



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

IMPIANTI

Relazioni

Calcoli preliminari degli impianti di ventilazione in galleria

Progressivo

Rev.

06 07 01 003 A0

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Controllo	Approvazione	SCALA -
00	Agosto 2011	Prima emissione	TECHNITAL	M. Tittarelli	A. Renso	NOME FILE 2505_060701003_0101_OPP_A0.dwg
A0	Settembre 2011	Verifica art. 112 D. Lgs 163/06	TECHNITAL	M. Tittarelli	A. Renso	CM 2505 ELAB. 060701003 Fg. 0101 LW. 0PP REV. A0

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

Committente:



Progettazione:

CONSORZIO RAETIA



PROGETTO PRELIMINARE

CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI DI VENTILAZIONE IN GALLERIA

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
	1.1 Diluizione degli inquinanti emessi dai veicoli	4
	1.2 Sistema di controllo della qualità dell'aria in galleria	5
	1.3 Gestione e controllo dei fumi	6
	1.4 Controllo della velocità longitudinale	8
2	ALGORITMI DI VENTILAZIONE PER LE GALLERIE MONODIREZIONALI	8
3	CALCOLI PRELIMINARI DEL SISTEMA DI VENTILAZIONE PER LE GALLERIE DELL'AUTOSTRADA A31 VALDASTICO NORD.	10

1 INTRODUZIONE

Il Decreto 264/06 prevede che per tutte le gallerie di lunghezza superiore a 1000 m sia previsto un impianto di ventilazione che svolga le seguenti funzioni:

- controllo degli inquinanti emessi dagli autoveicoli, nel caso di flussi di traffico normali e nei picchi di traffico,
- controllo degli inquinanti emessi dagli autoveicoli in caso di arresto del traffico per incidenti,
- controllo del calore e del fumo in caso di incendio.

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 progettazione dell'impianto di ventilazione è effettuata con un criterio di affidabilità ed efficienza aerea, 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.

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 aerea e di monitoraggio principali (rilevatori di CO, NOX, opacità dell'aria, velocità e direzione del vento).

Un sistema di ventilazione in galleria è preposto ad assolvere le seguenti funzioni:

- in condizioni normali di esercizio, diluire i prodotti gassosi generati dal processo di combustione nei motori dei veicoli e ridurre la concentrazione di particolato;
- in condizioni incidentali, estrarre e movimentare, in modo controllato, i fumi generati da eventi di incendio e le nubi generate da rilasci in fase gassosa di sostanze tossiche e nocive e da sversamenti di sostanze infiammabili in fase liquida.

I parametri fondamentali da considerare nella scelta di un sistema di ventilazione sono:

- la localizzazione della galleria sul territorio,
- le caratteristiche meteo-climatiche del sito di localizzazione,
- la densità abitativa nella zona di influenza della galleria,
- la configurazione architettonica e geometrica della struttura (direzionalità, lunghezza, area della sezione trasversale, pendenza).

Le caratteristiche del traffico incidente sulla struttura (intensità, composizione del traffico, i.e. percentuale di veicoli pesanti, percentuale di veicoli adibiti al trasporto di sostanze pericolose, l'adozione di limitazioni temporali alla circolazione, la frequenza di formazione di code),

le statistiche degli eventi incidentali critici per il sistema galleria (eventi di incendio, sversamento di sostanze infiammabili, rilasci di sostanze tossiche e nocive).

I sistemi di ventilazione meccanica possono essere distinti in tre tipologie: sistemi longitudinali, sistemi trasversali, sistemi semi-trasversali.

1.1 Diluizione degli inquinanti emessi dai veicoli

La portata di diluizione richiesta al sistema di ventilazione in condizioni di esercizio (ventilazione sanitaria) può essere determinata assumendo come parametri di riferimento:

- la concentrazione massima di monossido di carbonio CO,
- il valore massimo del coefficiente di estinzione ottica,
- la concentrazione massima oppure la dose massima di biossido di azoto NO₂.

