



RINA

ISO 9001 • ISO 14001
OHSAS 18001 • SA 8000
BEST® Certified Integrated Systems

Società per Azioni Autostrada Brescia Verona Vicenza Padova

Via Flavio Gioia 71 37135 Verona

tel. 0458272222 Fax 0458200051 Casella Postale 460M www.autobspd.it

AREA COSTRUZIONI AUTOSTRADALI



AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD

PROGETTO PRELIMINARE

CUP G19J1 00001 40005

COMMESSA 25 2005

COMMITTENTE



S.p.A. AUTOSTRADA BRESCIA VERONA VICENZA PADOVA
Area Costruzioni Autostradali

CAPO COMMESSA
PER LA PROGETTAZIONE
Dott. Ing. Sergio Mutti

PROGETTISTA



CONSORZIO RAETIA

CAPO PROGETTO:
Dott. Ing. Massimo Raccosta

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE TRA LE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:
Dott. Ing. Massimo Raccosta

RESPONSABILE DEL COORDINAMENTO:
Dott. Ing. Andrea Renso

ELABORATO

STUDI PER LA CONOSCENZA DEI TRACCIATI ESAMINATI
Criteri di sicurezza in galleria
Relazione

Progressivo

Rev.

02 13 01 001 00

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Controllo	Approvazione	SCALA -
00	Agosto 2011	Prima Emissione	TECHNITAL	A. Focaracci	A. Renso	NOME FILE 2505_021301001_0101 OPP_00.doc
						CM 2505 ELAB. 02130101001
						Fg. 0101 LIV. 0PP REV. 00

**AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE**

Committente:



Progettazione:

CONSORZIO RAETIA



PROGETTO PRELIMINARE

CRITERI DI SICUREZZA IN GALLERIA

I N D I C E

1	SINTESI DEI TRACCIATI	2	
2	IMPOSTAZIONE GENERALE DELLA SICUREZZA IN GALLERIA	9	
	2.1	PARAMETRI STRUTTURALI, STRADALI ED AMBIENTALI	9
	2.1.1	<i>Organizzazione della piattaforma</i>	9
	2.1.2	<i>Numero di fornici-Interconnessioni</i>	10
	2.1.3	<i>Lunghezza della galleria</i>	10
	2.1.4	<i>Area della sezione trasversale</i>	10
	2.1.5	<i>Andamento piano altimetrico del tracciato</i>	11
	2.1.6	<i>Traffico</i>	11
	2.1.7	<i>Merci Pericolose</i>	12
	2.1.8	<i>Servizi di pronto intervento</i>	12
	2.1.9	<i>Accessibilità</i>	12
	2.1.10	<i>Condizioni geografiche e meteorologiche</i>	12
	2.1.11	<i>Uscite di emergenza</i>	13
	2.1.12	<i>Drenaggio dei liquidi infiammabili e tossici</i>	13
	2.1.13	<i>Piazzole di sosta</i>	14
	2.2	SISTEMI DI SICUREZZA	14
	2.2.1	<i>By-Pass ed uscite di emergenza</i>	14
	2.2.2	<i>Illuminazione ordinaria</i>	14
	2.2.3	<i>Illuminazione di esodo</i>	15
	2.2.4	<i>Monitoraggio della tratta</i>	15
	2.2.5	<i>Rilevazione incendi ed incidenti</i>	16
	2.2.6	<i>Comunicazioni</i>	16
	2.2.7	<i>Ventilazione</i>	17
	2.2.8	<i>Alimentazione elettrica</i>	21
	2.2.9	<i>Cavi elettrici</i>	21
	2.2.10	<i>Gestione del traffico</i>	22
	2.2.11	<i>Spegnimento incendio</i>	22
3	STIMA DEL RISCHIO	24	
	3.1	METODOLOGIA	24
	3.2	CALCOLO DEL RISCHIO	25
	3.3	VALUTAZIONE DEL RISCHIO	26
	3.4	ANALISI DI RISCHIO INCENDIO	26
	3.5	ANALISI DI RISCHIO STRADALE	26
	3.6	RISULTATI PRELIMINARI	28

AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE

1 SINTESI DEI TRACCIATI

Nelle successive tabelle sono sintetizzate le caratteristiche dei sei tracciati proposti, funai zionali alla sicurezza in esercizio.

TRACCIATO N.	1	2	3	4	5	6	
DA	PIOVENE	PIOVENE	PIOVENE	PIOVENE	PIOVENE	PIOVENE	
A	LAVIS	SS47	TRENTO SUD	BESENELLO	ROVERETO SUD	ROVERETO SUD	
LUNGHEZZA [m]	57800	42450	44380	39300	41430	55000	
IN GALLERIA [m]	41521	0	0	0	0	0	
N. GALLERIE	L < 500	1	1	1	1	2	1
	500 ≤ L < 1000	1	1	1	1	0	1
	1000 ≤ L < 3000	6	5	6	5	6	5
	3000 ≤ L < 6000	2	2	1	1	3	1
	6000 ≤ L < 10000	2	2	2	0	1	2
	≥ 10000	1	0	0	1	0	1
	TOT	13	11	11	9	12	11

AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE

TRACCIATO 1					
Galleria	Progressive inizio/fine		Lunghezza galleria		Pendenza max
	Canna Nord/Est	Canna Sud/Ovest	L Canna Nord/Est	L Canna Sud/Ovest	
S.Agata	1750.000	1750.000	2035	2005	1.74%
	3785.000	3755.000			
Boiadori	4230.000	4230.000	430	430	0.25%
	4660.000	4660.000			
Cogollo	7475.000	7525.000	1375	1195	1.14%
	8850.000	8720.000			
Costa del Prà	9150.000	9190.000	910	750	2.40%
	10060.000	9940.000			
Forte Corbin	10170.000	10220.000	2220	2170	1.06%
	12390.000	12390.000			
Pedescala	12486.000	12486.000	1734	1704	-0.49%
	14220.000	14190.000			
San Pietro	14900.000	14860.000	3350	3440	2.06%
	18250.000	18300.000			
Pedemonte	21175.000	21195.000	1880	1860	2.06%
	23055.000	23055.000			
Lavarone	23320.000	23340.000	6870	6825	1.50%
	30190.000	30165.000			
Monte Rovere	30355.000	30355.000	4255	4235	1.50%
	34610.000	34590.000			
S.Vito	35075.000	35075.000	6775	6935	-2.93%
	41850.000	42010.000			
Madrano	43100.000	43130.000	2190	2160	0.57%
	45290.000	45290.000			
Sant'Agnese	45500.000	45500.000	11600	11600	-2.46%
	57100.000	57100.000			

AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE

TRACCIATO 2					
Galleria	Progressive inizio/fine		Lunghezza galleria		Pendenza max
	Canna Nord/Est	Canna Sud/Ovest	L Canna Nord/Est	L Canna Sud/Ovest	
S.Agata	1750.000	1750.000	2035.000	2005.000	1.74%
	3785.000	3755.000			
Boiadori	4230.000	4230.000	430.000	430.000	0.25%
	4660.000	4660.000			
Cogollo	7475.000	7525.000	1375.000	1195.000	1.14%
	8850.000	8720.000			
Costa del Prà	9150.000	9190.000	910.000	750.000	2.40%
	10060.000	9940.000			
Forte Corbin	10170.000	10220.000	2220.000	2170.000	1.06%
	12390.000	12390.000			
Pedescala	12486.000	12486.000	1734.000	1704.000	-0.49%
	14220.000	14190.000			
San Pietro	14900.000	14860.000	3350.000	3440.000	2.06%
	18250.000	18300.000			
Pedemonte	21175.000	21195.000	1880.000	1860.000	2.06%
	23055.000	23055.000			
Lavarone	23320.000	23340.000	6870.000	6825.000	1.50%
	30190.000	30165.000			
Monte Rovere	30355.000	30355.000	4255.000	4235.000	1.50%
	34610.000	34590.000			
S.Vito	35075.000	35075.000	6775.000	6935.000	-2.93%
	41850.000	42010.000			

AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE

TRACCIATO 3					
Galleria	Progressive inizio/fine		Lunghezza galleria		Pendenza max
	Canna Nord/Est	Canna Sud/Ovest	L Canna Nord/Est	L Canna Sud/Ovest	
S.Agata	1750.000	1750.000	2035.000	2005.000	1.74%
	3785.000	3755.000			
Boiadori	4230.000	4230.000	430.000	430.000	0.25%
	4660.000	4660.000			
Cogollo	7475.000	7525.000	1375.000	1195.000	1.14%
	8850.000	8720.000			
Costa del Prà	9150.000	9190.000	910.000	750.000	2.40%
	10060.000	9940.000			
Forte Corbin	10170.000	10220.000	2220.000	2170.000	1.06%
	12390.000	12390.000			
Pedescala	12486.000	12486.000	1734.000	1704.000	-0.49%
	14220.000	14190.000			
San Pietro	14900.000	14860.000	3350.000	3440.000	2.06%
	18250.000	18300.000			
Pedemonte	21175.000	21195.000	1880.000	1860.000	2.06%
	23055.000	23055.000			
Lavarone	23320.000	23340.000	8035.000	8025.000	0.38%
	31355.000	31365.000			
Caldonazzo	31840.000	31800.000	2335.000	2390.000	-1.03%
	34175.000	34190.000			
Marzola	34300.000	34305.000	9040.000	9035.000	-1.03%
	43340.000	43340.000			

AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE

TRACCIATO 4					
Galleria	Progressive inizio/fine		Lunghezza galleria		Pendenza max
	Canna Nord/Est	Canna Sud/Ovest	L Canna Nord/Est	L Canna Sud/Ovest	
S.Agata	1750.000	1750.000	2035.000	2005.000	1.74%
	3785.000	3755.000			
Boiadori	4230.000	4230.000	430.000	430.000	0.25%
	4660.000	4660.000			
Cogollo	7475.000	7525.000	1375.000	1195.000	1.14%
	8850.000	8720.000			
Costa del Prà	9150.000	9190.000	910.000	750.000	2.40%
	10060.000	9940.000			
Forte Corbin	10170.000	10220.000	2220.000	2170.000	1.06%
	12390.000	12390.000			
Pedescala	12486.000	12486.000	1734.000	1704.000	-0.49%
	14220.000	14190.000			
San Pietro	14900.000	14860.000	3350.000	3440.000	2.06%
	18250.000	18300.000			
Pedemonte	21175.000	21195.000	1880.000	1860.000	2.06%
	23055.000	23055.000			
di Valico	23320.000	23340.000	15045.000	14980.000	-1.98%
	38365.000	38320.000			

AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE

TRACCIATO 5					
Galleria	Progressive inizio/fine		Lunghezza galleria		Pendenza max
	Canna Nord/Est	Canna Sud/Ovest	L Canna Nord/Est	L Canna Sud/Ovest	
S.Agata	1750.000	1750.000	2035.000	2005.000	1.74%
	3785.000	3755.000			
Boiadori	0.000	4230.000	0.000	430.000	0.25%
	0.000	4660.000			
Caviojo	8661.000	8637.000	3679.000	3663.000	3.50%
	12340.000	12300.000			
Castana	12615.000	12585.000	435.000	485.000	3.46%
	13050.000	13070.000			
Gamonda	13410.000	13430.000	1750.000	1730.000	3.46%
	15160.000	15160.000			
Laghi	15350.000	15350.000	2395.000	2410.000	3.27%
	17745.000	17760.000			
La Colombara	17840.000	17850.000	7200.000	7200.000	0.94%
	25040.000	25050.000			
Geroli	25300.000	25150.000	1375.000	1320.000	-3.43%
	26675.000	26470.000			
Ronco	26720.000	26690.000	1455.000	1530.000	-3.43%
	28175.000	28220.000			
Il corno	28466.000	28275.000	1094.000	1285.000	-3.43%
	29560.000	29560.000			
Boccaldo	29925.000	29685.000	5155.000	5415.000	-3.43%
	35080.000	35100.000			
Marco	35150.000	35180.000	4855.000	4810.000	-3.43%
	40005.000	39990.000			

AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE

TRACCIATO 6					
Galleria	Progressive inizio/fine		Lunghezza galleria		Pendenza max
	Canna Nord/Est	Canna Sud/Ovest	L Canna Nord/Est	L Canna Sud/Ovest	
S.Agata	1750.000	1750.000	2035.000	2005.000	1.74%
	3785.000	3755.000			
Boiadori	4230.000	4230.000	430.000	430.000	0.25%
	4660.000	4660.000			
Cogollo	7475.000	7525.000	1375.000	1195.000	1.14%
	8850.000	8720.000			
Costa del Prà	9150.000	9190.000	910.000	750.000	2.40%
	10060.000	9940.000			
Forte Corbin	10170.000	10220.000	2220.000	2170.000	1.06%
	12390.000	12390.000			
Pedescala	12486.000	12486.000	1734.000	1704.000	-0.49%
	14220.000	14190.000			
San Pietro	14900.000	14860.000	3350.000	3440.000	2.06%
	18250.000	18300.000			
Pedemonte	21175.000	21195.000	1880.000	1860.000	2.06%
	23055.000	23055.000			
Lavarone	23320.000	23340.000	8065.000	8075.000	0.33%
	31385.000	31415.000			
Sasso dell'Aquila	31750.000	31750.000	10350.000	10350.000	-3.11%
	42100.000	42100.000			
Bondone	44200.000	44200.000	9150.000	9150.000	-0.28%
	53350.000	53350.000			

2 IMPOSTAZIONE GENERALE DELLA SICUREZZA IN GALLERIA

Il presente capitolo definisce i criteri generali che consentono di impostare la progettazione della sicurezza in galleria in accordo all'approccio introdotto dalla Direttiva Europea 2004/54/EC, recepita con il Decreto Legislativo 264/06 "Attuazione della direttiva 2004/54/CE in materia di sicurezza per le gallerie della rete stradale transeuropea", che prevede una serie di requisiti minimi di sicurezza e l'adozione dell'analisi di rischio quantitativa come strumento di progetto e verifica della sicurezza in galleria.

I criteri sono suddivisi, sulla base di parametri di sicurezza individuati dalla norma e dei requisiti minimi di sicurezza, in parametri strutturali, stradali ed ambientali e sistemi di sicurezza.

I parametri di sicurezza sono strettamente connessi alle caratteristiche del traffico, strutturali ed ambientali della galleria mentre i sistemi di sicurezza svolgono la funzione di mitigare le condizioni di pericolo indotte dallo specifico ambiente galleria al fine di garantire sicurezza e comfort per gli utenti della strada. Paradigmatici sono gli esempi dell'allestimento delle uscite di emergenza, dell'impianto di illuminazione, e dell'impianto di ventilazione. Le uscite di emergenza devono essere dotate di idonei sistemi per agevolare l'esodo dei pedoni in caso di emergenza ovvero adeguate informazioni, illuminazione, protezione dai fumi e dal calore. L'impianto di illuminazione compensa la mancanza e le variazioni dell'illuminazione naturale determinate dalla lunghezza della galleria nonché dall'orientamento e dalle caratteristiche dei portali. L'impianto di ventilazione consente di garantire un'idonea diluizione degli inquinanti emessi dai veicoli in un ambiente chiuso nonché di gestire i fumi generati da un incendio che nei tratti a cielo aperto fluirebbero naturalmente verso l'alto.

2.1 PARAMETRI STRUTTURALI, STRADALI ED AMBIENTALI

2.1.1 Organizzazione della piattaforma

L'organizzazione della piattaforma, ottimale dal punto di vista della sicurezza, prevede due corsie di marcia più una corsia di emergenza con dimensioni e franchi come da prescrizioni di legge (D.M. 2001) per la categoria di strada. Devono essere contemplate banchine di larghezza non inferiore a 70 cm per consentire il passaggio dei pedoni sui due lati.

2.1.2 Numero di fornici-Interconnessioni

La normativa per la sicurezza in galleria richiede gallerie a doppio fornice qualora il volume di traffico superi i 10000 v/giorno corsia, ovvero i 20000 v/giorno per una galleria a singolo fornice ed una corsia per senso di marcia.

Per un tracciato autostradale è prevista la realizzazione di gallerie monodirezionali che, in funzione della morfologia del terreno, possono essere a doppio o singolo fornice.

La presenza di svincoli ed interconnessioni in galleria è, per quanto possibile, da evitare in quanto comporta problematiche di gestione dei fumi in caso di incendio oltre all'incremento dell'incidentalità stradale.

