

PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



PROGETTO DEFINITIVO

EUROLINK S.C.p.A.

IMPREGILO S.p.A. (MANDATARIA)
 SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A. (MANDANTE)
 COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L. (MANDANTE)
 SACYR S.A.U. (MANDANTE)
 ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD (MANDANTE)
 A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE (MANDANTE)

IL PROGETTISTA



Dott. Ing. I. Barilli
 Ordine Ingegneri
 V.C.O.
 n° 122

Dott. Ing. E. Pagani
 Ordine Ingegneri Milano
 n° 15408



IL CONTRAENTE GENERALE

Project Manager
 (Ing. P.P. Marcheselli)

STRETTO DI MESSINA

Direttore Generale e
 RUP Validazione
 (Ing. G. Fiammenghi)

STRETTO DI MESSINA

Amministratore Delegato
 (Dott. P. Ciucci)

Unità Funzionale COLLEGAMENTI SICILIA

SS1027_F0

Tipo di sistema INFRASTRUTTURE STRADALI – IMPIANTI TECNOLOGICI

Raggruppamento di opere/attività ELEMENTI DI CARATTERE GENERALE

Opera - tratto d'opera - parte d'opera GENERALE – OPERE IN SOTTERRANEO

Titolo del documento RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA IMPIANTO DI VENTILAZIONE

CODICE

C G 0 7 0 0 P 1 R D S S I 0 0 G 0 0 0 0 0 0 0 7 F 0

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	20/06/2011	EMISSIONE FINALE	D. RE	G. LUPI	I. BARILLI

NOME DEL FILE: SS1027_F0.doc

revisione interna: __

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA IMPIANTO DI VENTILAZIONE	<i>Codice documento</i> SS1027_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

INDICE

INDICE		i
1	Introduzione	1
1.1	Generalità	1
1.2	Caratteristiche dei collegamenti stradali lato Sicilia	2
1.3	Leggi e norme di riferimento	2
2	Impianto di ventilazione	4
2.1	Esigenze della ventilazione nelle gallerie stradali.....	4
2.2	Metodologia di ventilazione delle gallerie	5
2.3	Dimensionamento dell'impianto di ventilazione in galleria	7
2.3.1	Calcolo del fabbisogno di aria fresca in galleria	7
2.3.2	Valori base e valori ammessi di emissione di inquinanti CO, fumi (particolato), NO _x	8
2.3.3	Calcolo degli inquinanti in galleria	8
2.3.4	Calcolo delle cadute di pressione in galleria	9
2.4	Controllo della velocità critica in galleria.....	10
2.5	Incendio in galleria	10
3	Strumenti per il controllo dell'atmosfera e del traffico in galleria	12
3.1	Modalità di misura del CO (ossido di carbonio) dell'NO (ossido di azoto) e di OP (opacità dell'aria).....	12
3.2	Sistema di conteggio e di controllo dei veicoli in ingresso ed in uscita dalla galleria	13
3.3	Misuratore di direzione e di velocità dell'aria in galleria	14
3.4	Modalità di controllo della portata dell'aria in galleria	15
3.4.1	Condizioni sanitarie	15
3.4.2	Condizioni di emergenza	17
4	Impianto di pressurizzazione by-pass pedonali e carrabili.....	19

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA IMPIANTO DI VENTILAZIONE		<i>Codice documento</i> SS1027_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

1 Introduzione

1.1 Generalità

Il presente documento intende illustrare le soluzioni progettuali adottate nello sviluppo del progetto definitivo dell'impianto di ventilazione e degli impianti ad esso correlati, quali l'impianto di controllo dell'atmosfera, l'impianto di controllo del traffico e l'impianto di pressurizzazione a servizio dei by-pass pedonali e carrabili, nella parte pedonale del by-pass, che collegano fra di loro i due fornic di ogni galleria.

Inoltre verranno descritti gli impianti elettrici di potenza a servizio degli impianti summenzionati.