La successiva tabella sintetizza i parametri di qualità dell'aria adottati come riferimento per il dimensionamento della ventilazione sanitaria.

Regime di traffico	Concentrazione di CO [ppm]	Coefficiente di estinzione ottica k [m⁻¹]	Concentrazione di NO_x [ppm] (NO₂/ NO_x) =0.1
Scorrevole	50	0.005	10
Congestionato giornaliero	70	0.007	Dose equivalente a 200 µg/m ³ per 1 ora

I valori limite per la concentrazione di monossido di carbonio e per il valore del coefficiente di estinzione ottica adottati sono stati ricavati dalle raccomandazioni fornite dal PIARC 1995; i valori limite per la concentrazione di ossidi di azoto sono stati ricavati a partire dalla dose di biossido di azoto calcolata sulla base dei limiti proposti dal WHO coincidenti con i valori di qualità dell'aria fissati dalla normativa italiana sull'inquinamento atmosferico.

Le emissioni di inquinanti possono essere calcolate tenendo in conto la pendenza della strada e la velocità di percorrenza dei veicoli utilizzando i fattori di emissione forniti dal CETU (2002) e dal PIARC (2004).

I valori di emissione calcolati secondo le indicazioni fornite dal PIARC e dal (CETU) sono stati verificati adottando la metodologia proposta dal gruppo di lavoro europeo CORINAIR per il programma COPERT III: in essa sono proposte delle relazioni semiempiriche per la valutazione delle emissioni di diverse categorie di veicoli e per differenti specie inquinanti in funzione della velocità di percorrenza, della pendenza media del tratto viario, dell'anno di costruzione dei veicoli [1].

1.2 Sistema di controllo della qualità dell'aria in galleria

Gli obiettivi del sistema di controllo della ventilazione in condizioni di esercizio sono:

- mantenere la qualità dell'aria entro valori di riferimento accettabili in termini di visibilità e dosi assunte,
- limitare i consumi di energia elettrica,
- favorire l'affidabilità e l'efficienza dell'impianto.

I componenti ad installazione fissa costituenti il sistema di controllo della qualità dell'aria in galleria sono:

- anemometri,
- sonde termometriche,
- analizzatori di monossido di carbonio,
- analizzatori di ossidi di azoto,
- opacimetri,
- contatori di traffico.

Il controllo della qualità dell'aria in galleria si effettua attraverso l'attivazione del sistema di ventilazione secondo procedure predefinite che utilizzano come parametri di controllo grandezze derivate dai dati rilevati dai componenti del sistema di controllo della qualità dell'aria disponibili.

1.3 Gestione e controllo dei fumi

I pericoli maggiori per gli utenti presenti in galleria nel corso di un evento di incendio sono legati alla produzione di gas tossici e nocivi generati dal focolaio ed ai tempi di dispersione dello strato dei fumi nella struttura

Il fenomeno della stratificazione dei fumi tende a ridurre la condizione di pericolo per gli utenti in quanto consente la creazione di una zona di aria fresca continuamente rinnovata dall'azione di richiamo esercitata dalla presenza del focolaio al di sotto dello strato dei fumi caldi

Tale effetto positivo perdura fino a quando il processo di diluizione dei prodotti della combustione con l'aria ambiente ed i processi di scambio termico con le pareti della struttura non ne riduce la temperatura al punto da provocarne la ricaduta al suolo (effetto sipario) .

L'intensità del flusso d'aria longitudinale in galleria è responsabile del fenomeno del back-layering, ovvero la formazione di uno strato di fumi di dimensioni non trascurabili ubicato nella regione a monte del focolaio in direzione opposta al flusso d'aria prevalente in galleria.

Il parametro attraverso il quale si caratterizza il fenomeno del back-layering è la velocità critica, definita come la velocità minima del flusso d'aria longitudinale richiesta per prevenire il fenomeno del back-layering, i. e. la velocità massima dell'aria di ventilazione richiesta per prevenire il moto sopravvento dei fumi generati da un incendio nella galleria.

