, periferie I/O).

Il progettista potrà ottimizzare le opere di installazione per la fibra ottica utilizzando il medesimo cavo per tutti i servizi TCP/IP, avendo cura di mantenere separate le reti dati, voce e immagini attraverso opportuna gestione delle fibre nei punti stacco.

Le colonnine SOS e gli eventuali PMV saranno collegati al nodo più vicino, in protocollo Modbus TCP/IP. La distanza dal nodo determinerà la scelta del supporto fisico da impiegare: cavo UTP in ramo oppure Fibra Ottica.

Classe C: 1000 metri < lunghezza < 3000 metri a doppio fornice



3.5.5.4 Requisiti minimi per galleria tipo D: con lunghezza superiore a 1000 metri a singolo fornice (D1) oppure con lunghezza superiore ai 3000 metri a doppio fornice (D2)

La galleria è caratterizzata dai seguenti equipaggiamenti:

- Doppia cabina
- Colonnine SOS
- Luoghi sicuri (bypass o vie di fuga)
- Illuminazione
- Ventilazione
- Strumenti di misura ambientali e rilevamento traffico
- Sistema di rilevamento incendio
- Sistemi di segnalamento
- videosorveglianza

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 156 di 221
---	---	-------------------------	-----------------

In ciascuna cabina è installato un PLC ed un server di supervisione. I due PLC e i due server sono in configurazione ridondata distante. La ridondanza distante garantisce il medesimo principio di ridondanza in locali separati che ispira il progetto della distribuzione elettrica.

La commutazione fra i PLC in caso di guasto non deve interrompere alcun comando né di cabina né di galleria. Durante la prova di commutazione si deve verificare, in particolare, che:

- non si verifichino sganci di interruttori in nessuna delle due cabine
- non ci sia interruzione di alcun servizio di galleria (illuminazione, ventilazione, segnalamento)

I segnali di cabina sono riportati su periferie remote collegate direttamente alla rete di galleria in modo da poter essere gestite da entrambi i PLC in configurazione ridondata distante. Le periferie sono collocate preferibilmente nei rispettivi quadri di potenza che raccolgono i segnali di stato e di comando interni al quadro. In questo modo saranno ridotti i cablaggi in campo fra i quadri e il PLC centrale.

Le apparecchiature elettriche comunicanti (protezioni elettroniche, multimetri) saranno collegate in Modbus RTU all'interno del quadro, e riportate a Modbus TCP/IP su Ethernet tramite convertitore di protocollo.

Nei luoghi sicuri (bypass o vie di fuga) sarà installato un PLC con autonomia di esecuzione delle logiche che gestiscono il locale. In considerazione del maggior rischio criticità dovuto alla lunghezza della galleria, il PLC del luogo sicuro sarà in configurazione ridondante. I segnali e i comandi critici saranno a loro volta ridondati.

La dorsale di galleria è una rete a doppio anello in Fibra Ottica, con dispositivi intelligenti nei nodi in grado di riconfigurare la rete o accoppiare gli anelli in caso di guasto in una tratta intermedia. Per nodi si intendono:

- PLC di cabina
- PLC di luogo sicuro
- PLC o periferia I/O in colonnina SOS

In considerazione delle limitate distanze fra i nodi, la fibra ottica sarà di tipo multimodale, 62.5/125 o 50/125.

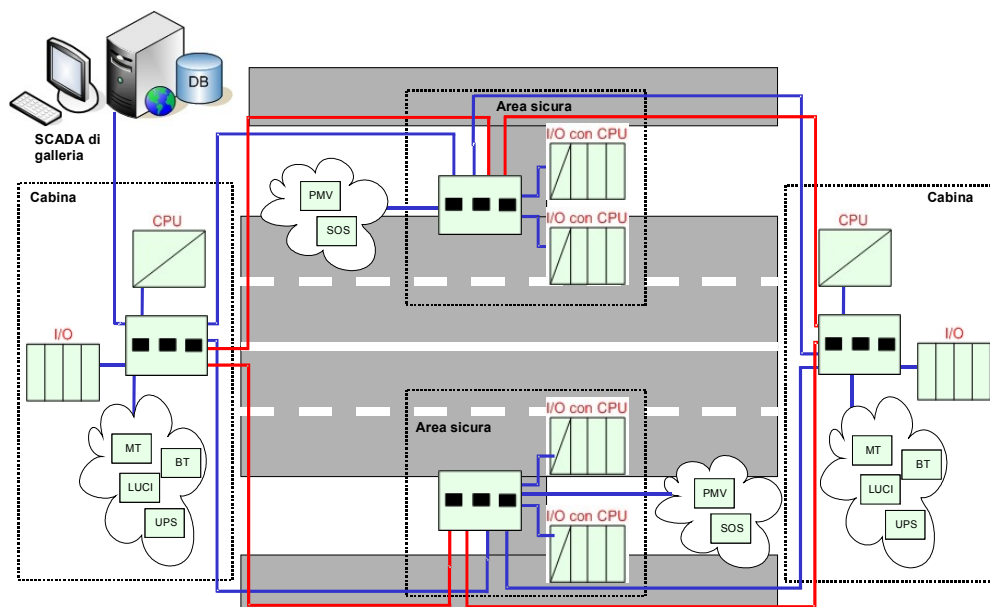
Il cavo in fibra ottica dovrà avere tutte le caratteristiche di resistenza meccanica agli urti e contro l'attacco dei roditori, con protezioni contro l'umidità.

Il protocollo di comunicazione sarà Modbus TCP/IP per tutte le apparecchiature del sistema di controllo (PLC, periferie I/O).

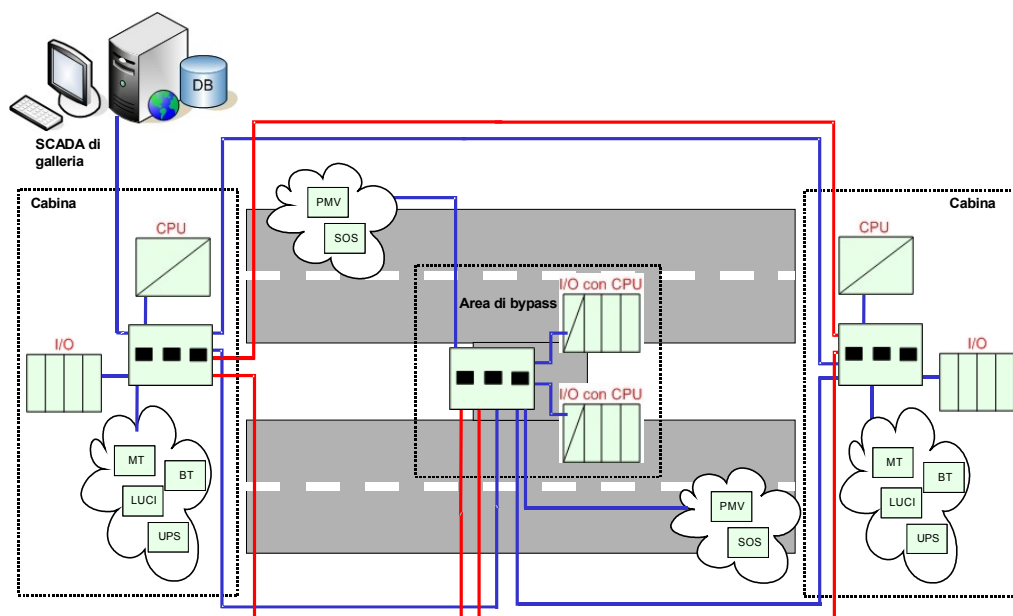
Il progettista potrà ottimizzare le opere di installazione per la fibra ottica utilizzando il medesimo cavo per tutti i servizi TCP/IP, avendo cura di mantenere separate le reti dati, voce e immagini attraverso opportuna gestione delle fibre nei punti stacco.

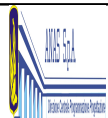
Le colonnine SOS e gli eventuali PMV saranno collegati al nodo più vicino, in protocollo Modbus TCP/IP. La distanza dal nodo determinerà la scelta del supporto fisico da impiegare: cavo UTP in ramo oppure Fibra Ottica.

**Classe D1: lunghezza > 1000 metri a singolo fornice
(1 o più corsie per senso di marcia)**



Classe D2: lunghezza > 3000 metri a doppio fornice



	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 158 di 221
--	---	-------------------------	-----------------

4 Standard ANAS Gallerie Esistenti

4.1 Premessa

Sia l'ANAS che le Concessionarie Autostradali hanno in gestione moltissime gallerie di costruzione variamente datata negli anni passati, realizzate secondo la tecnica progettuale e le conoscenze impiantistiche dell'epoca di costruzione. Ciò tuttavia non vuol dire che una galleria esistente debba offrire un livello di sicurezza inferiore ad una galleria di nuova realizzazione che abbia seguito tutte le regole per la progettazione delle misure di sicurezza.

Il Gestore delle gallerie esistenti deve programmare i lavori di adeguamento che realisticamente possono essere realizzati, sulla base delle caratteristiche strutturali di ogni singola galleria e con l'ausilio della metodologia di analisi di rischio probabilistica. Si dovrà comunque cercare di garantire il conseguimento dei medesimi obiettivi di sicurezza individuati dalla Direttiva:

- l'incolumità degli utenti;
- l'esodo in sicurezza degli utenti dalla struttura;
- l'intervento dei servizi di soccorso e spegnimento;
- il contenimento dei danni materiali.

4.2 Standard di progettazione

4.2.1 Misure strutturali

4.2.1.1 Numero di canne e di corsie

Sia il numero di canne che di corsie sono un dato di fatto per una galleria esistente. Tuttavia il Gestore, qualora le previsioni su 15 anni indichino un volume di traffico superiore a 10000 veicoli/giorno corsia, è tenuto a valutare la possibilità di realizzare la seconda canna nel caso di una galleria ad un solo fornice. Qualora difficoltà manifeste lo impedissero, dovrà prevedere misure alternative (limitazione del traffico, studio di itinerari alternativi, etc.).

4.2.1.2 Caratteristiche geometriche della struttura galleria

Nelle gallerie esistenti con pendenze longitudinali superiori al 3% devono essere adottate misure supplementari e/o rafforzate per aumentare la sicurezza sulla base dei risultati forniti dalla metodologia di analisi di rischio probabilistica.

Qualora la larghezza della corsia per veicoli lenti sia inferiore a 3,5 m e sia consentito il transito di veicoli pesanti, devono essere adottate misure supplementari e/o rafforzate per aumentare la sicurezza sulla base dei risultati forniti dalla metodologia di analisi di rischio probabilistica.

4.2.1.3 Banchine

Nelle gallerie esistenti bidirezionali o unidirezionali sprovviste di corsia di emergenza, il Gestore valuterà la fattibilità di arredare i margini della galleria con banchine pedonabili, preferibilmente costituite da marciapiedi, che gli utenti utilizzano in caso di guasto o incidente. Inoltre nelle gallerie esistenti corredate da barriere metalliche marginali, si valuterà la possibilità di rimuoverle e sostituirle con marciapiedi su ambo i lati nel caso di gallerie a fornice unico, oppure marciapiedi in destra ed elementi redirettivi in sinistra nel caso di gallerie a doppia canna.

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 159 di 221
---	---	-------------------------	-----------------

Nel caso di gallerie situate in aree urbane, qualora ne siano sprovviste, si valuterà la possibilità di realizzare, affiancato alla banchina in destra, un marciapiede di larghezza 1,50 m protetto da dispositivo di ritenuta invalicabile.

4.2.1.4 Uscite di emergenza

La presenza o meno di uscite di emergenza rappresenta un dato di fatto per una galleria esistente. Il Gestore valuterà la possibilità di programmare lavori di adeguamento che possono essere inquadrati in due principali obiettivi:

- Il completamento di uscite esistenti, bypass o gallerie finestra, chiudendole con porte REI, attrezzandole e pressurizzandole così come prescritto al capitolo 3.
- La realizzazione di nuove uscite di emergenza in caso di gallerie lunghe, qualora i risultati forniti dalla metodologia di analisi di rischio probabilistica ne evidenzino la necessità, purché il costo di costruzione non rappresenti un onere proibitivo e/o non arrechi inaccettabili disturbi alla circolazione stradale.

Nel caso di costruzione di nuove uscite di emergenza e/o vie di fuga dovranno essere seguite tutte le prescrizioni di cui ai pertinenti paragrafi del capitolo 3. In particolar modo, nel caso di gallerie a singolo fornice, dovrà essere effettuata una attenta scelta della tipologia di via di fuga, se porla al di sotto della galleria, in un cunicolo sospeso alla calotta oppure parallela al fornice principale, compatibilmente con le dimensioni della galleria, il sistema di ventilazione e le condizioni geomeccaniche dell'ammasso da attraversare.

Qualora in una galleria esistente siano presenti rifugi, non collegati a vie di fuga verso l'esterno, gli stessi dovranno essere chiusi in modo definitivo, o trasformati in magazzini a servizio della manutenzione.

4.2.1.5 Piazzole di sosta

La presenza o meno di piazzole di sosta rappresenta un dato di fatto per una galleria esistente. Nelle gallerie esistenti di lunghezza superiore a 1000 m il Gestore dovrà valutare la possibilità di realizzare nuove piazzole, qualora i risultati forniti dalla metodologia di analisi di rischio probabilistica ne evidenzino la necessità, purché il costo di costruzione non rappresenti un onere proibitivo e/o non arrechi inaccettabili disturbi alla circolazione stradale.

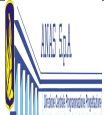
Nel caso di costruzione di nuove piazzole di sosta dovranno essere osservate le prescrizioni di cui ai pertinenti paragrafi del capitolo 3.

Se le caratteristiche di costruzione della galleria non lo consentono o lo consentono solo ad un costo sproporzionato, non è obbligatorio prevedere le piazzole di sosta se la larghezza totale della parte di galleria accessibile ai veicoli, escluse le corsie normali, è pari almeno alla larghezza di una corsia normale.

4.2.1.6 Sistema di drenaggio

Nelle gallerie esistenti deve essere previsto un sistema di drenaggio della piattaforma atto a garantire la rapida intercettazione e l'allontanamento dei liquidi defluenti in carreggiata, siano essi oli e liquidi infiammabili originati da sversamenti accidentali, reflui dei lavaggi, reflui dell'impianto antincendio, acque di percolazioni o infiltrazione, nonché acque meteoriche in prossimità degli imbocchi.

Ove sia autorizzato il trasporto di merci pericolose, nelle gallerie che ne siano sprovviste, andrà progettato un sistema di drenaggio tale da impedire la propagazione degli incendi nonché per

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 160 di 221
--	---	-------------------------	-----------------

intercettare rapidamente i liquidi infiammabili e tossici sversati sulla piattaforma stradale, riducendone la propagazione all'interno della canna ed impedendone il trasferimento ad altre canne. Il sistema dovrà comprendere l'installazione di caditoie dotate di dispositivi atti ad evitare la propagazione della fiamma e vasche di intercettazione e accumulo dei liquidi raccolti, eventualmente corredate da sistemi di controllo e monitoraggio dei livelli.

La necessità di realizzazione di tali sistemi, in relazione al rapporto tra i costi ed i benefici di sicurezza attesi, potrà essere valutata in base ai risultati forniti dalla metodologia di analisi di rischio probabilistica.

4.2.2 Misure impiantistiche

Nelle gallerie esistenti di lunghezza superiore a 500m, in caso di adeguamento degli impianti di illuminazione, ventilazione, comunicazione e di sicurezza, andranno osservate le stesse prescrizioni di cui al capitolo 3. come se si trattasse di una nuova galleria.

Nelle gallerie esistenti di lunghezza inferiore dovrà essere previsto, tranne in condizioni particolari da analizzare singolarmente, il solo impianto di illuminazione, dimensionato in osservanza al D.M. 14/09/2005 che ha recepito la norma UNI 11095.