2.1.3 Lunghezza della galleria

Essendo l'incidentalità stradale maggiore in corrispondenza dei portali è preferibile realizzare un numero basso di gallerie di lunghezza più elevata piuttosto che un numero elevato di gallerie corte per via delle discontinuità di illuminazione e meteorologiche, potenziali cause di incidente.

Il tracciato delle gallerie lunghe deve essere concepito con un andamento planimetrico tale da mantenere viva l'attenzione del conducente senza sacrificare la visibilità in curva, da valutarsi con una specifica norma (D.M. 2001).

In caso di incendio le gallerie lunghe possono ospitare un elevato numero di veicoli incrementando la popolazione esposta al pericolo, tuttavia per gallerie monodirezionali in ambito extraurbano, dove le frequenze di congestione sono trascurabili, la ventilazione naturale e l'impianto di ventilazione longitudinale sono misure sufficienti a mantenere basso il livello di rischio associato all'incendio.

Si considerano gallerie lunghe le gallerie di lunghezza superiore a 6000 m.

Gallerie in successione a distanze inferiori a 100 m possono essere considerate come un'unica galleria in termini di gestione dell'emergenza.

2.1.4 Area della sezione trasversale

Elevate aree della sezione trasversale presentano molteplici vantaggi in termini di sicurezza:

- incremento della visibilità in curva,
- maggiore diluizione degli inquinanti in condizioni di esercizio,

- in caso di incendio è favorita la stratificazione dei fumi in volta aumentando il tempo a disposizione per uscire dalla galleria; con sistema di ventilazione attivato si riducono le temperature e le concentrazioni dei fumi,
- maggiore spazio per realizzare percorsi di esodo,
- riduzione dell'impatto psicologico sui conducenti (claustrofobia).

Sono presenti alcuni svantaggi quali:

- incremento dell'aria a disposizione di un eventuale focolaio di incendio tale da favorirne la propagazione e la durata,
- incremento della velocità di percorrenza da parte dei conducenti per maggiore sensazione di sicurezza.

Il valore ottimale per l'area della sezione della galleria varia tra 80 m² e 100 m².

2.1.5 Andamento piano altimetrico del tracciato

Al fine di ridurre effetti meteorologici e limitare l'incidentalità, la pendenza delle gallerie non dovrebbe superare il 3%, in particolare per le gallerie lunghe con elevata copertura.

Si raccomandano valori massimi intorno al 2%.

L'andamento altimetrico a corda molle presenta problemi di drenaggio delle acque per cui può essere necessario prevedere una stazione di pompaggio in galleria.

L'andamento altimetrico a "dorso di mulo" è ottimale per il drenaggio delle acque ma può determinare una zona di ristagno dei fumi in corrispondenza del cambio di pendenza ed inoltre limita la visibilità. Nel punto di cambio di pendenza potrebbe essere necessaria l'ubicazione di unità ventilanti assiali.

Elevate pendenze ed elevate lunghezze della galleria richiedono particolari accorgimenti nel dimensionamento e nella gestione della ventilazione.

L'andamento ideale è a due pendenze una molto ridotta e l'altra inferiore al 2% con andamento a dorso di mulo. La suddivisione dei tratti deve essere analizzata caso per caso.

L'andamento planimetrico deve evitare, per gallerie autostradali, ingressi in curva prevedendo curve ad ampio raggio (>10000 m) per gallerie di elevata lunghezza.

2.1.6 Traffico

Il volume di traffico è uno dei parametri di progetto che condiziona maggiormente il livello di sicurezza della galleria, devono essere effettuate approfondite analisi per caratterizzare la distribuzione giornaliera e stagionale del traffico, i flussi di traffico previsti, la frazione di veicoli pesanti.

Volumi di traffico inferiori a 2000 v/giorno corsia determinano un livello rischio ridotto, mentre volumi superiori a 10000 v/giorno corsia possono determinare la necessità di misure di sicurezza integrative.

Una frazione di veicoli pesanti superiore al 15% costituisce un fattore di pericolo così come una frazione di merci pericolose superiore al 3% rispetto al traffico merci.

Deve essere valutato il rischio di traffico congestionato in galleria, in particolare per ambiti urbani.

2.1.7 Merci Pericolose

Deve essere analizzato, qualora ammesso, il traffico di merci pericolose in funzione di valori medi nazionali e specificità locali quali ad esempio stabilimenti chimici di produzione o insediamenti produttivi soggetti a rischio incidente rilevante.

2.1.8 Servizi di pronto intervento

La sicurezza del tracciato è incrementata qualora sia prossima ai presidi dei servizi di pronto intervento quali Polizia Stradale, Soccorso sanitario, Vigili del Fuoco.

2.1.9 Accessibilità

Al fine di migliorare l'accessibilità da parte dei servizi di soccorso è necessario prevedere by pass carrabili ad interdistanza fissata (variabile tra 900 m e 1500 m) varchi agli imbocchi delle gallerie, eventuali accessi intermedi dedicati, ad esempio in corrispondenza delle cabine elettriche e delle stazioni di esazione. Occorre analizzare i percorsi di accesso al tracciato al fine di verificare la necessità di modificare le caratteristiche delle strade secondarie di accesso ovvero di creare nuove strade.

2.1.10 Condizioni geografiche e meteorologiche

Un'ideale caratterizzazione geografica e meteo-climatica del sito consente di prevedere eventuali situazioni di pericolo che possono orientare la scelta di un tracciato ovvero richiedere ulteriori misure di sicurezza.

La presenza di elevate coperture, che si verifica in particolare per gallerie lunghe, determina elevate differenze di pressione barometrica tra i portali influenzando sensibilmente la ventilazione naturale. Coperture superiori a 500 m richiedono particolare attenzione nel dimensionamento della ventilazione in caso di incendio.

La localizzazione dei portali delle gallerie in zone particolarmente ventose può condizionare sia la ventilazione in galleria in caso di incendio sia la sicurezza stradale in caso di presenza di viadotti immediatamente all'esterno della galleria.

La localizzazione dei portali in zone soggette a frequenti condizioni di gelo, nebbia, pioggia, incrementa sensibilmente il rischio per gli utenti della strada per cui sono necessari sistemi di monitoraggio e comunicazione specifici.

2.1.11 Uscite di emergenza

La sicurezza degli utenti in caso di eventi critici (incendio, rilascio, esplosione) è in primo luogo attribuito alla possibilità di raggiungere rapidamente una zona protetta. La realizzazione di uscite di emergenza deve essere prevista ad interdistanza non superiore a 500 per norma, tuttavia in caso di gallerie speciali tale valore, a seguito di un'adeguata analisi costi-benefici può essere portato fino a 250 m. Tale misura consente di ridurre l'impatto economico di altre dotazioni impiantistiche che sono caratterizzate da minore affidabilità (es. ventilazione).

La superficie in pianta dei by-pass dovrebbe essere almeno di 50 mq e la larghezza minima è non inferiore a 2,4 m. Per gallerie di lunghezza superiore a 3000 m saranno considerate dimensioni maggiorate.

In caso di gallerie monodirezionali a singolo fornice o con elevata distanza tra i due fornici, una soluzione efficace è costituita dallo sfruttamento dello spazio presente al di sopra della sagoma limite realizzando una via di esodo sospesa accessibile ai portali ed in galleria ad interdistanza fissata.

2.1.12 Drenaggio dei liquidi infiammabili e tossici

In caso sia ammesso il transito delle merci pericolose, è opportuno prevedere sempre un sistema di drenaggio dei liquidi sversati, dotato di sifoni per evitare la propagazione di incendi ed esplosioni e di bocchette di captazione ad intervalli regolari (20 m-30 m circa) ovvero da canalette continue.

La portata nominale delle condotte non deve essere inferiore a 100 l/s.

I condotti di drenaggio devono fare capo ad una vasca di raccolta di volume pari a circa 100 m³ dotata di monitoraggio dei livelli e di disoleatore.

2.1.13 Piazzole di sosta

Le piazzole di sosta non sono obbligatorie per le gallerie monodirezionali, in particolare quando è prevista la corsia di emergenza.

Tuttavia in caso di gallerie lunghe si suggerisce di valutare la fattibilità di piazzole in corrispondenza del centro della gallerie ovvero in corrispondenza di eventuali cabine realizzate all'interno della galleria.