Pertanto gli impianti oggetto del presente documento sono i seguenti:

- impianto di ventilazione meccanica delle gallerie
- sistemi di monitoraggio atmosferico (sensori CO/OP/NO_x ed anemometri-AN)
- impianto rilievo traffico
- impianto di pressurizzazione by-pass
- impianto elettrici di potenza a servizio dei tunnel.

Tutti gli impianti sopra elencati, per la loro gestione, si interfacciano all'impianto di supervisione locale tramite la rete locale di comunicazione (rete LAN), oggetto di altra parte del progetto. Essi saranno inoltre gestibili anche dal centro di controllo collocato nel Centro Direzionale, in particolare per l'attuazione di procedure automatiche, qualora si verifichi un evento che coinvolga l'intero sistema viario.

Infine, si precisa che gli impianti tecnologici a servizio dell'Opera di attraversamento (Ponte sullo Stretto di Messina), dei vari edifici (Centro Direzionale, fabbricato di esazione, ecc..) e degli impianti tecnologici, non menzionati nella presente relazione, costituiscono oggetto di altre sezioni del progetto.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA IMPIANTO DI VENTILAZIONE		<i>Codice documento</i> SS1027_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

1.2 Caratteristiche dei collegamenti stradali lato Sicilia

Il progetto è sviluppato considerando il seguente sviluppo dei collegamenti stradali lato Sicilia, caratterizzato dalle opere principali:

Lato	Opera	Lunghezza fornici [Messina → Ponte] (m)	Lunghezza fornici [Ponte → Messina] (m)
Sicilia	Galleria Faro Superiore	3.361,49	3.337,32
Sicilia	Galleria Balena	1.203,50	1.162,00
Sicilia	Galleria Le Fosse	2.748,46	2.811,10

1.3 Leggi e norme di riferimento

Nello sviluppo del progetto definitivo delle opere impiantistiche descritte nel presente documento, oltre ai riferimenti legislativi, alle circolari ed alle norme tecniche indicate nel documento GCG.F.01.02 (Ottobre 2004), sono stati considerati, in particolare, anche i seguenti riferimenti:

Leggi e Circolari

- D.Lgs n° 264 del 5/10/2006 di attuazione della Direttiva europea 2004/54/CE (nel seguito indicata brevemente con DLgs)
- Circolare ANAS n. 179431/09 “Linee guida per la progettazione della sicurezza nelle gallerie stradali” – Seconda edizione 2009 (nel seguito indicata brevemente con LG)
- AIPCR Association Internazionale Permanente des Congrès de la Route – XVIIIe Congrès Mondial de la Route à Bruxelles, Comité technique des tunnels routiers, rapport. Bruxelles septembre 1987 ;
- AIPCR Association Internationale Permanente des Congrès de la Route – XIXe Congrès Mondial de la Route à Marrakech, Comité technique des tunnels routiers, rapport. Marrakech septembre 1991;
- AIPCR Association Internationale Permanente des Congrès de la Route – XXe Congrès Mondial de la Route à Montréal, Comité technique des tunnels routiers, rapport. Montreal septembre 1995;
- AIPCR Association mondiale de la Route – Comité AIPCR des tunnels routiers : “Fire and

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA IMPIANTO DI VENTILAZIONE		<i>Codice documento</i> SS1027_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Smoke Control in Road Tunnels » - ed. 1999;

- AIPCR Association mondiale de la Route – Comité technique AIPCR de l'exploitation des tunnels routiers : “Tunnel Routiers : Émission des Véhicules et besoins en air pour la ventilation » - ed. 2004.
- AIPCR Association Internationale Permanente des Congrès de la Route – “Systems and Equipment for Fire and Smoke Control in Road Tunnels” – 2007.
- Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement - Circulaire interministérielle n. 2000-63 du 25 août 2000 relative à la sécurité dans les tunnels du réseau routier national – Bulletin Officiel – Sept. 2000;
- Office fédéral des routes OFROU - Directive - Ventilation des tunnels routiers choix du système, dimensionnement et équipement – Avril 2008