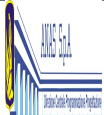
	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 161 di 221
---	---	-------------------------	-----------------

Riferimenti bibliografici

- [1] PIARC, Fire and Smoke Control in Road Tunnels, 1999
- [2] Commissione Basile – Dossier ANAS sull’Incidente del Traforo del Monte Bianco – Allegato Tecnico a cura del GRF-DENER-C-Politecnico di Torino, Agosto, 1999
- [3] HSE Reducing Risks, Protecting People Decision Making Process, 2001
- [4] OECD-PIARC 2001 Transport of Dangerous Goods Through Road Tunnels
- [5] Alessandro Focaracci, Nuovi orientamenti in tema di costruzioni di gallerie stradali e ferroviarie convegno SIG, SAIE Bologna 13 ottobre 2004
- [6] Antonio Valente, Luigi Carrarini, Alessandro Micheli, Francesco Bezzi, Progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali, INTERtunnel 2006, convegno SIG , Torino - Lingotto 17 Maggio 2006.
- [7] Alessandro Focaracci, Progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali e ferroviarie, INTERtunnel 2006, convegno SIG , Torino - Lingotto 17 Maggio 2006.
- [8] Alessandro Focaracci, relazione del Presidente del Comitato C.3.3 sulla gestione delle gallerie stradali, XXV Congresso Nazionale Stradale AIPCR Napoli 4-7 ottobre 2006
- [9] Alessandro Focaracci, Progettare la Sicurezza Italian Risk Analysis Method Le strade aprile 2007.

Riferimenti normativi

- 1] IEC, International Standard 60300 –3 – 9, Risk Analysis of technological systems, Geneve, 1995
- [2] ISO 13387 Fire Safety Engineering Parts 1-8, 1999
- [3] SEVESO Direttive ed Emendamenti, 1982, 1996,2003
- [4] Legge n.226 13/07/1999 conversione in Legge, con modificazioni, del Decreto Legge 13/05/1999 n. 132, recante interventi urgenti in materia di protezione civile.
- [5] Circolare ANAS 7735 del 8/9/1999 Direttive per la sicurezza della circolazione nelle gallerie stradali
- [6] Circolare Ministeriale n. 7938 del 6/12/1999 sicurezza della circolazione nelle gallerie stradali con particolare riferimento ai veicoli che trasportano materiali pericolosi
- [7] Decreto Ministeriale 5/6/2001 Sicurezza nelle gallerie stradali
- [8] Decreto Ministeriale 5/11/2001 Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade
- [9] NFPA 551 Evaluation of Fire Risk Assessments, 2004
- [10] NFPA 502 Standard for Road Tunnels, Bridges and other limited access highways, 2004
- [11] Direttiva Europea 2004/54/CE, relativa ai requisiti minimi di sicurezza per le gallerie della rete stradale transeuropea
- [12] Circolare ANAS n. 33/2005 Sagome interne e principali dotazioni infrastrutturali delle gallerie stradali
- [13] Decreto Ministeriale 14/9/2005 Norme di illuminazione delle gallerie stradali
- [14] Decreto Interministeriale 28/10/2005 Sicurezza nelle Gallerie Ferroviarie G.U. n.83 8/4/2006-Supplemento ordinario n. 89
- [15] Voto V sez. del C.S.L.L.P.P. del 29/9/2005 Linee guida per la progettazione della sicurezza nelle gallerie stradali, redatte dall’ANAS. Misure strutturali ed impiantistiche.

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 162 di 221
--	---	-------------------------	-----------------

[16] Adunanza V sez. del C.S.L.L.P.P. del 15/12/2005. Linee guida per la progettazione della sicurezza nelle gallerie stradali, reeeditate dall'ANAS. Analisi dei rischi.

[17] D. Lgs n 264 Ottobre 2006 Attuazione della Direttiva 2004/54/CE relativa ai requisiti di sicurezza per le gallerie della rete stradale transeuropea.

[18] D.M. 14 gennaio 2008 – Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni

Allegato 1 “Figure esemplificative”

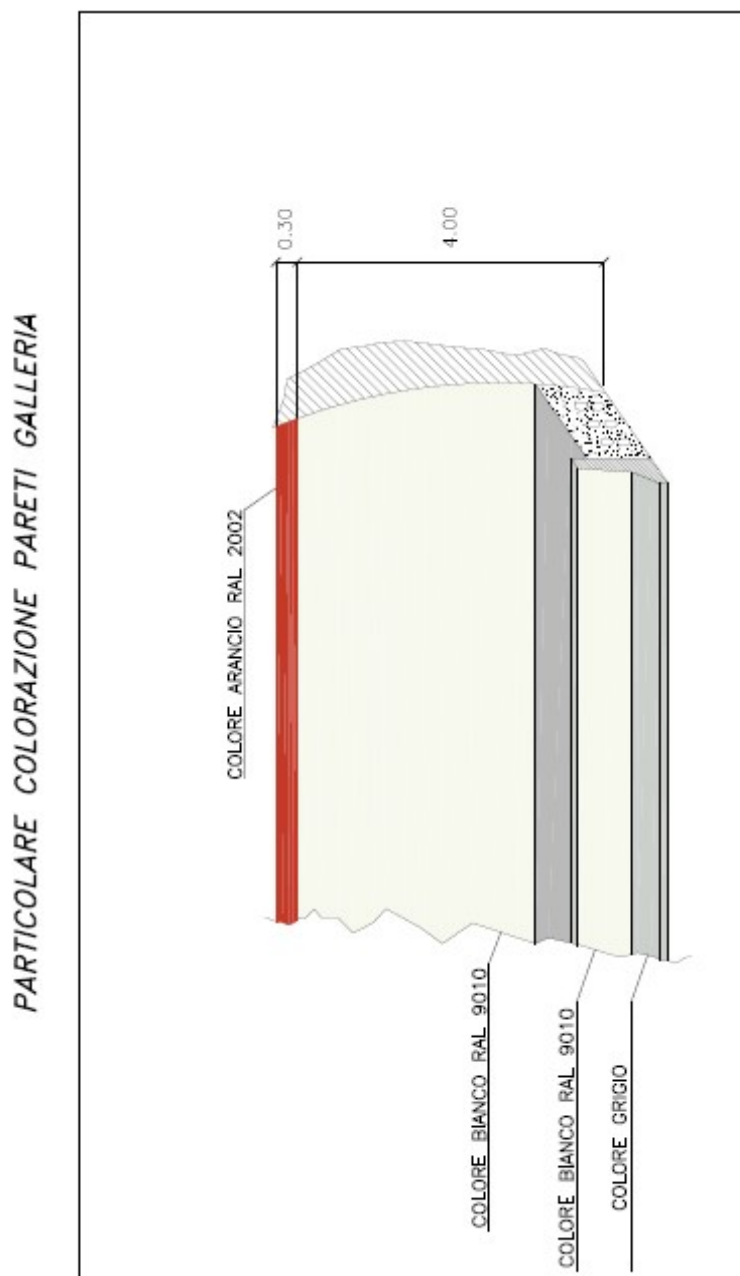
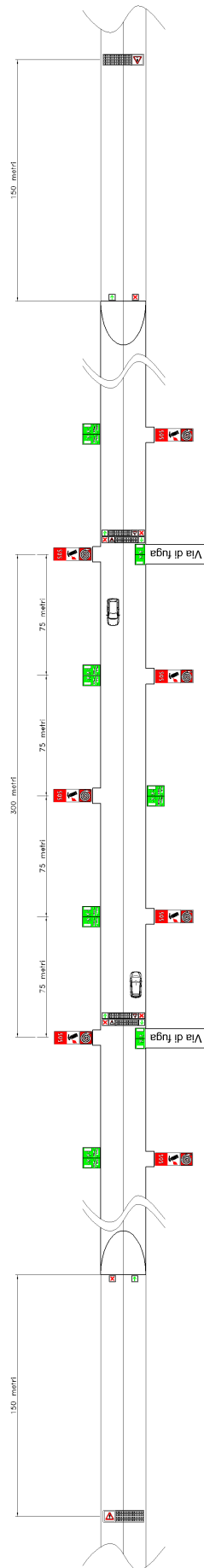


Fig. 1

LAY-OUT SEGNALETICA LUMINOSA
GALLERIA BIDIREZIONALE 1° TIPO



LAY-OUT SEGNALETICA LUMINOSA
GALLERIA BIDIREZIONALE 2° TIPO

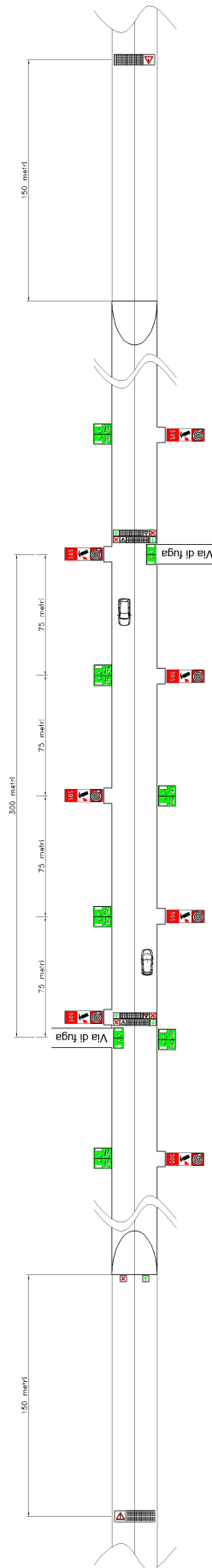


Fig 2

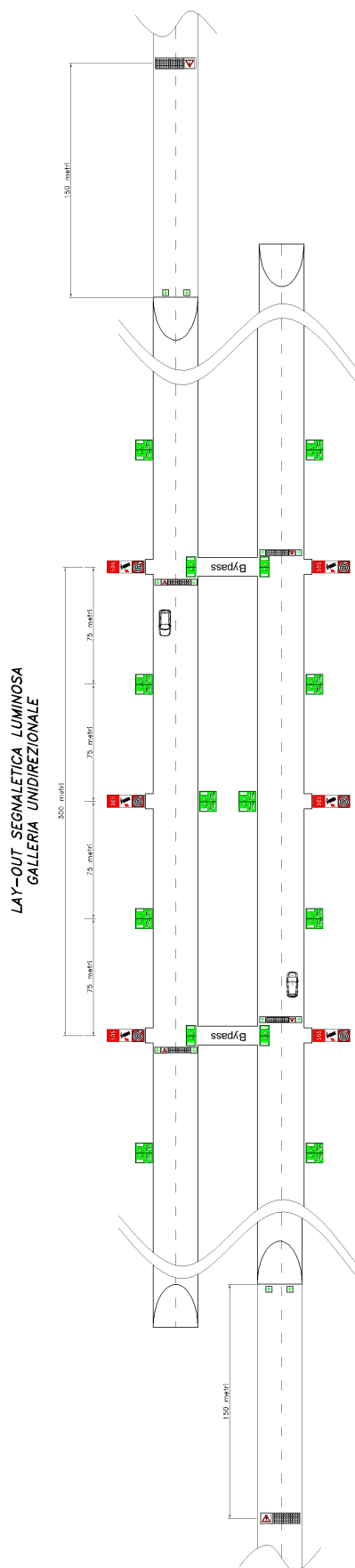


Fig 3

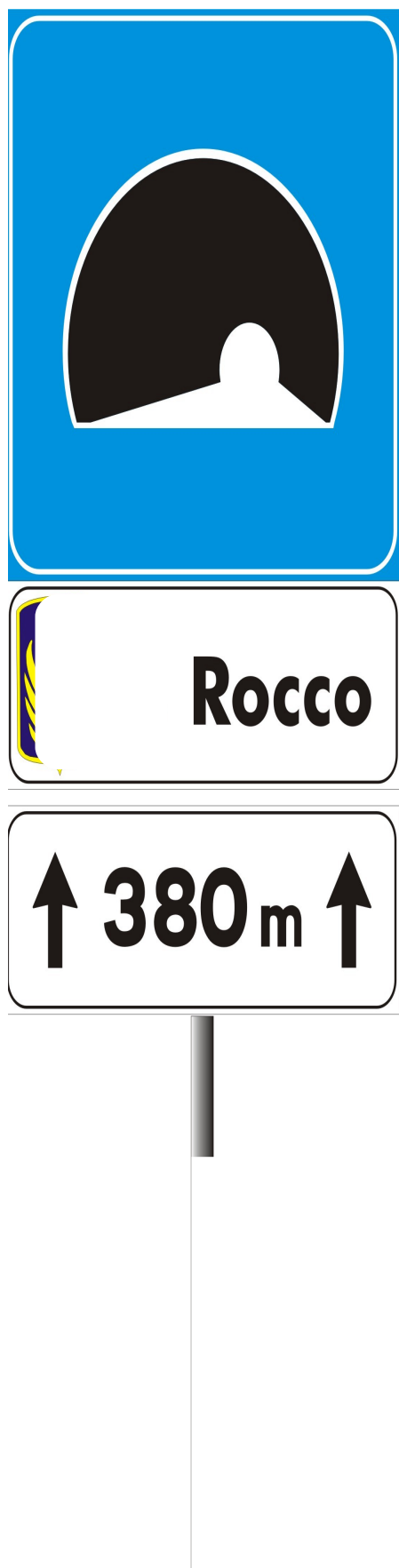


Fig. 4

INDICAZIONE PIAZZOLA DI SOSTA

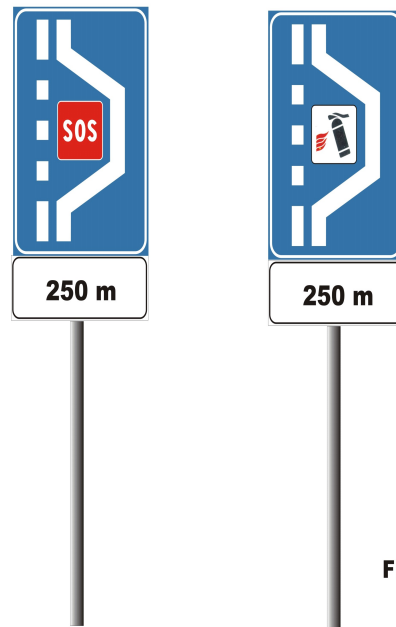


Fig. 11

INDICAZIONE PIAZZOLA DI SOSTA



Fig. 11

Fig. 5



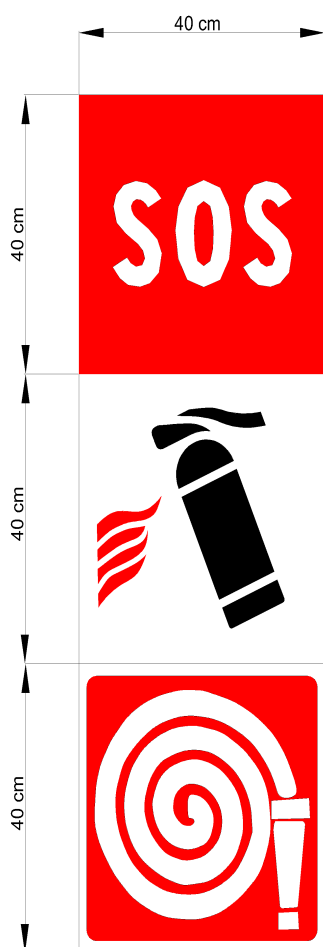


Fig. 6



Fig. 6

INDICAZIONE USCITE ALL'APERTO

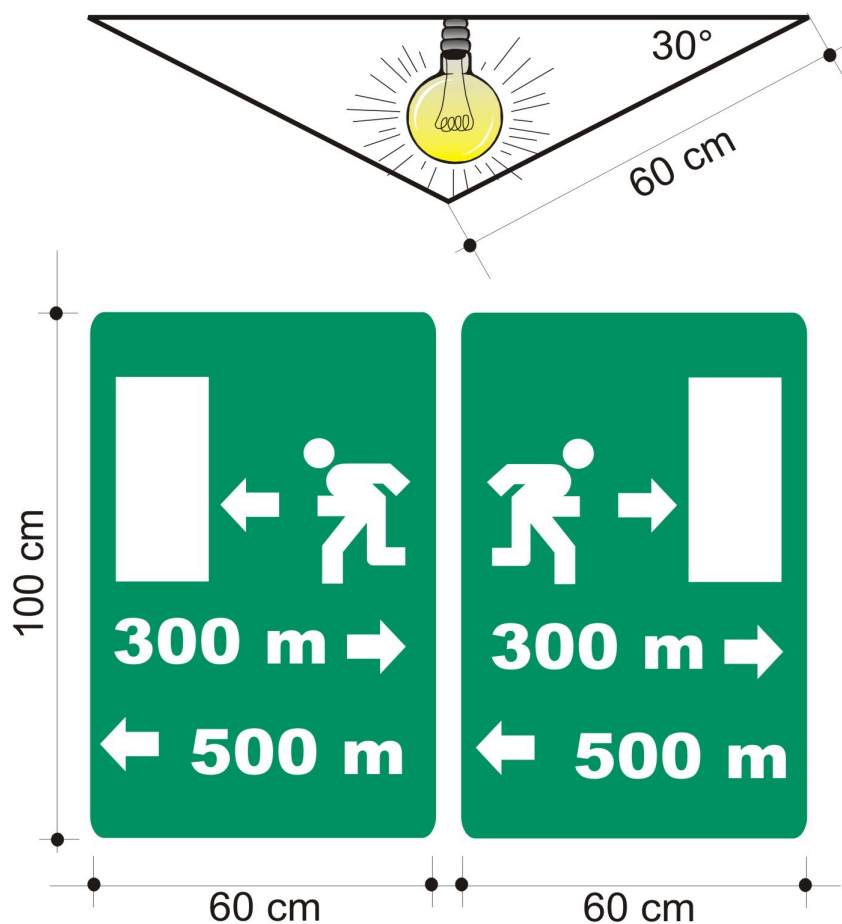


Fig. 7

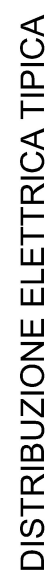


Fig 8

Allegato 2 Modello di schedatura del sistema galleria

Scheda 1		IDENTIFICATIVO DEL PROGETTO	
Nome Tratta Stradale			
Nome della Galleria			
Anno di costruzione		Anno di inizio gestione	
Società di Gestione			
Numero gallerie presenti sulla tratta			
Tipologia progetto		Affidamento	Consegna
Studio fattibilità			
Progetto preliminare			
Progetto definitivo			
Progetto definitivo per appalto integrato			
Progetto esecutivo			
Revisione di progetto			
Progetto di adeguamento			
Tipologia progetto			
		Galleria di nuova realizzazione	
		Galleria esistente	
		Galleria in corso di realizzazione	
		Altro:	
Osservazioni			