2.2 SISTEMI DI SICUREZZA

2.2.1 By-Pass ed uscite di emergenza

I bypass e le uscite di emergenza devono limitare, al fine di assicurare la sopravvivenza degli utenti, la propagazione di sostanze nocive e di calore nelle zone protette, nonché fornire un'interfaccia unica ed ergonomica per gli utenti finalizzata a facilitare le condizioni di esodo, guidando le persone e riducendo le condizioni di panico.

Si prevede l'utilizzo di accessi modulari ai by-pass ed alle uscite di emergenza, dotati di tutte le predisposizioni di sicurezza quali: protezione REI, ventilazione, comunicazione illuminazione e segnaletica.

Essi sono dotati di alimentazione autonoma mediante UPS collegato all'impianto di alimentazione della galleria e di sistema di gestione autonomo collegato al sistema di gestione della galleria.

I moduli sono certificati in stabilimento per tutte quante le funzioni di sicurezza incrementando la qualità del sistema galleria.

2.2.2 Illuminazione ordinaria

L'illuminazione ordinaria è regolata da specifica normativa. Recentemente si sta diffondendo l'installazione di lampade a LED in luogo di corpi illuminanti al sodio alta pressione (SAP) caratterizzati da minore durata (circa 1/5 rispetto ai LED) e resa cromatica.

Gli impianti a LED consentono, oltre ad un maggiore risparmio energetico e maggiore durata, un migliore monitoraggio dello stato delle lampade ed un controllo continuo del flusso luminoso.

In un primo tempo i corpi illuminanti a LED sono stati applicati solo al sistema di illuminazione permanente ma attualmente la tecnologia è matura anche per l'illuminazione di rinforzo.

2.2.3 Illuminazione di esodo

L'illuminazione di esodo è una delle misure fondamentali per incrementare la velocità degli utenti anche in presenza di fumo. Essa svolge, inoltre, la funzione di guidare gli utenti verso le uscite più vicine, unitamente alla segnaletica retroilluminata.

L'illuminazione di esodo deve assicurare in primo luogo una guida tale da orientare gli utenti in fuga ed in secondo luogo un livello minimo di illuminamento lungo i percorsi di fuga in quando è dimostrato che in presenza di un riferimento chiaro possibile muoversi anche con poca luce, in assenza di ostacoli.

Il sistema di illuminazione di evacuazione può essere realizzato con sistemi continui oppure con picchetti luminosi installati ad interdistanze fissate. Esso deve essere integrato con sistemi che indichino la direzione da seguire e che evidenzino in modo chiaro la presenza delle uscite di emergenza.

Normalmente tali sistemi sono realizzati con lampade e pittogrammi a LED di colore di intensità variabile a seconda della funzione svolta opportunamente gestiti attraverso una logica programmabile.

2.2.4 Monitoraggio della tratta

Per una tratta autostradale in presenza di un elevato numero di gallerie deve essere previsto un sistema di monitoraggio e controllo affidabile ed efficace per tutti i parametri utili a verificare lo stato degli impianti installati, identificare e disciplinare le condizioni di traffico in itinere, nelle gallerie, nelle piazzole di sosta, negli svincoli, analizzare le condizioni meteo e le condizioni del manto stradale.

Lungo tutta la tratta deve essere prevista una rete di sensori e di telecamere che consentano di monitorare i parametri di sicurezza principali.

La rete deve essere connessa mediante un' idonea dorsale in fibra ottica che connette sottoreti appartenenti alle singole gallerie.

In particolare in galleria deve essere previsto un sistema che consente di rilevare gli incidenti finalizzata a ridurre i tempi di intervento.

E' necessario disporre di una rete di centraline meteo, installate almeno ogni 3 km e/o in corrispondenza dei PMV, dotate di anemometro, sensore di temperatura, sensore di irraggiamento, barometro, pluviometro, igrometro in grado di trasmettere i dati rilevati ovvero di elaborarli per effettuare previsioni meteo da trasmettere al centro di controllo ed alle autorità locali. In particolare sarà possibile rilevare la presenza del ghiaccio e della nebbia.

In aggiunta è raccomandabile prevedere, visto l'ambito montano apparsi per il rilevamento presenza veicoli con pericolo di merci pericolose e **una rete integrata di sensori** che segnalino velocità dei veicoli in transito, eventuali urti e deformazioni sulle barriere, nebbia e pericolo di formazione di ghiaccio (posizionati ogni 50 m lungo la tratta ed accessibili attraverso la rete sui guardrail).

In sostanza la tendenza è di orientare l'intervento verso il concetto di "autostrada intelligente" capace cioè di recepire, anche a regime, integrazioni di nuovi elementi di conoscenza relativi alle condizioni della strada, dell'ambiente, dei veicoli, degli utenti. Informazioni che, adeguatamente filtrate dal sistema di supervisione centralizzato sono utili per garantire affidabilità ed efficienza nella gestione della capacità dell'infrastruttura e della sicurezza del traffico.

Questa ipotesi potrà essere supportata, là dove i nodi ottici e le predisposizioni delle condutture lo consentiranno, dalla rete in fibra ottica già prevista e, là ove ciò non fosse possibile, con l'integrazione di una adeguata rete Wireless.

2.2.5 Rilevazione incendi ed incidenti

Per la sicurezza in esercizio ed in emergenza deve essere previsto un sistema integrato per la rilevazione di incidenti ed incendi in galleria che consenta l'attivazione precoce ed affidabile dei piani di emergenza.

Il sistema è generalmente costituito da:

- telecamere con analisi traffico e rilevazione di incidente ed incendio,
- sensori di temperatura lungo la galleria,
- rilevatori di fumo lungo la galleria,
- sistema di gestione degli allarmi affidabile ed efficace.

La rilevazione degli incidenti deve essere associata ad un'attivazione mirata e tempestiva dei sistemi di sicurezza.

2.2.6 Comunicazioni

Le comunicazioni rapide e tempestive consentono una efficace gestione dell'emergenza.

I sistemi di comunicazione presenti in galleria sono:

- il sistema di telegestione supervisione degli impianti,
- il sistema di ripropagazione delle frequenze radio dei servizi di soccorso (VVF, 118, PS), di telefonia mobile (GSM), dei canali a modulazione di frequenza (FM),
- le colonnine SOS o stazioni di emergenza,

- i sistemi di diffusione sonora (Public Address),
- i pannelli a messaggio variabile,
- i sistemi di diffusione delle immagini (schermi).

Ognuno dei sopraindicati sistemi deve essere realizzato con criteri di affidabilità ed efficacia nella comunicazione.

In particolare, il sistema di gestione e controllo della galleria deve essere realizzato con intelligenza distribuita e ridondanza.

Le schermate di gestione del sistema SCADA devono essere realizzate con criteri ergonomici per facilitare l'interfacciamento uomo-macchina e per consentire in modo specifico il monitoraggio e la gestione di condizioni di emergenza.

2.2.7 Ventilazione

Le gallerie monodirezionali a bassa frequenza di congestione sono efficacemente ventilate mediante un sistema longitudinale.

La scelta del sistema di ventilazione è orientata preferenzialmente sulla tipologia longitudinale mediante acceleratori installati in volta.

La progressiva riduzione delle emissioni dei veicoli derivante dalla normativa Euro ha fatto sì che, per gallerie fino ad una determinata lunghezza, il criterio più restrittivo per dimensionamento per gli impianti di ventilazione in galleria sia l'incendio.

Sistemi di tipo trasversale o semitrasversale sono in prima battuta da escludere per maggior parte delle gallerie monodirezionali, così come la realizzazione di un cunicolo intermedio apposito per la ventilazione vista e considerata la progressiva riduzione delle emissioni dei veicoli, il valore dei volumi di traffico previsti per il tracciato, le caratteristiche del tracciato (ridotte pendenze longitudinali).

Inoltre, viste le lunghezze delle gallerie nonché la successione di esse potrebbe essere opportuno, per ragioni di sicurezza, impatto ambientale, e risparmio energetico fissare limiti di velocità a 110 km/h e vietare il sorpasso ai veicoli pesanti. Un ulteriore fattore che può limitare le prestazioni richieste in futuro all'impianto di ventilazione è l'adozione da parte dei veicoli di sistemi di avviamento ed arresto automatico del motore (Start & Stop) che potrebbero portare ad una significativa riduzione delle emissioni in caso di traffico congestionato, considerato comunque un evento raro vista la natura del tracciato.