La successiva tabella sintetizza i valori di riferimento per la velocità critica in una galleria in funzione della potenza termica generata dal focolaio reperibili in letteratura.

Focolaio	Potenza termica [MW]	Velocità iniziale dello strato dei fumi [m/s]
Autovettura	6	1,5
Minibus	10	1,8
Furgone	15	2,0
Autocarro leggero	20	2,2
Autobus	25	2,5
Autocarro	30	2,7
Autotreno	50-100	3,0
Autocisterna	100-150	3,5-4,0

Studi riportati nei documenti PIARC hanno evidenziato come le condizioni di fuga degli utenti dalla struttura siano favorite quando lo strato di gas caldi rimane stabile sopra lo strato d'aria fresca. Tali studi, d'altra parte, hanno evidenziato come la stratificazione dei fumi possa essere disturbata od impedita da diversi fattori dipendenti dalle condizioni ambientali e di traffico.

Un sistema di ventilazione longitudinale è un sistema idoneo a consentire la gestione della situazione di emergenza conseguente ad un evento di incendio in una galleria monodirezionale.

1.4 *Controllo della velocità longitudinale*

Al fine di non compromettere la stratificazione dei fumi è necessario mantenere una bassa velocità longitudinale all'interno della galleria; nello stesso tempo tale velocità deve essere sufficiente ad impedire la risalita del fumo controcorrente ed a mantenerlo tutto da uno stesso lato del focolaio.

Si conciliano le due esigenze installando degli acceleratori da utilizzare secondo necessità tenendo presente che la gestione del flusso longitudinale attraverso l'attivazione di un numero adeguato di ventilatori risulta di difficile attuazione, soprattutto in condizioni di emergenza.

Il sistema migliore per controllare la velocità longitudinale della corrente d'aria è quello di prevedere settori indipendenti di ventilazione.

Qualsiasi sia il mezzo di controllo della velocità longitudinale dell'aria, la sua gestione deve essere impostata e collaudata in fase di definizione e simulazione delle procedure di emergenza in funzione della zona di localizzazione dell'incendio.

2 ALGORITMI DI VENTILAZIONE PER LE GALLERIE MONODIREZIONALI

Il capitolo presenta i criteri generali di gestione della ventilazione per gallerie monodirezionali basato sulla riduzione del rischio per gli utenti della galleria come definita dalla normativa nazionale rappresentata dal D. Lgs 264/06.

Gli algoritmi per la gestione della ventilazione sono caratterizzati da ridotta efficacia per la riduzione del rischio in caso di:

- evento incidentale che coinvolga veicoli adibiti al trasporto di merci pericolose,
- condizioni di fuori progetto degli impianti,
- efficienza ridotta degli impianti dovuta a guasti e cattive condizioni di manutenzione,
- elevata frequenza di congestione o traffico bidirezionale,
- malfunzionamento degli altri sistemi di sicurezza quali monitoraggio, comunicazione, illuminazione, segnaletica.

Il sistema di gestione della ventilazione è attivo durante tutte le fasi di esercizio e di emergenza della galleria ed opera con tempi ciclo predefiniti per ciascuno dei compiti principali ad esso ascritti illustrati nello schema mostrato in figura.