Scheda 2		IDENTIFICATIVO DELLA GALLERIA	
Nome Galleria			
Anno di costruzione			
Nome Tratta Viaria			
Classe tratta viaria			
Tipologia		Costruzione	
Autostradale		Naturale	
Stradale urbano		Artificiale	
Stradale extra-urbano		Trincea coperta	
Altro		Sottomarina	
		Altro	
Numero canne			
Direzionalità	Unidirezionale		Bidirezionale
Canna 1*	Direzione		
Progressiva Chilometrica			
Coordinate UTM			
Localizzazione Portale di ingresso		Orientamento	
Quota s.l.m.			
Localizzazione Portale di uscita		Orientamento	
Quota s.l.m.			
Canna 2	Direzione		
Progressiva Chilometrica			
Coordinate UTM			
Localizzazione Portale di ingresso		Prov.	
Quota s.l.m.			
Localizzazione Portale di uscita		Prov.	
Quota s.l.m.			
Trasporto ADR	NO		
	SI	Libero	
		Scortato	
		Limitato nel Tempo	
		Limitato nella Tipologia	
Accessibilità ai fonici	Canna 1	Si NO	Canna 2 Si NO



Scheda 3		CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA DELLA GALLERIA				
Canna 1*		Direzione				
Dimensioni Lineari		Lunghezza		m		
		Larghezza		m		
		Altezza		m		
Pendenza media		%				
Forma della Sezione						
Contro soffitto			N° vani		Area sezione [m ²]	
Cunicolo sotto traccia			N° vani		Area sezione [m ²]	
N° Corsie		N° Corsie emergenza				
Area della Sezione		m ²				
Canna 2		Direzione				
Dimensioni Lineari		Lunghezza		m		
		Larghezza		m		
		Altezza		m		
Pendenza Media		%				
Forma della Sezione						
Contro soffitto			N° vani		Area sezione [m ²]	
Cunicolo sotto traccia			N° vani		Area sezione [m ²]	
N° Corsie			N° Corsie emergenza			
Area della Sezione		m ²				
Numero by-pass / gallerie pedonali		N°		Interdistanza	m	
Numero by-pass / gallerie carrabili		N°		Interdistanza	m	
Numero svincoli interni				Interdistanza	m	
Altezza sagoma limite		m				
Marciapiedi			N° per carreggiata	Larghezza	m	
Caratteristiche delle Vie di Accesso		Pendenza ($\leq 10\%$)				
		Resistenza al Carico ($\geq 20\text{ t}$)				
		Altezza Libera ($\geq 4\text{ m}$)				
		Raggio di Volta ($\geq 3\text{ m}$)				
Tracciato		Imbocchi in curva				
		Numero curve in galleria				
		Raggio di curvatura		max	min	
		Restringtoni di carreggiata in galleria				
		Svincoli o incroci in galleria				
Sistema di Vie di Uscita				Lunghezza m	Sezione m ²	
Percorsi di Esodo		Interno Galleria				
		Canna Parallela				
		Galleria Servizio				
		Canale Ventilazione				
Luoghi sicuri		Dinamici		n°		
		Rifugi	n°			
			Capacità		n° persone	
			Classe REI			
			Filtro antifumo			
			Dimensioni		m	
			Spaziatura		m	
			Impianto Ventilazione			Aria esterna
Impianto Trasmissioni			Videocamera/TV			
Uscite di Emergenza		Uscite Luoghi Sicuri Statici		N°	Uscite Dirette Esterno	
		Uscite Luoghi Sicuri Dinamici		N°	Uscite Canna Parallela	
		Uscite Canale Ventilazione		N°	Uscite Galleria Servizio	
		Uscite By-pass		N°		
Piazzole di sosta			Interdistanza	m		
Attraversamento all'esterno dei portali		Portale 1		Portale 2		
Osservazioni						

Scheda 4	CARATTERISTICHE AMBIENTALI		
Località			
Zona climatica			
Temperatura media invernale		°C	
Temperatura media estiva		°C	
Precipitazioni		Giorni/anno	
Nebbia		Giorni/anno	
Velocità media del vento ai portali		m/s	Dev. St
Direzione prevalente del vento		°Nord	Dev. st.
Differenza di pressione barometrica tra i portali		Pa	
Fenomeni anemologici anomali storici catalogati			
Categoria di stabilità atmosferica prevalente			
Distanza comando VVF		km	
Distanza comando servizi di pubblica sicurezza		km	
Distanza servizi di pronto intervento sanitario		km	
Distanza struttura sanitaria attrezzata per l'emergenza		Km	
Distanza eliporto – aeroporto		Km	
Viabilità alternativa		Si No	
Tipologia viabilità alternativa		Autostradale-Urbana-Extraurbana	
Presenza di intersezioni a valle dei portali di uscita		Precedenza	
		Semaforo	
		Rotonda	
Centro abitato prossimo alla struttura			
Distanza centro abitato		km	
Densità media di popolazione nella zona di influenza dei portali		Portale 1 (abitanti /km ²)	Portale 2 (abitanti /km ²)
Portale 1			
Distanza recettore sensibile prossimo al portale			
Tipologia recettore			
Zonizzazione acustica		Classe	
Portale 2			
Distanza recettore sensibile prossimo al portale			
Tipologia recettore			
Zonizzazione acustica		Classe	
Camini ventilazione			
Distanza recettore sensibile prossimo al portale			
Tipologia recettore			
Zonizzazione acustica		Classe	
Presenza di impianti di processo, sistemi di trasporto dell'energia, terminali sistemi di trasporto			
Impianti chimici		Distanza km	
Impianti petrolchimici		Distanza km	
Impianti di produzione industriale		Distanza km	
Porto marittimo		Distanza km	
Dogana		Distanza km	
Terminal-nodo intermodale		Distanza km	
Centri smistamento merci		Distanza km	
Oleodotti		Distanza km	
Gasdotti		Distanza km	

Tipologia di Traffico	A.Leggero		% su (A+B+C)	% sulla tratta
	B.Misto		% su (A+B+C)	% sulla tratta
	C.Pesante		% su (A+B+C)	% sulla tratta
Composizione traffico	Veicoli Leggeri		%	Dev. Standard
	Veicoli Pesanti		%	Dev. Standard
Regime di Traffico	Rado		Frequenza	sulla tratta
	Scorrevole		Frequenza	sulla tratta
	Congestionato		Frequenza	sulla tratta
Volume di traffico in ingresso dal casello di prossimità	A.Leggero		% su (A+B+C)	% sulla tratta
	B.Misto		% su (A+B+C)	% sulla tratta
	C.Pesante		% su (A+B+C)	% sulla tratta
Trasporto ADR	No	Sulla tratta		Al casello di prossimità
	Si	Libero		
		Scortato		
		Limitato nel tempo		
		Limitato nella tipologia		
Traffico Medio Giornaliero (media annua)		Veicoli/Giorno		
Traffico Medio Giornaliero (massimo mensile)		Veicoli/Giorno		
Stagionalità				
Traffico di Punta	Veicoli/Ora		Ora/e di punta	

Scheda 5.2		TRAFFICO CANNA 2 / DIREZIONE 2				
Tipologia di Traffico		A.Leggero		% su (A+B+C)	% sulla tratta	
		B.Misto		% su (A+B+C)	% sulla tratta	
		C.Pesante		% su (A+B+C)	% sulla tratta	
Composizione traffico		Veicoli Leggeri	%	Dev. standard		
		Veicoli Pesanti	%	Dev. standard		
Regime di Traffico		Rado		Frequenza	sulla tratta	
		Scorrevole		Frequenza	sulla tratta	
		Congestionato		Frequenza	sulla tratta	
Volume di traffico in ingresso dal casello di prossimità		A.Leggero		% su (A+B+C)	% sulla tratta	
		B.Misto		% su (A+B+C)	% sulla tratta	
		C.Pesante		% su (A+B+C)	% sulla tratta	
Trasporto ADR		No	Sulla tratta		Al casello di prossimità	
		Si	Libero			
			Scortato			
			Limitato nel tempo			
			Limitato nella tipologia			
Traffico Medio Giornaliero			Veicoli/Giorno			
Traffico Medio Giornaliero (massimo mensile)			Veicoli/Giorno			
Stagionalità						
Traffico di Punta		Veicoli/Ora		Ora/e di punta		

Scheda 5.3		TRAFFICO AMBIENTE CIRCOSTANTE				
Viabilità alternativa						
Tipologia di Traffico		A.Leggero		% su (A+B+C)	% sulla tratta	
		B.Misto		% su (A+B+C)	% sulla tratta	
		C.Pesante		% su (A+B+C)	% sulla tratta	
Composizione traffico		Veicoli Leggeri	%	Dev. standard		
		Veicoli Pesanti	%	Dev. standard		
Regime di Traffico		Rado		Frequenza	sulla tratta	
		Scorrevole		Frequenza	sulla tratta	
		Congestionato		Frequenza	sulla tratta	
Volume di traffico in ingresso dal casello di prossimità		A.Leggero		% su (A+B+C)	% sulla tratta	
		B.Misto		% su (A+B+C)	% sulla tratta	
		C.Pesante		% su (A+B+C)	% sulla tratta	
Trasporto ADR		No	Sulla tratta		Al casello di prossimità	
		Si	Libero			
			Scortato			
			Limitato nel tempo			
			Limitato nella tipologia			
Traffico Medio Giornaliero			Veicoli/Giorno			
Traffico Medio Giornaliero (massimo mensile)			Veicoli/Giorno			
Stagionalità						
Traffico di Punta		Veicoli/Ora		Ora/e di punta		

Scheda 5.4		TRAFFICO AMBIENTE CIRCOSTANTE			
Accesso servizi di soccorso					
Tipologia di Traffico		A.Leggero		% su (A+B+C)	% sulla tratta
		B.Misto		% su (A+B+C)	% sulla tratta
		C.Pesante		% su (A+B+C)	% sulla tratta
Composizione traffico		Veicoli Leggeri	%	Dev. standard	
		Veicoli Pesanti	%	Dev. standard	
Regime di Traffico		Rado		Frequenza	
		Scorrevole		Frequenza	
		Congestionato		Frequenza	
Volume di traffico in ingresso dal casello di prossimità		A.Leggero		% su (A+B+C)	% sulla tratta
		B.Misto		% su (A+B+C)	% sulla tratta
		C.Pesante		% su (A+B+C)	% sulla tratta
Traffico Medio Giornaliero			Veicoli/Giorno		
Traffico Medio Giornaliero (massimo mensile)			Veicoli/Giorno		
Stagionalità					
Traffico di Punta		Veicoli/Ora		Ora/e di punta	

Scheda 6.1		SINOSSI DEI SISTEMI DI SICUREZZA DELLA GALLERIA	
Sistema di Illuminazione	Ordinario		
	Sicurezza	Linea Preferenziale Cabina	
		Linea Preferenziale G.E.	
		Batterie Tampone	
	Evacuazione		Picchetti luminosi
			Altezza
Sistema di Ventilazione			
Tipologia	Naturale		
	Longitudinale		
	Semitrasversale/Trasversale	Invertibile	
		Non Invertibile	
		Ibrido	
	Trasversale		Ibrido
Configurazione	Numero centrali		Numero camini
	Numero tratti		Lunghezza max tratto
Canna 1	Numero acceleratori		
	Diametro acceleratori	mm	
	Spinta acceleratori	N	
Canna 2	Numero acceleratori		
	Diametro acceleratori	mm	
	Spinta acceleratori	N	
Circuito di Estrazione			
Portata Volumetrica	Totale	m ³ /s	
	Singolo Canale	m ³ /s	
Numero Bocchette		Apertura indipendente	
Dimensioni Bocchette	Lunghezza	m	
	Altezza	m	
	Area	m ²	
Spaziatura Bocchette		m	
Densità Areica Bocchette	Area/Spaziatura	m ² /m	
Circuito di Immissione			
Portata Volumetrica	Totale	m ³ /s	
	Singolo Canale	m ³ /s	
Numero Bocchette			
Dimensioni Bocchette	Lunghezza	m	
	Altezza	m	
	Area	m ²	
Spaziatura Bocchette		m	
Controllo velocità longitudinale	Con acceleratori		
	Push-pull		
	Tempo di controllo	s	
	Adattativi		
	Tipo logica	Booleana /Fuzzy/Neurale	
	Controllo	Anello aperto anello chiuso	
	Modello	Mappatura/CFD/Regressivo	
Impianto di depurazione	Numero centrali		

	Portata singola centrale	m ³ /s	
	Filtrazione meccanica	Precipitazione elettrostatica	
	Abbattimento NOx	Abbattimento CO	
Ventilazione delle vie di fuga e dei rifugi	Aria esterna	Ricircolo canna non incidentata	
	Portata per singolo rifugio	m ³ /h	
	Portata complessiva centrale	m ³ /h	
	Numero ricambi ora		
	Sovrapressione	Pa	
	Velocità aria attraverso le porte	Esodo m/s	Intervento m/s
	Filtrazione aria	Climatizzazione	
	Serrande tagliafiamma	Ridondanza	

Scheda 6.2		SINOSSI DEI SISTEMI DI SICUREZZA DELLA GALLERIA			
Sistema di Comunicazione	Segnalazione Acustica	Altoparlanti			
		Guida sonora			
	Segnalazione Ottica	TV-CC			
		Pannelli a Messaggio Variabile			
		Ai portali			
		Interdistanza in galleria		m	
		Semafori			
		Ai portali			
		Interdistanza in galleria		m	
		Segnaletica di Sicurezza			
	Segnalazione Radio	Cavo Fessurato			
		Messaggi agli utenti			
		Frequenze Attive	PS		
			VVF		
Sistema Servizi Ausiliari		Circuito Aria Compressa			
		Altro:			
Stazioni di emergenza	Interdistanza				m
	Telefono		Estintori		
	Pulsante allarme		Armadio/nicchia		
Monitoraggio parametri Ambientali	Anemometri		Sensori CO ₂		
	Sensori CO		Opacimetri		
	Sensori NOx				
Sistema di Rivelazione Segnalazione Incendio	Rivelatori Fumi		Opacimetri		
	Sensori CO		Rivelatori Gas Tossici		
	Sensori CO ₂		Telecamere		
	Sensori Termici		Interni	Lineari	
			Esterni		
Sistema di Allarme Incendio	Manuale				
	Automatico				
Osservazioni					