Verifiche preliminari considerando l'apertura al 2018 consentono di stimare che per la più lunga delle gallerie sono sufficienti 6 m/s di velocità dell'aria in galleria per la diluizione degli inquinanti nella galleria di maggiore lunghezza (14 km). Tale valore è ottenibile agevolmente sia grazie all'effetto pistone dei veicoli in sia dall'impianto di ventilazione longitudinale in

caso di traffico scorrevole ovvero congestionato. Come meglio specificato nel seguito, l'adozione di eventuali sistemi di abbattimento fumi o di ricircolo consentono un'ulteriore riduzione delle prestazioni richieste al sistema di ventilazione longitudinale. In caso di chiusura di una canna per manutenzione e traffico bidirezionale per le gallerie più lunghe potranno essere utilizzati i by-pass per ricambiare l'aria nella canna aperta al traffico.

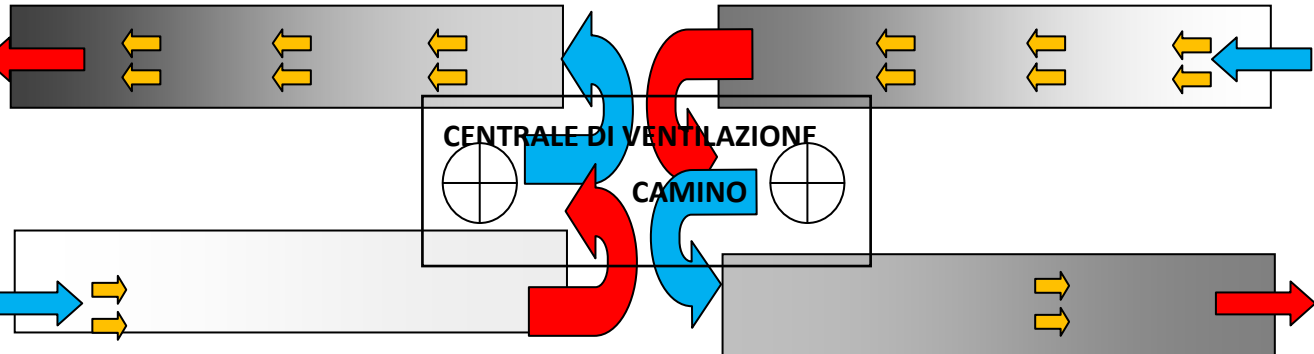
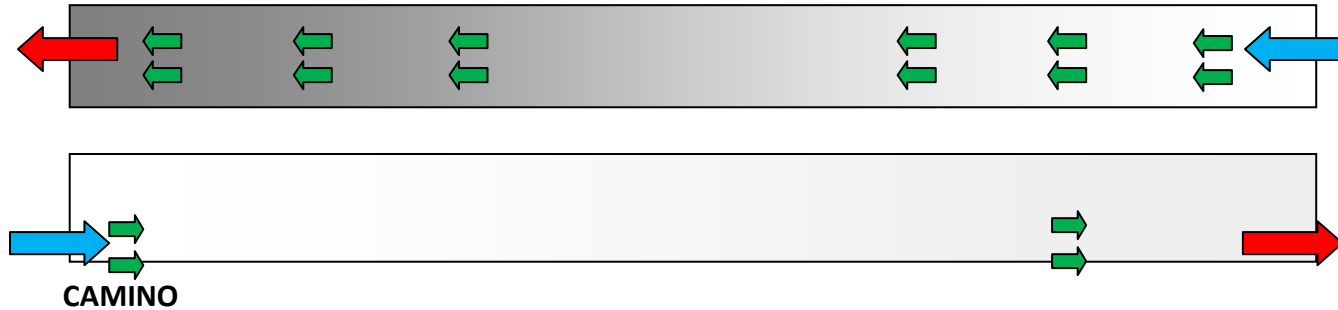
Per gallerie di elevata lunghezza (oltre 6000 m) deve essere analizzata attentamente la problematica verificando la necessità di incrementare le prestazioni in termini di diluizione del sistema longitudinale mediante:

- l'incremento della sezione trasversale (che può essere effettuato anche solo per una porzione di galleria),
- l'adozione di ventilatori dotati di sistemi di abbattimento degli inquinanti,
- l'inserimento di un camino intermedio,
- l'inserimento di una sezione di by-pass dotata di filtri per l'abbattimento dei fumi e ricircolo.

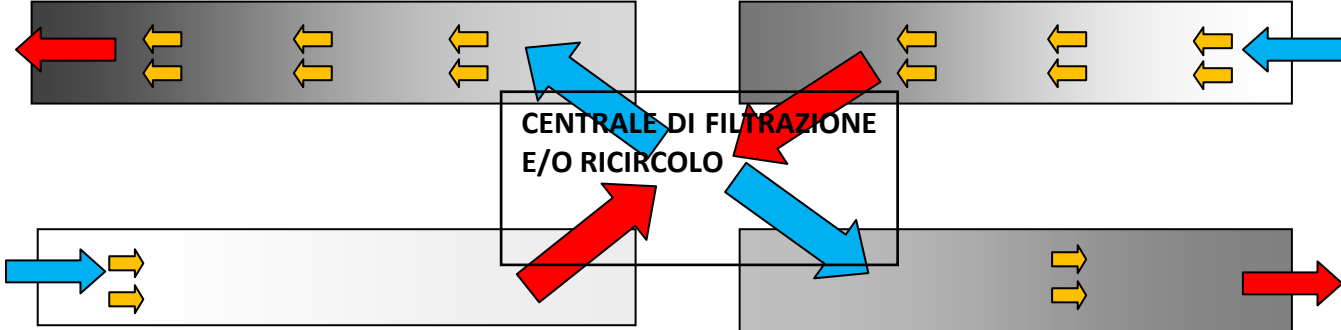
LONGITUDINALE BASE



LONGITUDINALE CON ACCELERATORI FILTRANTI



CENTRALE DI FILTRAZIONE CON RICIRCOLO



Le problematiche di qualità dell'aria all'interno delle gallerie possono avere ricadute anche all'esterno in corrispondenza dei portali e dei camini.

Per il dimensionamento degli impianti di ventilazione in caso di incendio generalmente si assume come riferimento l'incendio di un veicolo pesante la cui dinamica può essere estremamente variabile in termini di potenza massima, tempi di crescita e durata determinando elevate incertezze nella possibilità di gestire efficacemente l'evento.

In passato era buona pratica dimensionare l'impianto di ventilazione per un incendio di potenza pari a 30 MW adottando uno scenario fisso non sempre rappresentativo della realtà. A seguito delle nuove norme, della variazione del parco circolante e delle merci trasportate, l'ottimizzazione dell'impianto si ottiene in modo più efficace mediante l'analisi di rischio mirata a valutare l'effetto sinergico di tutti i sistemi di sicurezza. Ad esempio, come indicato in precedenza, la riduzione dell'interdistanza tra le uscite di emergenza può richiedere prestazioni inferiori all'impianto consentendone l'installazione anche in gallerie di elevata lunghezza.

Si noti, inoltre, che velocità dell'aria troppo elevate possono incrementare la dimensione dell'incendio per effetto "mantice", pertanto le prestazioni in termini assoluti dell'impianto di ventilazione non sono un parametro di riferimento per la riduzione del rischio.

Risulta di fondamentale importanza la modalità di gestione e la possibilità di controllo dell'impianto in caso di emergenza finalizzata a controllare la velocità dell'aria in galleria.

La problematica principale della gestione della ventilazione in caso di emergenza in un galleria monodirezionale è prevenire la risalita dei fumi verso i veicoli fermi a monte del focolaio assicurando un'adeguata velocità dell'aria. In caso di traffico congestionato ovvero bloccato con veicoli su entrambe i lati del focolaio è necessario controllare la velocità dell'aria al fine di lasciare stratificare i fumi in volta per un tempo necessario all'esodo degli utenti.

La progettazione dell'impianto di ventilazione deve essere effettuata con un criterio di affidabilità ed efficienza aeraulica, che assicuri la diluizione degli inquinanti e verificando a posteriori le prestazioni in caso di incendio. Generalmente per gallerie monodirezionali lunghe (oltre 6000 m) il fabbisogno d'aria fresca per la ventilazione sanitaria è sufficiente se non sovrabbondante in caso di incendio anche considerando l'effetto camino ed una porzione di impianto non utilizzabile.