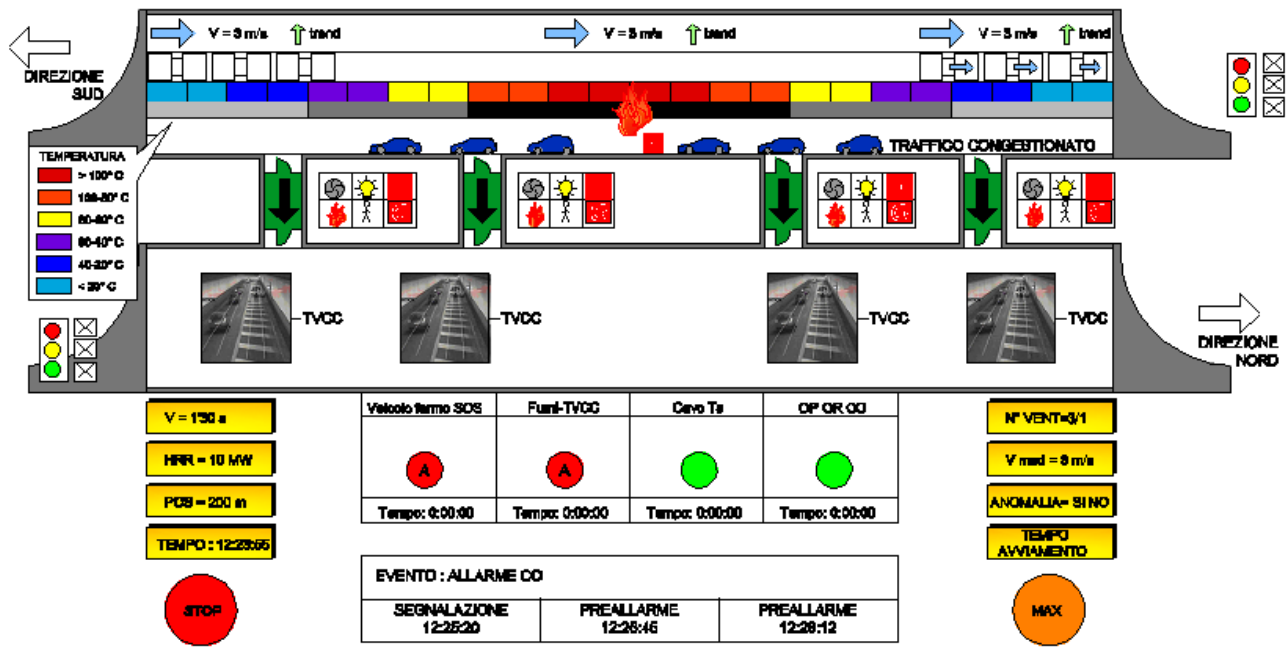
I dati sono acquisiti con cadenza fissata e le elaborazioni sono effettuate in parallelo tra gestione della ventilazione in esercizio ed acquisizione degli allarmi con priorità sempre all'acquisizione degli allarmi (in caso di malfunzionamento della procedura di esercizio deve essere garantito il monitoraggio degli allarmi).

In caso di allarme o segnalazione cessa la modalità esercizio e prende la priorità la modalità emergenza mantenendo attiva la procedura di monitoraggio finalizzata alla validazione degli allarmi ed al cessato allarme automatico.

La modalità di gestione in emergenza prevede l'attuazione di idonei algoritmi per il controllo della velocità dell'aria i cui parametri di controllo definiti sulla base di prove sul campo.

Al sistema di gestione della ventilazione in emergenza è associata una schermata di visualizzazione, mostrata nella successiva figura, dedicata alla gestione dell'emergenza che consente ai responsabili della sicurezza, agli operatori ed agli addetti al soccorso di avere disponibili in tempo reale tutte le informazioni necessarie a comprendere l'evoluzione dell'emergenza al fine di facilitare le successive operazioni.

GESTIONE IN TEMPO REALE DEL SISTEMA GALLERIA IN EMERGENZA 



3 CALCOLI PRELIMINARI DEL SISTEMA DI VENTILAZIONE PER LE GALLERIE DELL'AUTOSTRADA A31 VALDASTICO NORD.

Le caratteristiche delle gallerie appartenenti al tracciato della Valdastico Nord sono sintetizzate nella successiva tabella.