Scheda 6.3		SINOSSI DEI SISTEMI DI SICUREZZA DELLA GALLERIA			
Sistema di Spegnimento (Mezzi ed Impianti Estinzione Incendi)	Fisso	Tipologia rete		Anello	Pettine
		Portata Volumetrica	l/min	Diametro collettore principale	DN
		Volume Vasca Accumulo	m³	Pressione massima in rete	bar
		Attacchi di mandata VVF			
		Sezionamenti			
		Idranti	Manichetta		
			UNI 45		
			UNI 70		
			Spaziatura		m
			Portata		m³/s
			Pressione Bocchello		Mpa
		Sistema di mitigazione			
			Ugelli parete-soffitto (altezza)		(m)
			Ugelli marciapiede		
			Densità scarica		l/m m²
			Acqua		
			Acqua nebulizzata		
			Schiuma		
			Pressione		Bar
	Mobile	Estintore Carrellato			
		Estintore Portatile			
		Spaziatura		m	
	Postazione Antincendio	Autorespiratore		ARO	N°
				ARA	N°
		Maschere a Filtro		N°	
		Tute Antifiamma		N°	
		Spaziatura		m	
	Squadra Aziendale	APS			
		Mezzo Polivalente			
Sistema di Drenaggio		Fognatura (acque di piattaforma)			
		Vasca di Raccolta		Capacità	m³
		Bocche di lupo sifonate		Interdistanza bocchette	m
		Portata			l/s
Stazioni di pompaggio e Miscelazione	Numero stazioni pompaggio		n°	Potenza elettrica installata	kW
	Superficie in pianta locali stazione		m²	Battente vasca accumulo/invaso	m
	Distanza dal portale più vicino		m	Portata volumetrica	l/min
	Volume vasca di accumulo		m³	Volume serbatoio schiumogeno	m³
Osservazioni					

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 183 di 221
---	---	-------------------------	-----------------

Scheda 6.4		SINOSSI DEI SISTEMI DI SICUREZZA DELLA GALLERIA			
Blocco del traffico	Barriere		Interdistanza		m
Monitoraggio traffico	Telecamere		N°	Interdistanza	M
	Rilevazione automatica incidente		Conteggio veicoli		
	Velocità media traffico		Tipologia veicoli		
Centro di controllo	Remoto		In loco		Outsourcing
Sistema di gestione galleria	Assente		Automatico		Operatore
	Ridondanza		Client/server		N° postazioni locali
	Procedura emergenza standard		Procedure emergenza diversificate		Comunicaz. servizi soccorso
Impianto elettrico	Tipologia rete				
	N° punti fornitura				
	Potenza complessiva installata				KW
	Potenza elettrica gruppo elettrogeno				KVA
	Numero gruppi elettrogeni				n°
	Potenza elettrica UPS				kVA
	Durata prevista UPS				Min
	Dispositivi sotto gruppo elettrogeno				
	impianto di alimentazione di emergenza				
	impianto di ventilazione della galleria per la gestione dei fumi generati da un evento di incendio,				
	impianto di ventilazione delle vie di fuga				
	impianto idrico antincendio				
	impianto Illuminazione diurna e notturna della galleria				
	Dispositivi sotto UPS				
	impianto di illuminazione notturna e di sicurezza				
	impianto di illuminazione delle vie di fuga				
	impianto di illuminazione centro di controllo e locali tecnici, segnaletica in galleria e nei tratti in prossimità degli imbocchi				
	impianto di sorveglianza				
	impianti di rilevazione incidenti ed incendio				
	sistema di gestione della galleria				
	Impianti di comunicazione				
Sistema Servizi Ausiliari		Circuito Aria Compressa			
		Altro:			
Studi Simulazione	Esistenti	SI			
		NO			
	Modelli Adottati	Modelli Zone			
		Modelli Campo			
	Suggerimenti				

Scheda 7.1		COMPORTAMENTO AL FUOCO DELLA STRUTTURA		
Costruzione				
Rivestimento	Tipo calcestruzzo			
	Resistenza a compressione	Mpa		
	Porosità			
	Additivi speciali	Fibre: polimeriche, metalliche		
	Materiale di rivestimento			
	Spessore rivestimento	Mm		
	Materiale armatura			
	Carico di rottura	Mpa		
	Carico di rottura residuo	%	Temperatura	°C
	Spessore copriferro	Mm		
	Classe di resistenza strutturale	R		
	Resistenza spalling	Min		
Controsoffitto	Tipo calcestruzzo			
	Resistenza a compressione	Mpa		
	Porosità			
	Additivi speciali	Fibre: polimeriche, metalliche		
	Materiale di rivestimento			
	Spessore rivestimento	Mm		
	Materiale tasselli di fissaggio			
	Carico di rottura	Mpa		
	carico di rottura residuo	%	Temperatura	°C
	Materiale armatura			
	Carico di rottura	Mpa		
	Carico di rottura residuo	%	Temperatura	°C
	Spessore copriferro	Mm		
	Classe di resistenza	REI		
	Resistenza spalling	Min		
Cunicoli Sotto traccia	Tipo calcestruzzo			
	Resistenza a compressione	Mpa		
	Porosità			
	Additivi speciali	Fibre: polimeriche, metalliche		
	Materiale di rivestimento			
	Spessore rivestimento	Mm		
	Materiale armatura			
	Carico di rottura	Mpa		
	carico di rottura residuo	%	Temperatura	°C
	Spessore copriferro	Mm		
	Classe di resistenza	REI		
	Resistenza spalling	Min		

Vie di fuga	Tipo calcestruzzo			
	Resistenza a compressione	Mpa		
	Porosità			
	Additivi speciali	Fibre: polimeriche, metalliche		
	Materiale di rivestimento			
	Spessore rivestimento	Mm		
	Materiale armatura			
	Carico di rottura	Mpa		
	carico di rottura residuo	%	Temperatura	°C
	Spessore copriferro	Mm		
	Classe di resistenza	REI		
	Resistenza spalling	Min		
Locali tecnici	Centrali di ventilazione	Classe REI		
	Sale pompe	Classe REI		
	Locali quadri elettrici	Classe REI		
	Locali G.E.	Classe REI		
	Autorimesse non a cielo aperto	N° Veicoli		
		Classe REI		
Porte vie di fuga	Classe	REI	Larghezza	Cm
	Apertura a spinta < 200 N		Autochiusura	
Vernici	Tipo			
	Classe reazione al fuoco			
	Emissione sostanze tossiche		Temperatura limite	°C
Asfalto	Tipo rivestimento bituminoso		Drenante	
	Classe reazione al fuoco			
	Temperatura di rammollimento	°C	Pirolisi	°C

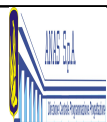


Tabella 7.2 COMPORTAMENTO AL FUOCO DEI DISPOSITIVI				
Ventilatori in centrale	Resistenza a temperatura	°C	min	C.R.F.
Serrande in centrale	Resistenza a temperatura	°C	min	C.R.F.
Canali in centrale	Resistenza a temperatura	°C	min	C.R.F.
Bocchette di estrazione	Resistenza a temperatura	°C	min	C.R.F.
Bocchette di immissione	Resistenza a temperatura	°C	min	C.R.F.
Acceleratori	Resistenza a temperatura	°C	min	C.R.F.
Cavi acceleratori	Durata in emergenza	min		C.R.F.
Cavi illum. emergenza	Durata in emergenza	min		C.R.F.
Cavi illum. vie di fuga	Durata in emergenza	min		C.R.F.
Cavi illum. picchetti	Durata in emergenza	min		C.R.F.
Cavi impianto radio	Durata in emergenza	min		C.R.F.
Cavi rete monitoraggio	Durata in emergenza	min		C.R.F.
Corpi illuminanti	Durata in emergenza	min		C.R.F.
Corpi ill. emergenza	Durata in emergenza	min		C.R.F.
Corpi ill. vie di fuga	Durata in emergenza	min		C.R.F.
Corpi ill. picchetti	Durata in emergenza	min		C.R.F.
Tubi impianto idrico	Durata in emergenza	min		C.R.F.
Condotti imp. ventilazione	Durata in emergenza	min		C.R.F.
Opacimetri	Durata in emergenza	min		C.R.F.
Sensori CO	Durata in emergenza	min		C.R.F.
Anemometri	Durata in emergenza	min		C.R.F.
Sensori termici	Durata in emergenza	min		C.R.F.
Supporti ventilatori	Durata in emergenza	min		C.R.F.
Supporti corpi illum.	Durata in emergenza	min		C.R.F.
Supporti segnaletica	Durata in emergenza	min		C.R.F.
Trasformatori	Durata in emergenza	min		C.R.F.
Gruppo continuità	Durata in emergenza	min		C.R.F.
Gruppo elettrogeno	Durata in emergenza	min		C.R.F.
Sezionatori in galleria	Durata in emergenza	min		C.R.F.
Segnaletica	Durata in emergenza	min		C.R.F.
Pulsantiera in galleria	Durata in emergenza	min		C.R.F.
Strumentazione in campo	Durata in emergenza	min		C.R.F.
Valvole sistema idrico	Durata in emergenza	min		C.R.F.
Cassette idrante	Durata in emergenza	min		C.R.F.

Scheda 8 CARATTERIZZAZIONE DEGLI EVENTI INCIDENTALI	
Sinossi Incidentalità in galleria	
Numero di incidenti stradali	Periodo di riferimento
Numero di incidenti stradali con vittime	Periodo di riferimento
Numero di vittime per incidente	
Medio	Min - Max
Numero di eventi incidentali rilevanti	Periodo di riferimento
Numero di eventi incidentali rilevanti con vittime	Periodo di riferimento
Numero di vittime per di eventi incidentali rilevanti	
Medio	Min - Max

Serie Storiche				
Evento Incidentale Ricorrente	Descrizione sommaria:			
	Danni Strutturali	Tipo di danni		
		Valore dei danni (€)		
		Tempi di ripristino		
	Danni Infrastrutturali	Tipo di danni		
		Valore dei danni (€)		
		Tempi di ripristino		
	Danni Agli Utenti	Persone	Morti	
			Feriti	
			Coinvolti	
		Mezzi	Leggeri	
Pesanti				
ADR				
Stima dei danni indiretti:				
Evento Incidentale Rilevante	Descrizione sommaria:			
	Danni Strutturali	Tipo di danni		
		Valore dei danni (€)		
		Tempi di ripristino		
	Danni Infrastrutturali	Tipo di danni		
		Valore dei danni (€)		
		Tempi di ripristino		
	Danni Agli Utenti	Persone	Morti	
			Feriti	
			Coinvolti	
		Mezzi	Leggeri	
Pesanti				
ADR				
Stima dei danni indiretti:				

CARATTERIZZAZIONE EVENTI INCIDENTALI					
Condizioni Traffico Inizio Evento Incidentale					
Tipologia di Traffico	Leggero				
	Misto				
	Pesante				
Tipologia di Veicoli	Veicoli Leggeri	%			
	Veicoli Pesanti	%			
Regime di Traffico	Rado				
	Scorrevole				
	Congestionato				
Frequenza Ingresso Veicoli		veicoli/ora			
Tipo Veicolo Incidentato	Automobile				
	Autocarro	Cassonato			
		Cisterna			
	Autobus				
	Autotreno	Motrice			
		Rimorchio	Cassonato		
			Cisterna		
	Locomotore Ferroviario				
Carrozza Ferroviaria					
Carro Merci					
Carico Trasportato		Nome	Quantità	Numero Kember	Numero ONU
Esplosivi					
Gas Infiammabili	Leggeri				
	Pesanti				
Liquidi Infiammabili					
Solidi Infiammabili					
Comburenti – Perossidi					
Sostanze Corrosive					
Sostanze Radioattive					
Sostanze Tossico-nocive					
Inerti					
Caratteristiche evento di incendio					
Carico di incendio		MJ			
Potenza termica generata		MW			
Durata fase di crescita		Min			
Durata fase stazionaria		Min			
Durata evento		Min			
Portata di fumi generata		m ³ /s			
Temperatura massima raggiunta dai fumi		°C			

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 189 di 221
---	---	-------------------------	-----------------

Emergenza

Canna 1 fornice di ingresso (se sì)			
Esiste interoperabilità tra Canna 1 e Canna 2 SI NO		Distanza dal fornice dell'innesto della viabilità di emergenza strada al cancello	
Distanza tra fornice e cancello		Tempo medio di percorrenza tra cancello e fornice	
Localizzazione della superficie per la logistica di emergenza			
Dimensione della superficie per la logistica di emergenza		Tempi e mezzi per l'attivazione operativa della superficie per la logistica di emergenza	
Attrezzature, impianti e dotazioni esistenti in piazzale di emergenza			
Tipo di custodia			
Canna 1 fornice di uscita (se sì)			
Esiste interoperabilità tra Canna 1 e Canna 2 SI NO		Distanza dal fornice dell'innesto della viabilità di emergenza strada al cancello	
Distanza tra fornice e cancello		Tempo medio di percorrenza tra cancello e fornice	
Localizzazione della superficie per la logistica di emergenza			
Dimensione della superficie per la logistica di emergenza		Tempi e mezzi per l'attivazione operativa della superficie per la logistica di emergenza	
Attrezzature, impianti e dotazioni esistenti in piazzale di emergenza			
Tipo di custodia			
Canna 2 fornice di ingresso (se sì)			
Esiste interoperabilità tra Canna 1 e Canna 2 SI NO		Distanza dal fornice dell'innesto della viabilità di emergenza strada al cancello	
Distanza tra fornice e cancello		Tempo medio di percorrenza cancello- fornice	
Localizzazione della superficie per la logistica di emergenza			
Dimensione della superficie per la logistica di emergenza		Tempi e mezzi per l'attivazione operativa della superficie per la logistica di emergenza	
Attrezzature, impianti e dotazioni esistenti in piazzale di emergenza			
Tipo di custodia			
Canna 2 fornice di uscita (se sì)			
Esiste interoperabilità tra Canna 1 e Canna 2 SI NO		Distanza dal fornice dell'innesto della viabilità di emergenza strada al cancello	
Distanza tra fornice e cancello		Tempo medio di percorrenza tra cancello e fornice	
Localizzazione della superficie per la logistica di emergenza			
Dimensione della superficie per la logistica di emergenza		Tempi e mezzi per l'attivazione operativa della superficie per la logistica di emergenza	
Attrezzature, impianti e dotazioni esistenti in piazzale di emergenza			
Tipo di custodia			
Esiste piano di emergenza del Gestore			
SI NO		Anno di aggiornamento / revisione	
Esiste piano di emergenza del Esterno		SI NO	
		Anno di aggiornamento / revisione	
Osservazioni			

Canna 1 Portale Ingresso			
Tipo di condotta di drenaggio	Retro rivestimento		
	Longitudinale		
Tipo di reticolo di drenaggio	Retro rivestimento		
	Longitudinale		
Posizione del reticolo di drenaggio	Retro rivestimento		
	Longitudinale		
Condotta di drenaggio delle acque di piazzale	Ø		
Vasche per la raccolta di acque di piazzale inquinate	No ☐	Si ☐	Altezza
			Larghezza
			Lunghezza
Canna 1 Portale Uscita			
Tipo di condotta di drenaggio	Verticale		
	Orizzontale		
Tipo di reticolo di drenaggio	Verticale		
	Orizzontale		
Posizione del reticolo di drenaggio	Verticale		
	Orizzontale		
Condotta di drenaggio delle acque di piazzale	Ø		
Vasche per la raccolta di acque di piazzale inquinate	No ☐	Si ☐	Altezza
			Larghezza
			Lunghezza

Canna 2 Portale Ingresso			
Tipo di condotta di drenaggio	Verticale		
	Orizzontale		
Tipo di reticolo di drenaggio	Verticale		
	Orizzontale		
Posizione del reticolo di drenaggio	Verticale		
	Orizzontale		
Condotta di drenaggio delle acque di piazzale	Ø		
Vasche per la raccolta di acque di piazzale inquinate	No ☐	Si ☐	Altezza
			Larghezza
			Lunghezza
Canna 2 Portale Uscita			
Tipo di condotta di drenaggio	Verticale		
	Orizzontale		
Tipo di reticolo di drenaggio	Verticale		
	Orizzontale		
Posizione del reticolo di drenaggio	Verticale		
	Orizzontale		
Condotta di drenaggio delle acque di piazzale	Ø		
Vasche per la raccolta di acque di piazzale inquinate	No ☐	Si ☐	Altezza
			Larghezza
			Lunghezza
Descrizione sommaria della Geologia attraversata:			
Descrizione sommaria delle Geostrutture attraversate:			
Descrizione dell' idrogeologia di contorno:			
Volumi/Impianti/Attrezzature esistenti in galleria, con accesso diretto dal cavo transitabile aventi destinazione d'uso differenti			
Descrizione sommaria			
Descrizione delle condotte ed impianti di interferenza			
Indicazione dei responsabili/gestori			