La soluzione ottimale dal punto di vista della sicurezza è costituita dall'installazione di un elevato numero di ventilatori di grande diametro e bassa potenza installata distribuiti

uniformemente lungo la galleria, mentre dal punto di vista economico sono più vantaggiose soluzioni con pochi ventilatori di elevata potenza concentrati ai portali.

L'innovazione tecnologica ha portato al recente sviluppo di ventilatori intelligenti a controllo elettronico che migliorano sensibilmente la controllabilità e la durabilità del sistema riducendo i consumi energetici in esercizio ed incrementando la possibilità di controllare i fumi in caso di incendio.

I ventilatori del tipo intelligente sono dotati di centraline installate a bordo o in apposite nicchie contenenti l'elettronica per la regolazione della velocità di rotazione (inverter) e la misura dei parametri aeraulici e di monitoraggio principali (rilevatori di CO, NOX, opacità dell'aria, velocità e direzione del vento).

2.2.8 Alimentazione elettrica

L'alimentazione elettrica delle gallerie prevede normalmente l'asservimento alla rete elettrica nazionale e la predisposizione di sorgenti di emergenza e di sicurezza costituite rispettivamente da gruppi elettrogeni e gruppi di continuità assoluta.

In genere si prevede un numero di punti di fornitura in media tensione tale da garantire affidabilità e ridondanza.

Le funzioni di sicurezza primarie, che non richiedono elevata potenza, sono alimentate tutte direttamente attraverso gruppi di continuità assoluta.

I sistemi che richiedono grossa potenza ma che possono contemplare un certo ritardo nell'avviamento, sono alimentati in modo alternativo attraverso la rete ed i gruppi elettrogeni. I gruppi elettrogeni possono essere dimensionati anche solo per una frazione di tutti i sistemi installati considerando in modo opportuno le contemporaneità.

La sicurezza della galleria sia in esercizio, sia in emergenza è strettamente legata all'affidabilità del sistema di alimentazione elettrica per cui deve essere garantita un'elevata affidabilità e rapidità di commutazione in caso di guasto.

In casi di gallerie lunghe può essere necessario prevedere una linea di media tensione in galleria con cabine di trasformazione intermedie. In tale caso deve essere analizzato nel dettaglio il funzionamento del sistema in caso di emergenza e devono essere previste idonee protezioni per i cavi.

2.2.9 Cavi elettrici

I cavi elettrici di alimentazione delle funzioni di sicurezza principali devono essere protetti dall'incendio ovvero caratterizzati da idonea resistenza al fuoco.

Si predilige la posa di cavi in cavidotti protetti, eventualmente mediante idonei materiali protettivi (malte e pannelli resistenti al fuoco) rispetto all'adozione di cavi resistenti al fuoco posati in canalette sospese.

Qualora previsto, i cavidotti dovrebbero essere realizzati a tergo per profilo re direttivo, o in alternativa al di sotto del piano stradale ovvero della banchina pedonale.

Pozzetti di ispezione devono essere realizzati ogni 40-50 m circa.

2.2.10 Gestione del traffico

In caso di incidente o di lavori in galleria ed immediatamente fuori dai portali è di fondamentale importanza la gestione del traffico.

I sistemi preposti alla gestione del traffico sono:

- semafori agli imbocchi delle gallerie,
- indicatori di agibilità di corsia (freccia-croce),
- pannelli a messaggio variabile (PMV),
- comunicazioni attraverso una frequenza radio dedicata.

L'opportuno posizionamento dei PMV in corrispondenza degli svincoli e prima dei portali di accesso alle gallerie consente di prevenire l'eccesso alla tratta ed alle gallerie in caso di incidente, deviando il traffico in modo tempestivo sulla viabilità secondaria.

La presenza di PMV in galleria ogni 300 - 500 m, in particolare per gallerie lunghe, consente l'arresto dei veicoli molto prima del luogo dell'incidente favorendo la gestione dell'emergenza.

In presenza di svincoli e diramazioni in galleria è necessario prevedere misure rafforzative per la gestione del traffico finalizzate ad evitare l'arresto dei veicoli in zone invase dai fumi.

In condizioni di normale esercizio può risultare importante comunicare agli utenti condizioni di pericolo sollecitando la riduzione della velocità, ovvero prevedere un sistema di limiti di velocità variabili.

2.2.11 Spegnimento incendio

Le gallerie devono essere dotate di idonei mezzi per l'erogazione idrica ad uso dei servizi di soccorso, dove possibile, è necessario installare un impianto idrico antincendio ad idranti di portata non inferiore a 800 l/min e pressione minima pari a 5 bar in ogni punto.

L'impianto deve prevedere una o più stazioni di pompaggio dotate di un'elettropompa e di una motopompa di riserva.

Deve essere prevista una vasca di accumulo con rinalzo dall'acquedotto che garantisca almeno 120 minuti di funzionamento.

Qualora l'analisi di rischio dovesse evidenziare l'esigenza di ulteriori misure per la sicurezza antincendio è possibile valutare l'installazione, anche solo per alcuni tratti di galleria, di un sistema di spegnimento automatico ad esempio con monitori distribuiti.

La condotta antincendio deve essere opportunamente protetta dal gelo, dagli urti e dalle elevate temperature.

3 STIMA DEL RISCHIO

3.1 METODOLOGIA

Il metodo adottato dalle *“Linee Guida Anas per la Progettazione della sicurezza nelle Gallerie Stradali secondo normativa vigente* emanate da ANAS SpA con Circolare n° 179431/09 è il metodo italiano per la progettazione e la verifica della sicurezza nelle gallerie, esso utilizza un Modello di Rischio di tipo Bayesiano Classico, integrato con l’analisi delle incertezze aleatorie ed epistemiche associate alle variabili ed ai modelli che descrivono lo stato della galleria nelle condizioni di emergenza. Le variabili di stato, trattate come grandezze statistiche e caratterizzate in termini di specifiche funzioni di distribuzione, sono le variabili che compaiono:

- nei modelli statistici di simulazione del flusso del pericolo indotto da un insieme probabilistico di scenari di pericolo;
- nei modelli statistici di simulazione del processo di esodo degli utenti dalla struttura;
- nei modelli di evoluzione del traffico;
- nella definizione statistica delle prestazioni dei sistemi di sicurezza.

Il modello di rischio adottato consente di determinare per una data galleria le curve cumulate complementari, individuate dal Decreto Legislativo come misura di rischio sociale da utilizzare in fase di verifica dei criteri di accettazione, formulati definiti dal Decreto stesso in accordo al principio ALARP.

Il metodo adottato soddisfa i seguenti requisiti:

- includere e quantificare le incertezze aleatorie associate alle variabili di stato del sistema galleria, le incertezze epistemiche proprie dei modelli di rappresentazione del flusso del pericolo, le incertezze aleatorie ed epistemiche connesse alle prestazioni dei sistemi di sicurezza;
- evidenziare e quantificare gli effetti delle incertezze aleatorie ed epistemiche sul livello di rischio connesso ad un progetto della sicurezza di una specifica galleria;
- fornire risultati affidabili da utilizzare da parte del management come supporto decisionale nell’ambito delle analisi costi-sicurezza.

Il soddisfacimento dei summenzionati requisiti è ottenuto adottando concetti e tecniche codificati in accordo ai quali:

- le variabili di stato di un sistema sono grandezze statistiche caratterizzate da specifiche funzioni di distribuzione deducibili dalle banche dati disponibili in accordo a ben definite Teorie della Probabilità (Assiomatica, Bayesiana) e Tecniche di Analisi Statistica Multivariata;

- i modelli di rappresentazione dell'evoluzione dei fenomeni connessi con gli eventi incidentali rilevanti sono modelli probabilistici che devono essere risolti con idonee tecniche statistiche di integrazione.

Le considerazioni precedentemente esposte costituiscono i fondamenti sui quali è stato costruito il Metodo di Analisi di Rischio per le Gallerie Il Metodo di Analisi di Rischio descritto, come richiesto dalla norma normativa vigente, consente:

- la verifica dell'accettabilità del rischio associato ad una infrastruttura;
- l'individuazione delle misure alternative ed integrative al gruppo di requisiti minimi di sicurezza, dalla prescritti dalla norma per una determinata galleria,
- la verifica dell'equivalenza, ovvero, della riduzione del rischio conseguita attraverso l'adozione di misure alternative ed integrative, rispetto al livello di rischio assicurato dal soddisfacimento dei requisiti minimi di sicurezza;
- l'applicazione del criterio ALARP di riduzione del rischio attraverso l'analisi costi-sicurezza.