N.	NOME GALLERIA	LUNGHEZZA CANNA DIR. NORD [m]	LUNGHEZZA CANNA DIR. SUD [m]	Pendenza
2	S. Agata	990	970	
3	Velo d'Astico	140	60	
4	Cogollo	1 560	1 205	
5	Costa del Prà	855	717	
6	Forte Corbin	2 210	2 120	
7	Pedescala	1 750	1 735	
8	San Pietro	3 507	3 586	
9	Molino	200	-	
10	Pedemonte	1 850	1 815	
11	di Valico	15 140	15 080	

Le sezioni trasversali hanno area pari a circa 88 m² per le gallerie realizzate con scavo tradizionale e 90 m² per le gallerie realizzate con scavo meccanizzato.

Considerati i risultati delle analisi di rischio e delle verifiche preliminari effettuate il sistema di ventilazione adottato per le gallerie dell'autostrada a 31 Valdastico Nord è di tipo longitudinale e nella galleria di valico sono previsti sistemi di filtrazione e ricircolo realizzati all'interno di due by-pass.

I criteri di progetto per la ventilazione sanitaria adottati, anche in accordo alle raccomandazioni del PIARC, sono:

- traffico congestionato 70 UVP/km
- traffico scorrevole 30 UVP km
- velocità dell'aria non superiore a 10 m/s,
- veicoli Euro 4.

I criteri di progetto per la ventilazione di emergenza adottati, anche in accordo alle raccomandazioni del PIARC, sono:

- velocità dell'aria non superiore a 4 m/s,
- incendio di veicolo pesante,
- differenza di pressione barometrica tra i portali massima pari a 2 mbar,

La distribuzione dei ventilatori è stata ipotizzata in parte uniforme per non avere grossi sbalzi di pressione tra le canne prevedendo l'adozione di una coppia di jet fan installata tra due by-pass

pedonali con un rinforzo in corrispondenza dei portali per migliorare la gestione in esercizio in accoppiamento al sistema di filtrazione ed in caso di interruzione della rete elettrica.

Vista la natura preliminare della progettazione è stato previsto un dimensionamento a favore di sicurezza prevedendo coppie di ventilatori installate ad interdistanze regolari comprese tra 150 m e 300 m in funzione della lunghezza della galleria.

I ventilatori saranno del tipo elettronico con inverter e controllore installati a bordo o in una nicchia realizzata nelle immediate vicinanze; sensori di vibrazione, orizzontalità, temperatura, velocità dell'aria, concentrazione di CO, concentrazione di NO₂ ed opacità installati a bordo.

L'elettronica di bordo prevede anche la gestione di tutti i segnali provenienti dai sensori e le comunicazioni con il sistema di gestione della galleria mediante protocolli standard.

L'alimentazione del tratto finale avverrà mediante cavi resistenti alle alte temperature del tipo FTG10.

La gestione della ventilazione avviene mediante algoritmi specifici ed ottimizzati per il risparmio energetico e per la riduzione del rischio secondo algoritmi adattivi di tipo feedback e feedforward.

Gli algoritmi di ventilazione sono integrati con un sistema di gestione avanzata degli allarmi in grado di garantire un ben determinato livello prestazionale e di affidabilità sia in esercizio (falsi allarmi) sia in condizioni di emergenza (tempi di risposta).

Nelle tabelle seguenti sono illustrati i risultati dei calcoli della ventilazione delle gallerie in esame.

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

	S. Agata	Cogollo	Del Prà	Forte Corbin	Pedescala	S. Pietro	Pedemonte	Valico
Lunghezza [m]	980	1560	855	2210	1750	3586	1815	15145
Pendenza [%]	1,74	1,14	2,4	1	0,5	0,5	2	2
Velocità aria [m/s]	-	3	3	3,5	3,5	3,5	3,5	5
Perdite per attrito [Pa]	-	31	24	62	51	87	53	700
Presenza veicoli [Pa]	-	11	8	25	19	38	21	188
Effetto camino [Pa]	-	27	53	28	14	14	57	92
Criteri	-	Incendio	Incendio	Incendio	Incendio	Incendio	Incendio	Incendio-Traffico congestionato
Interdistanza media ventilatori [m]	-	250	150	250	250	250	200	300
Potenza assorbita per fornice [kW]	-	360	400	600	450	700	600	3600