Allegato 3 Gruppi Omogenei di Requisiti Minimi di Sicurezza

Gruppo I			
Parametri di Sicurezza	Misure	Sistemi di sicurezza	Requisiti Minimi di Sicurezza
L (5 0 0 V IT0<200) (n) [VVeir/dorsia] z i o n a l e	Misure Strutturali		Dislivelli $\leq 5\%$
			Banchine pedonabili di emergenza
			Attraversamento spartitraffico imbocchi
			Drenaggio liquidi infiammabili e tossici
	Misure Impiantistiche	Illuminazione	Resistenza al fuoco delle strutture
			Illuminazione Ordinaria
			Illuminazione Sicurezza
			Illuminazione Emergenza
		Comunicazione	Altoparlanti nei rifugi ed alle uscite
			Messaggi radio agli utenti
			Stazioni di emergenza
		Rilevazione	Rilevamento automatico incidenti
			Rilevamento automatico incendi
			Telecamere
		Gestione Incendio	Estintori
			Erogazione idrica
			Idranti ogni 250 m
		Gestione Traffico	Segnaletica stradale
		Alimentazione elettrica	Alimentazione elettrica Ordinaria
			Alimentazione elettrica di emergenza
			Resistenza e reazione al fuoco dei componenti dei sistemi di sicurezza

Gruppo II			
Parametri di Sicurezza	Misure	Sistemi di sicurezza	Requisiti Minimi di Sicurezza
U n i d i r e z i o n a l e	Misure Strutturali		Dislivelli $\leq 5\%$
			Banchine pedonabili di emergenza
			Attraversamento spartitraffico imbocchi
			Drenaggio liquidi infiammabili e tossici
	Misure Impiantistiche	Illuminazione	Resistenza al fuoco delle strutture
			Illuminazione Ordinaria
			Illuminazione Sicurezza
			Illuminazione Emergenza
		Comunicazione	Altoparlanti nei rifugi ed alle uscite
			Messaggi radio agli utenti
			Stazioni di emergenza
		Rilevazione	Rilevamento automatico incidenti
			Rilevamento automatico incendi
			Telecamere
		Gestione Incendio	Estintori
			Erogazione idrica
			Idranti ogni 250 m
		Gestione Traffico	Segnaletica stradale
			Semafori prima degli ingressi

		Alimentazione elettrica	Alimentazione elettrica Ordinaria
			Alimentazione elettrica di emergenza
L > 1000 [m] V T ≤ 2000 [Veic/corsia]			Resistenza e reazione al fuoco dei componenti dei sistemi di sicurezza

Gruppo III			
Parametri di Sicurezza	Misure	Sistemi di sicurezza	Requisiti Minimi di Sicurezza
Unidirezionale	Misure Strutturali		Dislivelli ≤ 5%
			Banchine pedonabili di emergenza
			Uscite di emergenza ogni 500 m
			Attraversamento spartitraffico imbocchi
			Drenaggio liquidi infiammabili e tossici
	Misure Impiantistiche	Illuminazione	Resistenza al fuoco delle strutture
			Illuminazione Ordinaria
			Illuminazione Sicurezza
			Illuminazione Emergenza
		Comunicazione	Altoparlanti nei rifugi ed alle uscite
			Messaggi radio agli utenti
			Stazioni di emergenza
		Rilevazione	Rilevamento automatico incidenti
			Rilevamento automatico incendi
			Telecamere
		Gestione Incendio	Estintori
			Erogazione idrica
		Gestione Traffico	Idranti ogni 250 m
			Segnaletica stradale

		Alimentazione elettrica	Alimentazione elettrica Ordinaria
			Alimentazione elettrica di emergenza
V T > 2 0 0 0 [Veic/corsia]			Resistenza e reazione al fuoco dei componenti dei sistemi di sicurezza

Gruppo IV			
Parametri di Sicurezza	Misure	Sistemi di sicurezza	Requisiti Minimi di Sicurezza
L (1 0 0 0 V - T 0 0 0 p [m] [V e i c / c o r s i a] U n i d i r e z i o n a l e	Misure Strutturali		Dislivelli $\leq 5\%$
			Banchine pedonabili di emergenza
			Uscite di emergenza ogni 500 m
			Gallerie trasversali ogni 1500 m
			Attraversamento spartitraffico imbocchi
			Drenaggio liquidi infiammabili e tossici
			Resistenza al fuoco delle strutture
	Misure Impiantistiche	Illuminazione	Illuminazione Ordinaria
			Illuminazione Sicurezza
			Illuminazione Emergenza
		Ventilazione	Ventilazione meccanica
			Altoparlanti nei rifugi ed alle uscite
		Comunicazione	Messaggi radio agli utenti
			Ritrasmissioni radio
			Stazioni di emergenza
			Rilevamento automatico incidenti
		Rilevazione	Rilevamento automatico incendi
			Telecamere
			Estintori
		Gestione Incendio	Erogazione idrica
			Idranti ogni 250 m
			Segnaletica stradale
		Gestione Traffico	Semafori prima degli ingressi
			Alimentazione elettrica Ordinaria
		Alimentazione elettrica	Alimentazione elettrica di emergenza
			Resistenza e reazione al fuoco dei componenti dei sistemi di sicurezza

Gruppo V			
Parametri di Sicurezza	Misure	Sistemi di sicurezza	Requisiti Minimi di Sicurezza
IV>T3>020000[0n] [Veic/corsia]U n i d i r e z i o n a l e	Misure Strutturali		Dislivelli $\leq 5\%$
			Banchine pedonabili di emergenza
			Uscite di emergenza ogni 500 m
			Gallerie trasversali ogni 1500 m
			Attraversamento spartitraffico imbocchi
			Drenaggio liquidi infiammabili e tossici
			Resistenza al fuoco delle strutture
	Misure Impiantistiche	Illuminazione	Illuminazione Ordinaria
			Illuminazione Sicurezza
			Illuminazione Emergenza
		Ventilazione	Ventilazione meccanica
			Altoparlanti nei rifugi ed alle uscite
		Comunicazione	Messaggi radio agli utenti
			Ritrasmissioni radio
			Stazioni di emergenza
			Rilevamento automatico incidenti
		Rilevazione	Rilevamento automatico incendi
			Telecamere
		Gestione Incendio	Estintori
			Erogazione idrica
			Idranti ogni 250 m
		Gestione Sistema	Centro di controllo
			Segnaletica stradale
		Gestione Traffico	Semafori prima degli ingressi
			Semafori in galleria ogni 1000 m
			Alimentazione elettrica Ordinaria
		Alimentazione elettrica	Alimentazione elettrica di emergenza
			Resistenza e reazione al fuoco dei componenti dei sistemi di sicurezza

Gruppo VI			
Parametri di Sicurezza	Misure	Sistemi di sicurezza	Requisiti Minimi di Sicurezza
L (500-1192000) [m] [Veic] [t] [s] [a] [e]	Misure Strutturali		Dislivelli $\leq 5\%$
			Banchine pedonabili di emergenza
			Attraversamento spartitraffico imbocchi
			Drenaggio liquidi infiammabili e tossici
	Misure Impiantistiche	Illuminazione	Resistenza al fuoco delle strutture
			Illuminazione Ordinaria
			Illuminazione Sicurezza
			Illuminazione Emergenza
		Comunicazione	Altoparlanti nei rifugi ed alle uscite
			Messaggi radio agli utenti
			Stazioni di emergenza
		Rilevazione	Rilevamento automatico incidenti
			Rilevamento automatico incendi
			Telecamere
		Gestione Incendio	Estintori
			Erogazione idrica
			Idranti ogni 250 m
		Gestione Traffico	Segnaletica stradale
		Alimentazione elettrica	Alimentazione elettrica Ordinaria
			Alimentazione elettrica di emergenza
			Resistenza e reazione al fuoco dei componenti dei sistemi di sicurezza

Gruppo VII			
Parametri di Sicurezza	Misure	Sistemi di sicurezza	Requisiti Minimi di Sicurezza
L B idirezionale	Misure Strutturali		Dislivelli $\leq 5\%$
			Banchine pedonabili di emergenza
			Attraversamento spartitraffico imbocchi
			Drenaggio liquidi infiammabili e tossici
	Misure Impiantistiche	Illuminazione	Resistenza al fuoco delle strutture
			Illuminazione Ordinaria
			Illuminazione Sicurezza
			Illuminazione Emergenza
		Comunicazione	Altoparlanti nei rifugi ed alle uscite
			Messaggi radio agli utenti
			Stazioni di emergenza
		Rilevazione	Rilevamento automatico incidenti
			Rilevamento automatico incendi
			Telecamere
		Gestione Incendio	Estintori
			Erogazione idrica
			Idranti ogni 250 m
		Gestione Traffico	Segnaletica stradale
		Alimentazione elettrica	Semafori prima degli ingressi
			Alimentazione elettrica Ordinaria
			Alimentazione elettrica di emergenza



L > 1000 [m]			Resistenza e reazione al fuoco dei componenti dei sistemi di sicurezza
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			
L > 1000 [m]			

Gruppo IX			
Parametri di Sicurezza	Misure	Sistemi di sicurezza	Requisiti Minimi di Sicurezza
L (1 0 2 0 -0300<0V0 T [kn] 0 0 0 0 [Veic/corsi] i d i r e z i o n a l e	Misure Strutturali		Dislivelli $\leq 5\%$
			Banchine pedonabili di emergenza
			Uscite di emergenza ogni 500 m
			Attraversamento spartitraffico imbocchi
			Piazzole di sosta ogni 1000 m
			Drenaggio liquidi infiammabili e tossici
			Resistenza al fuoco delle strutture
	Misure Impiantistiche	Illuminazione	Illuminazione Ordinaria
			Illuminazione Sicurezza
			Illuminazione Emergenza
		Ventilazione	Ventilazione meccanica
			Altoparlanti nei rifugi ed alle uscite
		Comunicazione	Messaggi radio agli utenti
			Ritrasmissioni radio
			Stazioni di emergenza
		Rilevazione	Rilevamento automatico incidenti
			Rilevamento automatico incendi
		Gestione Incendio	Telecamere
			Estintori
			Erogazione idrica
		Gestione Traffico	Idranti ogni 250 m
			Segnaletica stradale
	Alimentazione elettrica		Semafori prima degli ingressi
			Alimentazione elettrica Ordinaria
			Alimentazione elettrica di emergenza
			Resistenza e reazione al fuoco dei componenti dei sistemi di sicurezza

Gruppo X			
Parametri di Sicurezza	Misure	Sistemi di sicurezza	Requisiti Minimi di Sicurezza
L 28000-0 Vm] < 10000 [Veic/corsia]B i d i r e z i o n a l e	Misure Strutturali		Dislivelli $\leq 5\%$
			Banchine pedonabili di emergenza
			Uscite di emergenza ogni 500 m
			Gallerie trasversali ogni 1500 m
			Attraversamento spartitraffico imbocchi
			Piazzole di sosta ogni 1000 m
			Drenaggio liquidi infiammabili e tossici
	Misure Impiantistiche	Illuminazione	Resistenza al fuoco delle strutture
			Illuminazione Ordinaria
			Illuminazione Sicurezza
			Illuminazione Emergenza
		Ventilazione	Ventilazione meccanica
			Ventilazione (semi) trasversale
			Bocchette di estrazione separate
		Comunicazione	Controllo della velocità
			Altoparlanti nei rifugi ed alle uscite
			Messaggi radio agli utenti
			Ritrasmissioni radio
		Rilevazione	Stazioni di emergenza
			Rilevamento automatico incidenti
			Rilevamento automatico incendi
		Gestione Incendio	Telecamere
			Erogazione idrica
			Idranti ogni 250 m
		Gestione Sistema	Erogazione idrica
			Centro di controllo
		Gestione Traffico	Segnaletica stradale
			Semafori prima degli ingressi
			Semafori in galleria ogni 1000 m
		Alimentazione elettrica	Alimentazione elettrica Ordinaria
			Alimentazione elettrica di emergenza
			Resistenza e reazione al fuoco dei componenti dei sistemi di sicurezza

Allegato 4 Analisi statistica delle serie storiche sugli eventi incidentali in galleria

Serie storiche

Le ricerche mirate a modellare l'incidentalità stradale, reperibili nella letteratura libera, possono essere suddivise in due gruppi:

- le ricerche finalizzate a quantificare i fattori di rischio non connessi al comportamento degli utenti, ovvero, i fattori di rischio connessi alle caratteristiche geometriche del tracciato stradale, alle caratteristiche del traffico, alle condizioni atmosferiche;
- le ricerche finalizzate a quantificare l'efficacia delle azioni intraprese dalle autorità competenti per ridurre i fattori di rischio connessi al comportamento degli utenti, ovvero, la regolamentazione del traffico ed il divieto al consumo di alcool e droghe.

Le distribuzioni delle frequenze di accadimento di eventi incidentali con fatalità come rilevate su uno specifico tratto di strada, sono analizzate applicando modelli regressivi di tipo poissoniano e di tipo binomiale negativo.

Le proprietà dei modelli citati suggeriscono di utilizzare i modelli poissoniani come modelli di interpolazione preliminare e modelli binomiali negativi come modelli di interpolazione alternativi in presenza di dispersione significativa dei dati rilevati.

L'applicazione di una procedura di analisi statistica basata su un modello regressivo binomiale negativo sui dati di incidentalità rilevati su base annua e per tratti omogenei della rete stradale nazionale ha fornito le seguenti stime per i coefficienti del modello e per la elasticità delle variabili di interesse:

Variabile	Coefficiente	
Costante	-2.340	
Lunghezza (km)	0.842	Elasticità
Numero di corsie	0.367	0.81
Allineamento verticale Pendenza ($\geq 3\%$)	0.353	0.30
Allineamento verticale Curvatura ($\geq 6\%$)	-0.538	-0.71
ADT per corsia (1000 v)	$2.8 \cdot 10^{-2}$	0.58
% VP ($\geq 30\%$)	0.268	0.24
Picco orario (≥ 0.95)	-0.346	-0.41
Nebbia	$-9.4 \cdot 10^{-2}$	-0.10
Precipitazioni (mm)	$-1.6 \cdot 10^{-4}$	-0.35

L'aumento del numero e della lunghezza delle gallerie, l'incremento del traffico, le caratteristiche chimico-fisiche e merceologiche dei carichi trasportati e dei materiali con i quali

sono costruiti gli attuali mezzi di trasporto sono i principali fattori che hanno contribuito ad aumentare la probabilità di accadimento di eventi di incendio in galleria, la difficoltà ed il rischio connesso con l' autosalvataggio ed esodo degli utenti, l'intervento ad opera degli addetti al soccorso ed allo spegnimento.

Gli eventi di incendio caratterizzati da elevate conseguenze verificatisi in gallerie stradali in differenti paesi sono sintetizzati in Tabella 1.

Gli eventi incidentali, identificati come rilevanti nell'ambito dell'analisi di sicurezza della struttura galleria, sono gli eventi di incendio. La configurazione del dominio all'interno del quale l'evento di incendio si sviluppa, amplifica i danni sia alle persone che alle strutture che agli impianti.

Gli eventi di incendio in galleria sono eventi caratterizzati da rara probabilità di accadimento e elevate conseguenze.

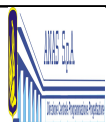
Lo sviluppo di un incendio non sempre è una diretta conseguenza della collisione fra due veicoli. Spesso la causa inducente è da ricercarsi nella rottura del circuito di alimentazione del carburante, in inconvenienti ai circuiti elettrici, in guasti di tipo meccanico.

I mezzi pesanti costituiscono, dal punto di vista statistico e per caratteristiche intrinseche, i potenziali focolai di eventi di incendio caratterizzati da elevato rilascio di energia termica e conseguente intensa generazione di fumi. Un maggior numero di circuiti elettrici e parti meccaniche, una maggiore capacità del serbatoio del carburante, l'entità e le caratteristiche merceologiche del carico trasportato, costituiscono un aggravio di rischio in caso d'incidente o di guasto.

L'esame dei danni riportati in Tabella 1 evidenzia come l'accadimento di un evento di incendio in galleria determini:

- danno grave alla salute degli utenti e dei soccorritori (intossicazione, soffocamento, ustioni);
- danno alla struttura (sfogliatura e distacco del calcestruzzo, surriscaldamento delle armature metalliche, crollo dei controsoffitti, pavimentazione stradale);
- danno grave agli impianti installati in galleria (acceleratori, corpi illuminanti, cablaggi, sensori controllo e monitoraggio);
- danno grave ai veicoli coinvolti ed ai beni trasportati;
- danno economico derivante dall'interruzione del servizio.