L'analisi di rischio di tipo prestazionale e di tipo probabilistico permette di verificare, oltre alle dotazioni impiantistiche e strutturali necessarie a garantire un livello di sicurezza accettabile secondo la norma, anche i livelli di affidabilità ed efficienza di ciascun sottosistema di sicurezza.

I risultati dell'analisi consentono sia la definizione generale delle specifiche prestazionali da adottare nel progetto dei singoli impianti, sia la verifica dei parametri di riferimento già adottato previsti dal progetto.

Gli indicatori quantitativi del rischio adottati per rappresentare i risultati dell'analisi di rischio svolta per le diverse configurazioni di sistema, in accordo ai dettati del Decreto Legislativo n. 264/2006, sono:

- il Rischio Sociale rappresentato come Curva Cumulata Complementare riportata sul piano F-N;
- il Valore Atteso del Danno determinato come area sottesa dalla Curva Cumulata Complementare.

3.2 CALCOLO DEL RISCHIO

Il rischio è calcolato considerando gli eventi di tipo:

- collisione,
- incendio,
- esplosione,
- rilascio di sostanze tossiche e nocive.

3.3 VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Il criterio adottato per la presente analisi è un criterio di tipo assoluto basato sul valore atteso del rischio.

Il criterio prevede il confronto tra i diversi tracciati sulla base di un indicatore di rischio normalizzato al chilometro di tracciato espresso in termini di fatalità/anno. Il costo della sicurezza è successivamente valutato attribuendo un costo per ciascuna fatalità in funzione della tipologia di sinistro come da successiva tabella.

Sinistro	Valore [Euro/Fatalità]
<i>Incidente stradale</i>	750.000
<i>Incendio</i>	3.500.000
<i>Evento connesso al trasporto di merci pericolose</i>	5.000.000

3.4 ANALISI DI RISCHIO INCENDIO

Il modello utilizzato consente il calcolo del rischio, in accordo al D. Lgs 264/2006 relativamente agli eventi di incendio e connessi al trasporto di merci pericolose in galleria.

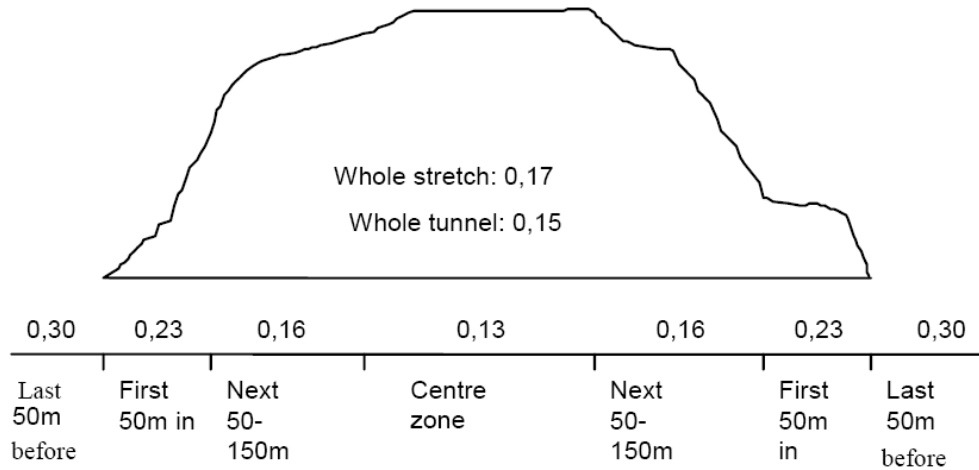
3.5 ANALISI DI RISCHIO STRADALE

Il modello utilizzato prevede l'applicazione di un modello di rischio per l'incidentalità stradale in galleria basata su un approccio bayesiano classico con analisi delle incertezze.

Il modello di rischio consente la determinazione del valore atteso del rischio per un tratto di strada in galleria in funzione dei parametri di sicurezza.

Per la valutazione dei tassi di accadimento di è fatto riferimento alla variazione dell'incidentalità in funzione della posizione all'interno della galleria illustrata in figura.

Accident rates in tunnels



L'effetto delle misure di sicurezza sull'incidentalità stradale all'interno delle gallerie è rappresentato nella successiva tabella.

Effects of safety measures

Accident severity	Types of accident affected	Percentage change in the number of accidents	
		Best estimate	95% confidence interval
Road in tunnel vs. road above-ground			
Injury accidents	All accidents: motorway A	-2	(-15; +12)
Injury accidents	All accidents: rural	-4	(-17; +11)
Injury accidents	All accidents: urban	-61	(-77; -35)
Lighting in tunnels			
Injury accidents	Accidents in tunnels	-35	(-51; -14)
Increasing the width of the tunnel from less than 6m to more than 6m			
Injury accidents	Accidents in tunnels	-40	(-49; -30)
Reduction in gradient from more than 50 per thousand to flat road			
Injury accidents	Accidents in tunnels	-71	(-84; -49)

La correlazione tra differenza di velocità nell'impatto e probabilità di decesso è rappresentata nella seguente figura.

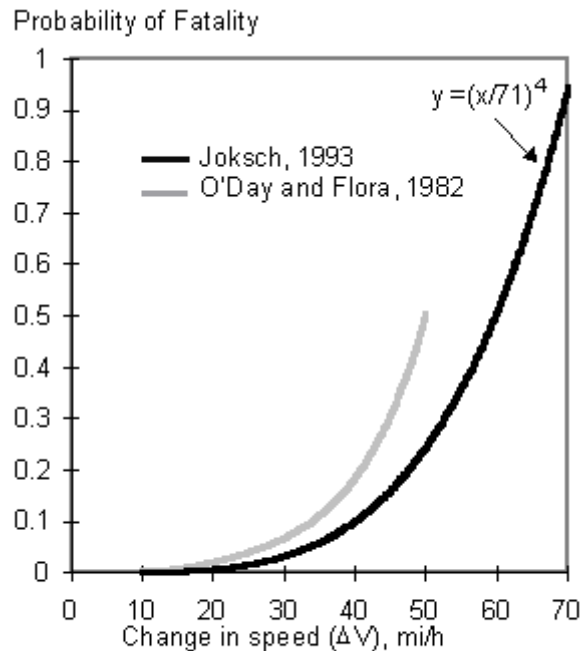


Figure 5. **Effect of change in speed at impact on fatality risk.**

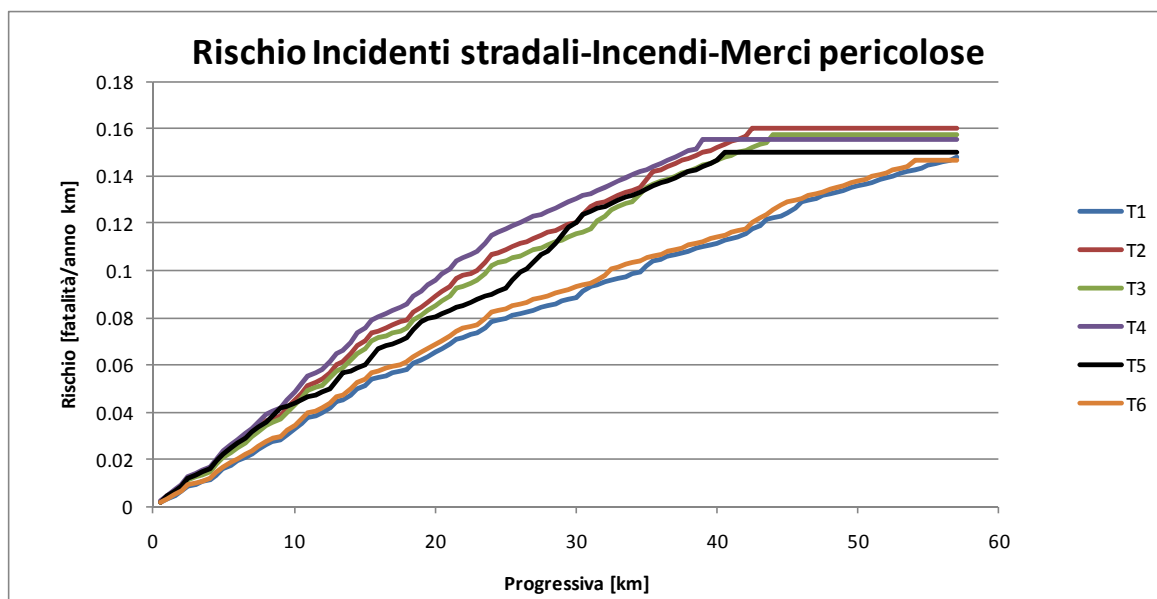
3.6 RISULTATI PRELIMINARI

Successivamente sono riportati i risultati delle analisi condotte per il confronto tra i sei tracciati espressi come:

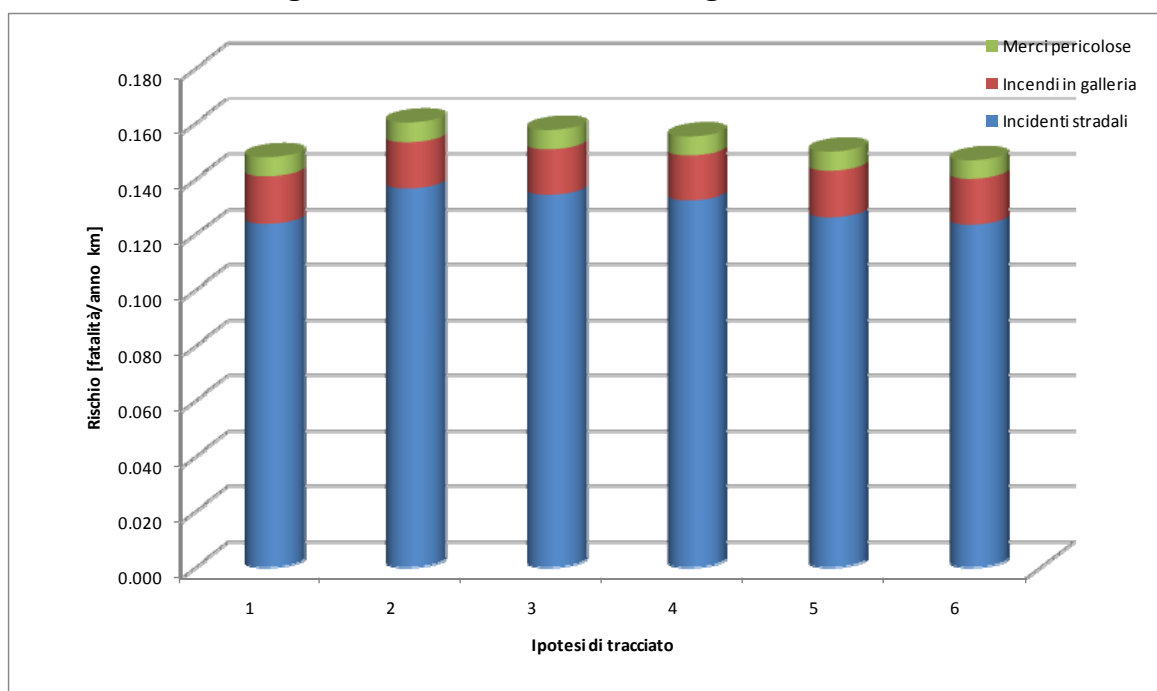
- rischio, espresso in fatalità/anno per km di tracciato, cumulato in funzione della progressiva del tracciato derivante da incidenti stradali, incendi, merci pericolose,
- rischio complessivo, espresso in fatalità/anno per km di tracciato, derivante da incidenti stradali, incendi, merci pericolose,
- costo complessivo della sicurezza su un orizzonte temporale pari a 25 anni espresso in Euro per km di tracciato (valori indicativi).

I risultati dei calcoli preliminari effettuati evidenziano il tracciato T6 sia caratterizzato dal rischio più basso dovuto principalmente ai lunghi tratti in galleria ad al numero ridotto di gallerie.

Rischio in funzione della progressiva normalizzato la lunghezza del tracciato

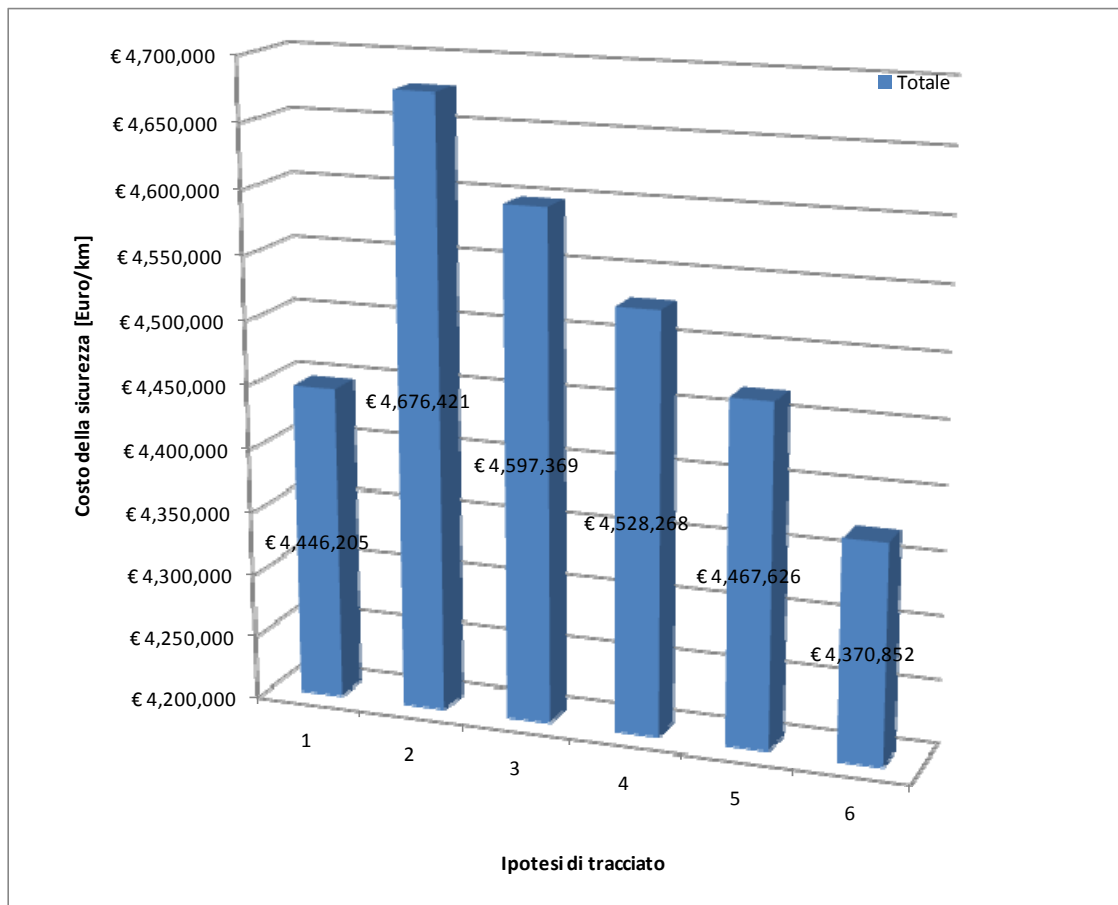


Rischio globale normalizzato la lunghezza del tracciato



	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Lunghezza [m]	57800	42450	44380	39300	41430	55000
Incidenti stradali	0.124	0.137	0.134	0.132	0.126	0.124
Incendi in galleria	0.017	0.016	0.016	0.016	0.017	0.016
Merci pericolose	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007
Totale	0.148	0.160	0.157	0.155	0.150	0.147

Costo della sicurezza normalizzato per km di tracciato (calcolato su base 25 anni)



Le analisi preliminari condotte evidenziano come il tracciato T6 sia caratterizzato da un livello di sicurezza più alto dovuto principalmente al numero inferiore di gallerie in sequenza.

Le analisi effettuate sono state condotte ipotizzando che le misure di sicurezza siano affidabili ed efficaci in egual modo per tutti i tracciati ed adeguate alle caratteristiche delle gallerie e del tracciato.