ANNO	GALLERIA (LUNGHEZZA)	PAESE	VEICOLI ORIGINE INCENDIO (CARICO)	CAUSA PROBABILE	DURATA EVENTO	DANNO	
						Persone	Struttura
1968	Moorfleet (243 m)	Amburgo Germania	1 rimorchio di VP (14 t. imballi polietilene)	Guasto ai freni	1 h 30 min	Nessuna	Danno grave per 34 m
1975	Guadarrama (3.330 m)	Guadarrama Spagna	1 VP (contenitori di resine vegetali)	Sconosciuta	2 h 45 min	Nessuna	Danno grave per 210 m
1976	B6 (430 m)	Parigi Francia	1 VP (16 t. rotoli poliestere)	Sconosciuta	1 h	12 intossicati	Danno grave per 150 m
1978	Velsen (770 m)	Velsen Olanda	2 VP + 4 VL	Tamponamento	1 h 20 min	5 morti 5 feriti	Danno grave per 30 m
1983	Fréjus (12.868 m)	Modane Francia- Italia	1 VP (materie plastiche)	Rottura cambio	1 h 50 min	Nessuna	Danno grave per 200 m
1984	Felbertauern (5.130 m)	Austria	1 autobus	Grippaggio dei freni	1 h 30 min	Nessuna	Danno al soffitto ed agli impianti per 100 m



1984	Gotthard (16.321 m)	Goeschenen Svizzera	1 VP rotoli di material plastica	Motore	24 min	Nessuna	Danno grave per 30 m
1987	Gumfens (340 m)	Berna Svizzera	1 VP 1 VP + 1 furgone	Collisione	2 h	2 morti	Danno leggero
1993	Serra Ripoli (442 m)	Bologna Italia	1 VL + 1 VP (rotoli di carta) 3 VP + 10 VL	Collisione	2 h 30 min	4 morti / feriti	Danno grave al rivestimento
1994	Gotthard (16.321 m)	Goeschenen Svizzera	1 VP (biciclette imballate con plastica e cartone)	Cedimento piano di carico con strisciamento su ruote	2 h	Nessuna	Danno grave al soffitto, pavimentazione e dotazioni impiantistiche, chiusura per 2.5 giorni
1995	Pfänder (6.719 m)	Austria	1 VP + 1 furgone + 1 VL	Collisione	1 h	3 morti	Danno grave al soffitto, e dotazioni impiantistiche, chiusura per 2.5 giorni
1996	Isola delle Femmine (150 m)	Italia (Sicilia)	1 autocisterna (gas liquefatto) + 1 autobus 18 VL	Collisione, esplosione	Sconosciuta	5 morti 20 feriti	Danno grave al ricoprimento ed alle dotazioni impiantistiche
1999	Tunnel Monte Bianco (11.600 m)	Italia - Francia	1 VP (grassi vegetali refrigerati) 7 VP + 11 VL	Sconosciuta	72 h	39 morti	Danno grave al ricoprimento ed alle dotazioni impiantistiche per 700 m
1999	Tauern Tunnel (8.552 m)	Austria (Flachau)	1 VP (vernici)	Tamponamento	Unknown	12 morti	Danno grave al ricoprimento ed alle dotazioni impiantistiche
2000	Gothard Tunnel (16.321 m)	Svizzera	1 VP (pneumatici) 1 VP	Collisione frontale	36 h	11 morti	Danno grave al ricoprimento ed alle dotazioni impiantistiche per 300 m
2003	Colli berici	Italia	1 Autobus	Ribaltamento		6 morti 50 feriti	
2005	Fréjus (12.868 m)	Italia- Francia	1 VP (pneumatici) 2 VP	Guasto al motore	15 h	2 morti 20 feriti	Danni al controsoffitto ed alle dotazioni impiantistiche per 50 m

Tabella 1 eventi di incendio caratterizzati da elevate conseguenze verificatisi in gallerie stradali in
differenti paesi

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 204 di 221
--	---	-------------------------	-----------------

Allegato 5 Standardizzazione del termine di sorgente

Il termine di sorgente, nella modellazione di un evento di incendio è quantificato utilizzando come grandezza caratteristica la potenza termica generata dai focolai potenziali identificati con i veicoli ammessi al transito.

La scelta della potenza termica generata dai focolai potenziali come grandezza caratteristica è giustificata dalle indicazioni derivanti dallo stato attuale delle conoscenze inerenti la dinamica degli eventi di incendio.

L'incendio di un veicolo si assume assimilabile ad un processo caratterizzato da una evoluzione rapida.

La dizione evoluzione rapida di un evento di incendio è mutuata dalla prassi dell'ingegneria antincendio per gli edifici.

La maggiorazione introdotta sulla velocità di evoluzione dell'evento si giustifica, nell'ottica dell'approccio prestazionale proposto come funzionale alla verifica della resistenza al fuoco dei dispositivi costituenti i sistemi di sicurezza, delle procedure di gestione degli scenari incidentali, delle procedure di esodo degli utenti.

Lo sviluppo di un evento di incendio può essere modellato adottando funzioni diverse ed identificando intervalli temporali caratteristici dell'evoluzione dell'evento.

Funzioni analitiche idonee alla rappresentazione dello sviluppo di un evento di incendio possono essere tanto funzioni definite a tratti quanto funzioni continue.

La scelta è subordinata alla tipologia dell'evento da modellare.

Esempi paradigmatici di funzioni di rappresentazione sono:

- funzioni triangolari,
- funzioni trapezoidali,
- funzioni esponenziali,
- curve di Gompertz.

Le funzioni triangolari sono idonee alla caratterizzazione di eventi di incendio relativi a singoli veicoli assumendo che il processo di propagazione ai veicoli adiacenti (effetto domino) sia caratterizzato da una probabilità di accadimento trascurabile.

Le funzioni trapezoidali sono idonee alla caratterizzazione di eventi di incendio per i quali la probabilità di accadimento dell'effetto domino può essere considerata non trascurabile.

L'instaurazione dell'effetto domino è condizionata da:

- distribuzione spaziale dei veicoli in prossimità del focolaio principale, determinata dalla dinamica dell'evento iniziatore,
- caratteristiche fisico-chimiche e merceologiche e le modalità di stoccaggio del carico determinanti la cinetica di combustione e la potenza generata dal focolaio,
- regimi di ventilazione caratterizzanti lo scenario che possono influenzare la stechiometria e la cinetica della combustione.

Le grandezze rilevanti nella caratterizzazione del termine di sorgente possono essere identificate con:

- il potere calorifico dei materiali combustibili,
- la velocità di combustione,
- la durata dell'evento.

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 205 di 221
--	---	-------------------------	-----------------

La caratterizzazione del fenomeno della combustione di focolai costituiti da veicoli di stazza medio-piccola è attualmente oggetto di ricerca presso diversi laboratori pubblici e privati.

La caratterizzazione del processo di combustione di focolai costituiti da veicoli pesanti è in fase embrionale di sviluppo dal punto di vista della ricerca teorica e sperimentale.

I dati disponibili sono derivati da un numero ridotto di prove condotte su scala reale finalizzate ad obiettivi diversi dalla caratterizzazione del processo di combustione.

La caratterizzazione del termine di sorgente per un evento di incendio nel quale sia coinvolto un veicolo pesante non può essere condotta su base rigorosa a causa della mancanza di procedure assodate e sostanziate dal punto di vista scientifico.

L'attuale sviluppo della ricerca suggerisce una standardizzazione ad interim dei termini di sorgente avulsa dalla descrizione quantitativa del processo di combustione dei focolai costituiti da autoveicoli pesanti.

La standardizzazione ad interim potrebbe essere attuata introducendo il concetto di "focolaio equivalente" quantificato attraverso "modelli di sorgente equivalente" definiti per macro categorie di veicoli in funzione del carico prevalentemente trasportato ed esclusivamente mirati ad una caratterizzazione energetica delle diverse tipologie di focolai di incendio possibili in galleria.

La caratterizzazione del termine di sorgente dovrebbe includere la quantificazione, in termini di composizione e tasso di generazione, dei prodotti della combustione tenendo in debito conto le interazioni tra "il ciclo del combustibile" ed il "ciclo del comburente" in un ambiente confinato, responsabili dei pericoli potenziali ai quali possono essere soggetti gli utenti e le squadre di soccorso.

La caratterizzazione potrebbe essere effettuata assumendo come grandezze rappresentative:

- il deficit di ossigeno,
- la produzione di monossido di carbonio,
- la produzione di vapore acqueo,
- la tossicità specifica del carico e dell'involucro.

Lo stato fisico dei fumi potrebbe essere caratterizzato assumendo come grandezze rappresentative:

- la temperatura media,
- il coefficiente di assorbimento,
- il coefficiente di diffrazione,
- l'opacità.

La caratterizzazione energetica dei focolai in termini di potenza termica generata accoppiata a modelli semiempirici di rappresentazione del pennacchio di fumi generati dal focolaio è correntemente adottata per riprodurre i valori di portata dei fumi utilizzati nella fase preliminare di dimensionamento degli impianti di ventilazione.

I focolai di incendio costituiti da veicoli possono essere altresì caratterizzati formulando e risolvendo modelli di complessità formale crescente in funzione del livello di rappresentazione richiesto quali:

- modelli mono-dimensionali di rappresentazione del fenomeno della combustione omogenea atti a descrivere l'evoluzione di focolai costituiti da pozze di combustibile,
- modelli bi-tridimensionali di rappresentazione del fenomeno della combustione eterogenea atti a descrivere l'evoluzione di focolai costituiti da materiali eterogenei in fase solida e riprodurre il fenomeno della combustione superficiale.

La potenza termica generata da un focolaio costituito da autoveicoli può essere stimata a partire dall'energia posseduta dal combustibile attraverso la seguente relazione semi-empirica determinata correlando dati sperimentali ottenuti nell'ambito di prove condotte su scala reale in condizioni di ventilazione naturale:

$$\dot{Q} = A + a \cdot E^b$$

I risultati ottenibili dalla relazione riportata sono sintetizzati nella successiva tabella.

		Energia	P _T	$\dot{Q}$
Veicolo da turismo	Piccolo	6000 MJ		
	Grande	12000 MJ	18000 MJ	8 MW
Furgone	Allestimento	9000 MJ		
Carico	a) prodotti cellulosici	24000 MJ	33000 MJ	
	b) liquido infiammabile	54000 MJ	63000 MJ	15 MW
Veicolo pesante	Motrice	7000 MJ		
	Semirimorchio	25000 MJ		
Carico	Combustibile autotrazione (500 l)	18000 MJ	50000 MJ	30 MW
	a) prodotti cellulosici	280000 MJ	330000 MJ	
	b) liquido infiammabile	400000 MJ	450000 MJ	100 MW

dove E è l'energia attribuita ai singoli componenti costituenti il focolaio, P_T è l'energia complessiva attribuita al focolaio, $\dot{Q}$ è la potenza massima generata dal focolaio.

La potenza totale generata dal focolaio è comprensiva della componente convettiva e della componente radiativa. La componente radiativa può essere assunta, in prima approssimazione, pari al 30 % della potenza massima.

La successiva tabella sintetizza i parametri utili per la caratterizzazione energetica dei focolai di incendio in galleria correntemente utilizzati nel dimensionamento del sottosistema di ventilazione.

Tipologia della sorgente	E	$\dot{Q}_M$	t _c	t _{max}	t _e	v _a	$\dot{G}_f$	$\dot{G}_f^*$
	[MJ]	[MW]	[min]	[min]	[min]	[m/s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
2-3 <i>Autovetture</i>	15000 18000	8	5	20-25	20	2	30	30
1 furgone	40000 65000	15	5	30	15-20	2.5	50	50-70
1 veicolo pesante	125000 150000	30-50	10	50-60	30	3	80-120	110-250
1 cisterna liquido infiammabile	450000 1000000	100-200	10	60	30	4	300	250-400

dove t_c è il tempo di crescita, t_{max} è il tempo caratteristico della fase stazionaria dell'evento, t_e è il tempo di estinzione, V_a è la velocità dell'aria in galleria, $\dot{Q}_f$ è la portata di fumi generati dal focolaio, $\dot{Q}_f^*$ è la portata della miscela aria-fumi in galleria, correntemente indicata come portata di estrazione.

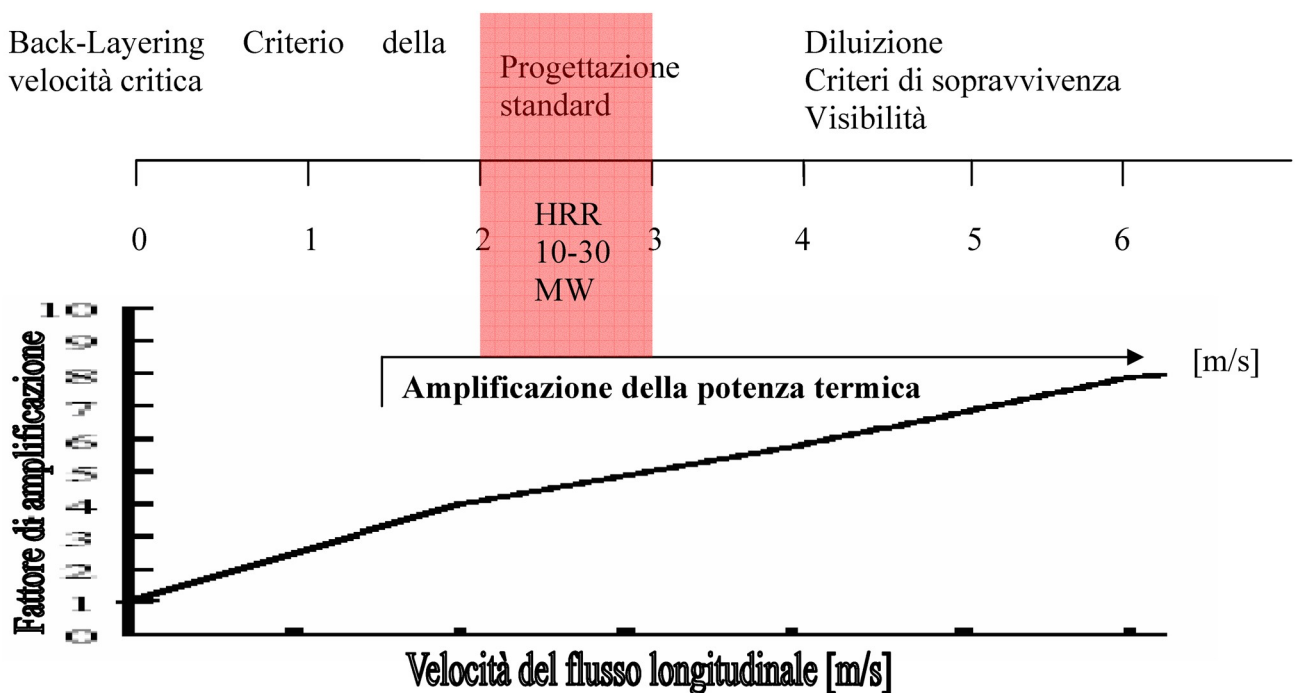
La portata di estrazione è determinata attraverso la relazione:

$$\dot{Q}_f^* = A(v_a + 1)$$

dove A è la sezione della galleria.

I valori riportati devono essere considerati valori di confronto e non essere assunti a dettati progettuali.

La successiva figura esemplifica l'effetto della velocità del flusso d'aria in galleria sulla dinamica del focolaio ed evidenzia come essa possa modificare in modo sostanziale il flusso del pericolo all'interno della struttura.



Lo sviluppo di un evento di incendio, essendo stati indicati i tempi caratteristici di evoluzione del fenomeno, può essere modellato con funzioni triangolari, trapezoidali, esponenziali.

Una rappresentazione analitica della fase di crescita di un evento di incendio può essere ottenuta ipotizzando che esso evolva secondo un modello t^2 definito dall'equazione:

$$\dot{Q}(t) = \alpha t^2$$

dove α è un idoneo coefficiente di crescita e t è il tempo.

La successiva tabella sintetizza i parametri utili per la caratterizzazione del fenomeno della combustione.

<i>Consumo di ossigeno</i>	1 kg per 13 MJ di combustibile bruciato
<i>Produzione di CO₂</i>	0,1 kg/s per 1 MW
<i>Produzione di CO (dipendente dal fattore di ventilazione)</i>	[CO ₂]/[CO] = 5 per combustione in difetto d'aria 25 per combustione in eccesso d'aria

Le curve rappresentative dei parametri:

- consumo di ossigeno,
- produzione di anidride carbonica,
- produzione di monossido di carbonio,
- possono essere tracciate utilizzando i fattori di consumo e di produzione indicati, essendo nota e fissata la curva di evoluzione della potenza termica generata dal focolaio.

Opacità dei fumi

Il coefficiente di estinzione in galleria può essere stimato dalla seguente espressione:

$$k = 83000 \frac{[\text{CO}_2]}{T_{\text{gas}}} \quad [\text{m}^{-1}]$$

dove $[\text{CO}_2]$ è la frazione in volume di anidride carbonica nei prodotti della combustione e T_{gas} [K] è la temperatura media della miscela aria-fumi valutata in una generica sezione trasversale della galleria.

La distanza di visibilità può essere determinata dalla relazione:

$$d = \frac{C}{K}$$

con

$$2 \leq C \leq 6$$

dove la costante C è funzione delle condizioni di illuminazione e contrasto dei pannelli di segnalazione.

Il tasso di evaporazione di composti chimici liquidi e gassosi liquefatti che generano una pozza in conseguenza di un evento di sversamento può essere stimato dalla relazione:

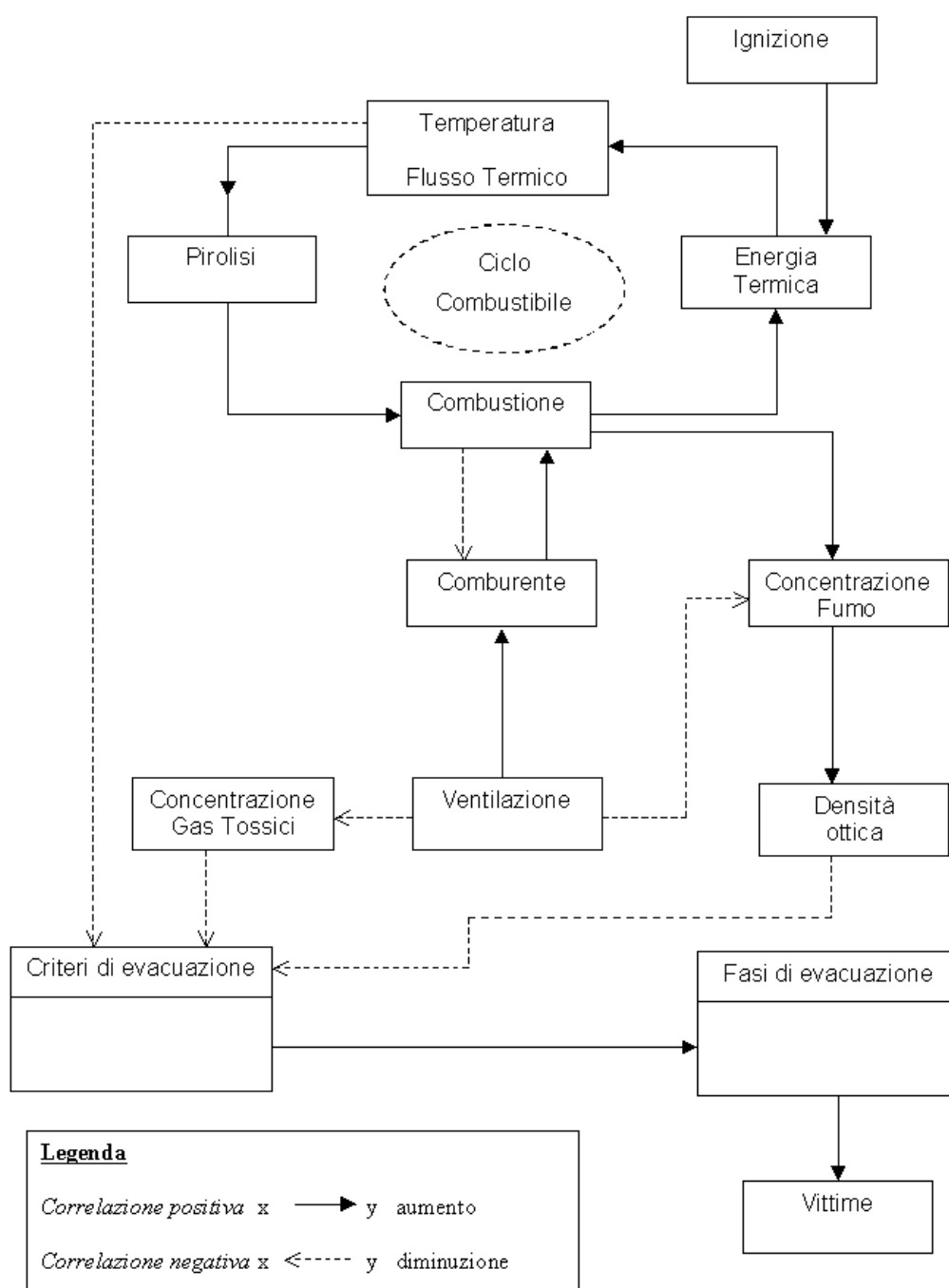
$$ER = 2.32 \cdot 10^{-7} \left[(M \cdot A_p \cdot p_v) / T_a \right] v_a^{0.8} \quad [\text{kg/s}]$$

dove ER è il tasso di evaporazione, M è il peso molecolare del composto [kg/kmol], A_p è l'area della pozza [m²], p_v è la tensione di vapore [Pa], T_a è la temperatura dell'aria ambiente, v_a è la velocità dell'aria ambiente.

Allegato 6 Relazioni causali nella produzione dei rischi primari

La successiva figura riporta uno schema delle relazioni tra ciclo combustibile e ciclo comburente che concorrono alla produzione dei rischi primari in un evento di incendio.

Relazioni Causali che Controllano la Produzione Rischi Primari



	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 210 di 221
--	---	-------------------------	-----------------

Allegato 7 Modellazione del flusso del pericolo

Il flusso del pericolo in galleria, definito come il flusso indotto dai fenomeni termodinamici e fluidodinamici conseguenti all'accadimento di un evento critico rilevante, è determinato da:

- configurazione geometrica della struttura,
- destinazione d'uso della struttura,
- dinamica della sorgente,
- caratteristiche specifiche dei fenomeni e dei processi di trasporto delle grandezze massa, quantità di moto, energia.

La configurazione geometrica della struttura condiziona la propagazione dei prodotti della combustione, i processi di scambio termico, il processo di dispersione delle sostanze tossiche.

La destinazione d'uso della struttura rende rilevante, ai fini della sicurezza, il comportamento degli utenti.

Considerato come paradigmatico degli insiemi possibili degli eventi critici rilevanti un evento di incendio, la propagazione dei prodotti della combustione all'interno della galleria può essere rappresentata/modellata formulando e risolvendo modelli di complessità formale crescente quali:

- modelli termodinamici mono-dimensionali per i quali il sistema galleria è assimilato ad uno scambiatore di calore;
- modelli bi-tridimensionali per i quali la propagazione dei prodotti della combustione è descritta simulando un flusso turbolento non isoterma condizionato nello sviluppo e determinato nelle caratteristiche dai vincoli fluidodinamici e di scambio termico imposti all'interno e sul contorno della galleria.

I modelli termodinamici possono essere risolti per via analitica mentre i modelli fluidodinamici possono essere risolti solo per via numerica data la natura non lineare delle equazioni di definizione e dei relativi accoppiamenti.

La formulazione e la soluzione dei modelli bi-tridimensionali può essere effettuata utilizzando il metodo della fluidodinamica numerica.

La propagazione dei prodotti della combustione è un processo sensibile alle variazioni di numerosi parametri di natura diversa:

- parametri geometrici,
- parametri fluidodinamici,
- parametri di scambio termico,
- parametri caratterizzanti il trasporto di massa.

I modelli, in modo indipendente dal livello di complessità formale, sono affetti da limiti ed incertezze:

- limiti di rappresentazione dei fenomeni e dei processi,
- incertezze nelle condizioni iniziali ed al contorno,
- errori connessi al processo di discretizzazione ed ai metodi numerici di soluzione, quando non si utilizzino modelli semplificati suscettibili di soluzioni analitiche.

La modellazione degli scenari è preposta a:

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 211 di 221
--	---	-------------------------	-----------------

- mostrare in modo univoco il ruolo svolto da ciascuno dei sistemi di sicurezza e delle procedure di gestione nel limitare l'evoluzione dei processi e gli effetti nocivi sulla sicurezza degli utenti,
- evidenziare le mutue interazioni tra sistemi di sicurezza e procedure di gestione in condizioni di emergenza,
- identificare gli elementi di debolezza di ciascun sottosistema di sicurezza e gli effetti sulla risposta complessiva in termini di sicurezza globale della struttura,
- determinare l'esistenza e l'estensione di zone pericolose all'interno della struttura e nell'ambiente circostante,
- determinare i tempi di instaurazione e di permanenza delle zone pericolose.

L'atto di moto dei prodotti della combustione in un evento di incendio all'interno di una galleria stradale è influenzato da numerosi fattori:

- le caratteristiche geometriche ed architettoniche della galleria;
- le caratteristiche energetiche del focolaio principale;
- la localizzazione del focolaio principale all'interno della galleria;
- la distribuzione dei veicoli nell'intorno del focolaio principale;
- gli scambi termici tra il focolaio e lo strato dei fumi;
- gli scambi termici tra lo strato dei fumi e le pareti della struttura;
- gli scambi termici tra il focolaio, lo strato dei fumi e i veicoli adiacenti;
- la differenza di pressione tra i portali;
- l'effetto camino;
- l'effetto pistone dei veicoli;
- le caratteristiche del sistema di ventilazione;
- tipologia;
- caratteristiche aerauliche;
- modalità di controllo.

Un modello di incendio all'interno di una galleria stradale, adottando una rappresentazione euleriana di descrizione dell'evento, è definito da un sistema di equazioni differenziali alle derivate parziali corredate di idonee condizioni al contorno.

Le equazioni differenziali alle derivate parziali attraverso le quali si definisce il modello sono:

- l'equazione di bilancio della massa;
- l'equazione di bilancio della quantità di moto;
- l'equazione di bilancio dell'energia;
- l'equazione di dispersione dei prodotti della combustione.

Le condizioni iniziali e le condizioni al contorno definiscono i vincoli fluidodinamici e termici propri del sistema galleria.

Un modello di incendio in una galleria stradale deve comprendere idonei sotto-modelli per:

- il fenomeno della combustione;
- il fenomeno della turbolenza;
- i processi di scambio termico;
- i processi di trasporto di massa.

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 212 di 221
--	---	-------------------------	-----------------

Un evento di incendio in una galleria stradale definisce un flusso turbolento e reattivo in un dominio parzialmente confinato.

La complessità formale di un modello di evento di incendio in galleria determina l'utilizzo del metodo della fluidodinamica numerica come strumento principe nell'analisi di scenario.

La modellazione del processo di dispersione di una nube tossica può essere condotta in modo affatto analogo alla modellazione del moto dei fumi, ricordando che il processo di dispersione può essere assimilato ad un processo isoterma cosicché per esso non devono essere modellati i processi ed i fenomeni connessi all'esistenza di differenze finite di temperatura all'interno del dominio di calcolo identificato con la struttura.

Modelli di campo

I modelli numerici per la determinazione del flusso del pericolo possono essere raggruppati in due categorie:

- modelli mono-dimensionali;
- modelli tri-dimensionali.

Modelli mono-dimensionali

I modelli mono-dimensionali (modelli 1D) sono definiti dalle equazioni della meccanica dei fluidi assumendo:

- la validità dell'approssimazione di Boussinesq;
- l'uniformità dei parametri di stato in una generica sezione della galleria.

I modelli 1D non consentono, in modo esplicito, la stratificazione del flusso.

La pleora di modelli 1D disponibili può essere ricondotta alle seguenti famiglie:

- modelli isoterma stazionari;
- modelli anisoterma stazionari;
- modelli anisoterma non stazionari.

I risultati forniti dai modelli 1D sono fortemente influenzati dai valori numerici dei seguenti parametri:

- coefficienti di perdita di carico per le sezioni di ingresso e di uscita;
- coefficienti di perdita di carico per le bocchette di ventilazione;
- rugosità delle pareti;
- coefficienti aerodinamici dei veicoli;
- coefficienti delle curve caratteristiche degli acceleratori;
- coefficienti per le variazioni della sezione trasversale;
- coefficienti globali di scambio termico.

I modelli 1D, in virtù delle drastiche semplificazioni apportate nella descrizione dei fenomeni e dall'uso diffuso di correlazioni semi-empiriche assunte come rappresentative di numerosi aspetti caratterizzanti la dinamica del processo di trasporto dei fumi, costituiscono lo strumento di simulazione correntemente adottato nella prassi ingegneristica per:

- l'apprezzamento del comportamento aeraulico della struttura galleria;
- la stima dei tempi di risposta del sotto-sistema di ventilazione;
- l'analisi parametrica degli scenari incidentali a costo ridotto in termini di strumenti e tempi di simulazione.

I modelli 1D sono generalmente adottati nel dimensionamento dei sotto-sistemi di ventilazione di tipo longitudinale. I risultati forniti dai modelli 1D nel dimensionamento di sotto-

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 213 di 221
--	---	-------------------------	-----------------

sistemi di ventilazione di tipo trasversale (semi-trasversale) sono fortemente condizionati dalla “perizia” del progettista.

I modelli 1D, ad esempio, non sono in grado di:

- simulare il fenomeno del back-layering;
- stimare la temperatura del flusso ad altezza d'uomo, e, per essa, la verifica dei criteri di sopravvivenza;
- stimare la temperatura massima in volta;
- stimare la temperatura media dell'aria in galleria in condizioni di flusso stagnante a monte del focolaio.

Il livello di complessità nella modellazione del moto dei fumi è determinato dalla destinazione d'uso dei risultati definizione della:

- strategia di controllo e gestione dei fumi;
- strategia di esodo degli utenti.

Modelli tri-dimensionali

I modelli di campo consentono, entro i limiti propri degli attuali modelli di combustione e di turbolenza, una descrizione dettagliata e verosimile delle caratteristiche tridimensionali dei flussi delle masse d'aria indotti da un incendio e dell'evoluzione dello strato di fumi da esso generati in domini geometrici comunque complessi ed in condizioni di flusso diverse.

Le informazioni ottenute dalla soluzione di un modello di campo possono essere utilizzate dal progettista per posizionare in modo ottimale i rivelatori di fumo ed i componenti attivi dei sistemi di spegnimento, nonché, per una scelta oculata della tipologia e delle caratteristiche dei componenti dei sistemi di ventilazione anche dal punto di vista del risparmio energetico.

L'uso limitato ad applicazioni particolari dei modelli di campo nella pratica ingegneristica, nonostante l'esistenza di codici commerciali di fluidodinamica numerica che ne consentono l'integrazione, è condizionato dalla disponibilità di idonei strumenti di calcolo e dagli elevati tempi di esecuzione.

L'analisi dell'interazione dell'impianto di ventilazione con lo strato dei fumi generati da un evento di incendio può essere condotta utilizzando idonei modelli di campo e/o ibridi.

L'analisi numerica di un evento di incendio in galleria richiede la formulazione di un idoneo modello di campo da risolvere mediante codici di fluidodinamica numerica (CFD).

La procedura di costruzione del modello di campo è sintetizzata, nelle sue fasi essenziali, nella successiva tabella.

Geometria	Lunghezza Larghezza Altezza	Tipologia della sezione trasversale
Incendio	Macro-elemento focolaio	
	Dimensione Forma	Potenza termica generata Tasso di generazione dei fumi
	Modello di combustione	
	Omogenea	Eterogenea
Sversamento	Macro-elemento pozza di combustibile liquido	
	Dimensione Forma	Tasso di evaporazione del combustibile
Condizioni al contorno	Portali-Canali di ventilazione Inflow-Fan model Outflow Free Boundaries	Pareti Wall functions approach Conductive heat transfer
Metodo di discretizzazione	Volumi finiti	
Griglia di calcolo	Structured Cartesian Body Fitted Coordinates	Unstructured Grids Adaptive grids
Schemi di integrazione Algoritmi di soluzione Espliciti Impliciti Semi-Impliciti	Convection Diffusion Flows Power law Hybrid scheme QUICK scheme	Velocity pressure coupling SIMPLE SIMPLER SIMPLE-C PISO
Sottomodelli	Turbolenza k-ε -Buoyancy k-ε -RNG Reynolds Stresses LES DNS	Scambio termico radiativo Rosseland P1 Discrete Transfer Discrete Ordinate Method Monte Carlo Method

La formulazione di modelli tridimensionali degli eventi incidentali ad elevata pericolosità in un sistema galleria richiede conoscenza specifica ed approfondita in branche diverse della fisica, quali la fluidodinamica, la termodinamica, lo scambio termico, la combustione.

La modellazione del fenomeno della turbolenza, del processo della combustione eterogenea turbolenta, dello scambio termico per irraggiamento, costituiscono argomento della ricerca di base ed è ridotto il numero delle verifiche sperimentali disponibili per gli eventi ad elevata pericolosità possibili in galleria. Il realismo dei risultati ottenuti dalla soluzione dei modelli attualmente disponibili non è un dato acquisito ed è fortemente condizionato dal livello di formazione e dall'esperienza posseduta dall'utilizzatore di codici commerciali di fluidodinamica numerica.

I risultati ottenuti da utilizzatori diversi, pur derivando da codici commerciali identici, possono variare in modo significativo sia in termini di andamenti qualitativi che in termini di profili quantitativi delle grandezze termofluidodinamiche rilevanti per la sicurezza.

L'affermazione non è stupefacente ricordando che:

la formulazione di modelli di fluidodinamica numerica richiede dati di ingresso dettagliati inerenti l'estensione del dominio di calcolo, le caratteristiche della griglia di discretizzazione, gli indicatori locali della turbolenza, la caratterizzazione dei focolai, la rappresentazione degli ostacoli, le condizioni di scambio termico tra fluido di processo e pareti dell'involucro;

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 215 di 221
--	---	-------------------------	-----------------

l'implementazione dei sottomodelli di turbolenza, combustione, scambio termico è diversa in ogni codice commerciale ed è fortemente condizionata dal modello di discretizzazione adottato;

Ogni schema di soluzione numerica deve soddisfare i requisiti di:

- consistenza,
- stabilità,
- convergenza.

Scelta del livello di modellazione

Gli strumenti essenziali nella scelta del livello di modellazione degli eventi ad elevata pericolosità in galleria risultano essere:

- gli scenari incidentali ipotizzati,
- la strategia di ventilazione adottata,
- la strategia di esodo prevista.

La scelta del livello di modellazione può essere condotta, in prima approssimazione, in accordo alle seguenti indicazioni:

- per gallerie monodirezionali di media lunghezza, caratterizzate da sezioni trasversali ridotte e dotate di sistemi di ventilazione longitudinale, una modellazione del flusso del pericolo con modelli mono-dimensionali può essere accettata, ferma restando l'impossibilità per i codici mono-dimensionali di riprodurre il fenomeno della stratificazione del flusso e, per esso, consentire la verifica dei criteri di sopravvivenza;
- per gallerie bidirezionali il flusso del pericolo deve essere determinato formulando modelli di campo tri-dimensionali degli eventi ad elevata pericolosità in galleria, risolti per via numerica.

Valutazione dei risultati di modelli di campo

Le simulazioni degli eventi ad elevata pericolosità condotte utilizzando codici commerciali di fluidodinamica numerica dovrebbero essere presentate seguendo un piano strutturato in modo da evidenziare i seguenti aspetti:

- principi di simulazione,
- dominio di calcolo e griglia di discretizzazione,
- condizioni iniziali e condizioni al contorno,
- modello di discretizzazione ed algoritmi di soluzione,
- presentazione e discussione dei risultati.

Il paragrafo inerente i principi di simulazione deve contenere informazioni dettagliate su:

- variabili di rappresentazione,
- tipologia e regime di flusso,
- sotto-modello di turbolenza,
- sotto-modello di combustione, ovvero, sotto-modello del focolaio,
- sotto-modello di scambio termico radiativo.

Il paragrafo inerente il dominio di calcolo e la griglia di discretizzazione deve contenere informazioni dettagliate su:

porzione di galleria simulata, caratteristiche plano-altimetriche della struttura, semplificazioni architettoniche introdotte, vista trasversale e vista longitudinale della griglia di

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 216 di 221
--	---	-------------------------	-----------------

calcolo adottata in sezioni rappresentative della struttura, in corrispondenza del focolaio, in corrispondenza di un acceleratore, in corrispondenza di una bocchetta di aspirazione / immissione, numero totale di celle, numero di celle nelle sezioni rappresentative, dimensioni delle celle in prossimità delle pareti.

Il paragrafo inerente le condizioni iniziali e le condizioni al contorno deve contenere informazioni dettagliate su:

- condizioni ai portali,
- natura delle condizioni al contorno: pressione, portata in massa, velocità, profili completamente sviluppati,
- valori adottati per gli indicatori locali di turbolenza corredati di idonea giustificazione,
- modellazione dei veicoli, modellazione dell'effetto pistone, modellazione dell'effetto di bloccaggio,
- modellazione degli acceleratori,
- modellazione delle bocchette di aspirazione / immissione,
- rugosità delle pareti,
- vincoli termici a parete.

Il paragrafo inerente il modello di discretizzazione e gli algoritmi di soluzione deve contenere informazioni dettagliate su:

- schemi di discretizzazione nello spazio e nel tempo,
- algoritmo di risoluzione,
- passo temporale,
- criteri di convergenza.

Il paragrafo inerente la presentazione e discussione dei risultati deve contenere informazioni dettagliate su:

- risultati delle simulazioni utilizzati nelle stime del danno,
- criterio utilizzato per determinare il grado di stratificazione dei fumi,
- modello di calcolo della visibilità,
- modello di calcolo della potenza irraggiata;
- realismo delle simulazioni
- dettagli sul flusso,
- campi di temperatura e campi di concentrazione in diversi istanti chiave dell'evoluzione dell'evento,
- profili verticali di concentrazione in corrispondenza delle vie di fuga,
- temperatura media del focolaio,
- estensione della zona di combustione.

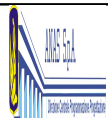
Le successive tabelle sintetizzano le caratteristiche dei modelli numerici per la simulazione degli eventi incidentali in galleria.

Principali Vantaggi dei Modelli Numerici		
<i>Proprietà</i>	<i>Modelli 1D</i>	<i>Modelli 3D</i>
Definizione della geometria	Semplificata	Esatta**
Definizione della ventilazione	Semplificata	Esatta
Sorgente termica	Semplificata	Semplificata - Esatta
Complessità del modello	Bassa	Alta
Risultati	Globali, integrali	Locali
Verifica	Costosa	Costosa
Test di plausibilità	Semplice	Costoso
Dipendenza dalle dimensioni	Medio-bassa	Alta**
Accuratezza dei risultati locali	Ordine della soluzione	Dimensioni cella
Costo di utilizzo	Basso	Molto alto*

* Tempi di calcolo crescenti in modo esponenziale con il numero di celle.

** Dipendenza dalle dimensioni della griglia e dagli errori di discretizzazione.

Capacità Previsionali dei Modelli Numerici		
<i>Capacità Previsionale</i>	<i>Modelli 1D</i>	<i>Modelli 3D</i>
Temperatura locale del pennacchio	No	Si
Temperatura locale esterna al pennacchio	Media spaziale	Si
Temperatura degli strati	No	Si
Concentrazione Fumi	Si	Si
Campo di velocità	Media spaziale	Si
Geometria complessa	No	Si - Onerosa
Temperature di parete	No	Si - Equazione della Conduzione
Analisi parametrica	Semplice	Possibile - Onerosa

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 218 di 221
--	---	-------------------------	-----------------

GLOSSARIO

ALARP

Acronimo dell'espressione inglese As Low As Reasonably Practicable che individua la porzione del diagramma frequenza di accadimento – numero di fatalità compresa tra il livello di accettabilità ed il livello di tollerabilità del rischio entro la quale si applica l'analisi costi – benefici come criterio guida nell'assumere decisioni di gestione del rischio in presenza di incertezza per una data struttura. I livelli di accettabilità e di tollerabilità delimitano la regione di accettabilità condizionata del rischio.

ALBERO DEGLI EVENTI

Sequenza di eventi, ognuno caratterizzabile in termini di probabilità di accadimento condizionate dall'azione delle misure di prevenzione e protezione adottate.

ANALISI DI RISCHIO

Metodologia finalizzata alla valutazione ed alla gestione del rischio associato ad un determinato sistema galleria rispetto alle conseguenze sulla popolazione esposta.

La valutazione del rischio è un processo che comporta l'individuazione delle sorgenti di pericolo e la determinazione dell'esposizione della popolazione al pericolo ed include la stima delle incertezze connesse.

La gestione del rischio è l'atto decisionale, susseguente alla valutazione del rischio, inerente la realizzazione di misure di sicurezza, in modo congruente alle caratteristiche del contesto sociale, economico, politico del paese nel quale è realizzata l'opera.

CONSEGUENZA

Risultanza dell'accadimento di un evento pericoloso sulla popolazione esposta, sulla struttura, sugli impianti, sull'economia, sull'ambiente.

EVENTO ELEMENTARE

Singolo accadimento di una successione di eventi consequenziali.

EVENTO INIZIATORE

Accadimento all'origine di una catena di eventi successivi che determinano nel loro complesso uno scenario di pericolo caratterizzato da una specifica distribuzione di conseguenze che identificano il danno ad esso associato.

EVENTO CRITICO

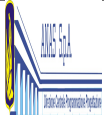
Evento caratterizzato da bassa probabilità di accadimento ed elevate conseguenze.

FLUSSO VEICOLARE

Numero di veicoli transitati in una sezione stradale nell'unità di tempo conteggiati indipendentemente dalle loro caratteristiche tipologiche.

GALLERIA SPECIALE –FATTORI DI PERICOLO

Galleria alla quale sono associate caratteristiche geometriche, funzionali e ambientali che possono indurre condizioni di pericolo per gli utenti tali da richiedere, suffragata da analisi di rischio, l'adozione di misure di sicurezza integrative.

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 219 di 221
--	---	-------------------------	-----------------

GALLERIA VIRTUALE

Galleria che possiede tutte le misure di sicurezza corrispondenti ai requisiti minimi obbligatori operanti in condizioni ideali.

INCIDENTE

Evento, o serie di eventi, non intenzionali che causano danni a persone, a cose e all'ambiente ovvero la disfunzione di un sistema o di un servizio.

INCIDENTALITÀ SPECIFICA

Numero di eventi incidentali verificatisi nell'unità di tempo e di sviluppo della strada rapportati ai veicoli transitati nella stessa sezione e nello stesso tempo.

INDICE DI RISCHIO

Indicatore quantitativo di rischio espresso in funzione della probabilità di accadimento di un evento incidentale e dell'entità delle conseguenze da esso derivanti.

LIVELLO DI RISCHIO ACCETTABILE

Livello di rischio proprio della galleria virtuale.

LIVELLO DI RISCHIO TOLLERABILE

Livello di rischio associato al livello globale di sicurezza del sistema galleria rispondente ai requisiti minimi di sicurezza.

LIVELLO GLOBALE DI SICUREZZA

Livello di sicurezza del sistema galleria fornito dalle misure di sicurezza installate.

LUNGHEZZA DI TRANSIZIONE

Sviluppo stradale di limitata estensione ove, in fase di esercizio, l'utente adegua la marcia a diverse situazioni geometrico-funzionali.

MALFUNZIONAMENTO

Condizione funzionale delle misure di sicurezza diversa dalle condizioni di progetto e caratterizzata da una specifica probabilità che essa possa determinare una condizione di pericolo ed un conseguente danno.

MISURE DI EQUIVALENZA

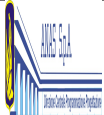
Provvedimenti adottabili per conseguire un livello globale di sicurezza equivalente quando non siano tecnicamente od economicamente realizzabili uno o più dei requisiti minimi caratterizzanti una classe di gallerie.

MISURE DI SICUREZZA

Provvedimenti strutturali, impiantistici, gestionali mirati a ridurre la probabilità di accadimento e/o le conseguenze di eventi incidentali.

MISURE DI SICUREZZA INTEGRATIVE

Provvedimenti complementari che integrano i requisiti minimi di sicurezza e sono finalizzati al perseguimento di un minore livello di rischio per le gallerie che presentano caratteristiche speciali rispetto ai parametri di sicurezza, tali da determinare condizioni di maggiore potenziale pericolo.

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 220 di 221
--	---	-------------------------	-----------------

POPOLAZIONE ESPOSTA

Insieme costituito dagli utenti, dal personale di esercizio, dal personale addetto al soccorso.

PREVENZIONE

Misure ed azioni intese a ridurre la probabilità di accadimento di un evento pericoloso.

PROBABILITÀ DI INCIDENTE

Sommatoria delle probabilità individuali di incidente estesa al flusso transitato su un tronco stradale in un definito arco temporale.

PROBABILITÀ INDIVIDUALE DI INCIDENTE

Sommatoria delle produttorie delle probabilità degli eventi elementari intercettati da ciascun percorso critico dell'albero degli eventi.

PROBABILITÀ DI MALFUNZIONAMENTO

Rapporto normalizzato tra il numero di eventi anomali rispetto al totale degli eventi possibili nelle condizioni di ordinario funzionamento.

PROTEZIONE

Misure ed azioni intese a ridurre le conseguenze di un evento pericoloso.

QUALIFICAZIONE FUNZIONALE DELLA STRADA

Caratterizzazione dell'itinerario stradale in funzione della tipologia prevista dal CdS e dell'ambito territoriale attraversato.

REQUISITI DI SICUREZZA

Provvedimenti strutturali, infrastrutturali ed impiantistici previsti per un tracciato stradale in sotterraneo e finalizzati a ridurre il rischio d'esercizio agendo sia sulla probabilità di accadimento degli eventi incidentali, sia sulle possibili conseguenze.

REQUISITI MINIMI DI SICUREZZA

Provvedimenti strutturali, infrastrutturali ed impiantistici necessari a garantire il livello globale di sicurezza associato alla soglia di rischio tollerabile.

RISCHIO

Legame analitico tra probabilità di accadimento di un evento ed entità delle conseguenze da esso derivanti, inclusiva delle incertezze connesse alla stima delle grandezze di definizione.

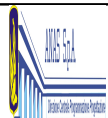
SCENARIO

Una successione di eventi che descrive, a partire da un dato evento iniziatore, le modalità condizionate dalle misure di sicurezza adottate, che inducono determinate conseguenze.

SISTEMA GALLERIA

E' il complesso costituito dagli elementi strutturali, dall'ambiente circostante l'opera, dal traffico, pertinente l'opera e l'ambiente, dalle dotazioni di sicurezza impiantistiche e dalle procedure di gestione che caratterizzano un tracciato in sotterraneo della strada.

SITUAZIONI CRITICHE

	Linee Guida per la progettazione e realizzazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente	Rev. Ottobre 2009	Pag. 221 di 221
--	---	-------------------------	-----------------

Condizioni strutturali, ambientali e/o funzionali che determinano un'elevata probabilità di accadimento e/o gravi conseguenze per un evento incidentale.

TASSO INCIDENTALE

Numero di eventi incidentali per unità di sviluppo.

TRONCO STRADALE

Sezione longitudinale di un itinerario stradale dello sviluppo di alcuni chilometri caratterizzata da omogeneità strutturali, di traffico o funzionali.

VALUTAZIONE DI EQUIVALENZA

Analisi di rischio atta a verificare in forma quantitativa l'equivalenza ai fini del perseguimento di un livello globale di sicurezza tra provvedimenti previsti in alternativa ad eventuali requisiti minimi non realizzati e/o non realizzabili.

VEICOLI EQUIVALENTI

Quantificazione del flusso veicolare nell'unità di tempo espressa riconducendo tramite l'adozione di opportuni coefficienti di equivalenza le diverse componenti di traffico ad un'unica tipologia veicolare.

ZONA DI APPROCCIO ALLA GALLERIA

Tratta stradale precedente l'ingresso in galleria ove le condizioni di esercizio possono influenzare la sicurezza della marcia in sotterraneo.

ZONA IN USCITA ALLA GALLERIA

Tratta stradale precedente l'ingresso in galleria ove le condizioni di esercizio possono influenzare la sicurezza della marcia in sotterraneo.