Norme Tecniche

- Norma CEI 11-1 - “Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica. Norme generali”
- Norma CEI 11-17 - “Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo”
- Norma CEI 17-5 - “Apparecchiature a bassa tensione. Parte 2: Interruttori automatici”
- Norma CEI 17-6 - “Apparecchiature prefabbricate con involucro metallico per tensioni da 1 a 52 kV”
- Norma CEI 17-13 - “Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT)”
- Norma CEI 23-31 - “Canali metallici portacavi e porta apparecchi. Apparecchiature costruite in fabbrica – ACF”
- Norma CEI 64-8 - “Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1.000 Volt in corrente alternata e 1.500 Volt in corrente continua”

Si precisa come per l'opera di cui trattasi, facendo parte della rete TERN, risulta cogente il Dlgs n. 264/06, mentre le Linee guida ANAS costituiscono uno strumento, che rendono pratica l'applicazione del Dlgs per quegli aspetti impiantistici, in merito ai quali il Dlgs stesso si limita a fornire delle indicazioni prescrittive generali.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA IMPIANTO DI VENTILAZIONE	<i>Codice documento</i> SS1027_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

2 Impianto di ventilazione

2.1 Esigenze della ventilazione nelle gallerie stradali

Come noto gli automezzi durante il loro moto producono emissioni di prodotti della combustione contenenti inquinanti. Nel caso di veicoli con motore a benzina, gli inquinanti sono CO (ossido di carbonio), NO_x (ossidi di azoto), idrocarburi di varia natura (in particolare idrocarburi policiclici) e con vario grado di ossidazione, Pb e suoi composti; nel caso di veicoli con motori a gasolio gli inquinanti sono SO_x (ossidi di zolfo), particolato, odori sgradevoli, fumi, oltre a CO ed NO_x.

Taluni inquinanti sono dannosi alla vita della fauna e della flora, mentre il particolato ed i fumi riducono la visibilità.

Nel caso delle gallerie stradali gli inquinanti debbono essere diluiti in modo da assicurare buone condizioni fisiologiche e di sicurezza agli utenti per la guida entro le gallerie stesse.

Per la diluizione in gallerie di modesta lunghezza (ad es. eguale o minore di 500 m, specie se a traffico unidirezionale) è sufficiente in genere la ventilazione naturale, causata dalle condizioni atmosferiche e dall'effetto di spinta conferito dai veicoli all'aria della galleria, condizioni ed effetto variabili nel tempo.

Poichè i tempi di attraversamento delle gallerie da parte degli utenti sono limitati a pochi minuti, gli inquinanti che maggiormente influiscono sulle condizioni di guida in galleria sono il CO ed il particolato; in tempi più recenti si è tenuto conto anche dell'NO_x. I tempi di percorrenza possono però essere notevolmente aumentati nel caso di traffico intasato o bloccato in galleria.

Per le gallerie stradali di maggior lunghezza o per quelle di minor lunghezza, ma ad elevato traffico, occorre realizzare una ventilazione meccanica, onde ovviare all'inconveniente della concentrazione dannosa degli inquinanti.

Un avvenimento importante, che deve essere considerato nel funzionamento di una galleria, è l'incendio. In questo caso i criteri di sicurezza dipendono da molte circostanze, come vie di fuga per utenti e accessi per il personale di soccorso, sistemi di rilevamento e di allarme, sistemi di comunicazione, equipaggiamento stradale, controllo del traffico, sistemi antincendio, programmazione degli interventi di soccorso ed altri.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA IMPIANTO DI VENTILAZIONE		<i>Codice documento</i> SS1027_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

La ventilazione meccanica peraltro può giocare un ruolo importante nel caso di un incendio, ruolo dipendente dal sistema di ventilazione e da altre circostanze, come il tipo di galleria (uni- o bidirezionale), distribuzione del traffico, prodotti della combustione, magnitudo dell'incendio (può andare da circa 3 a 100 MW ed oltre) ed altre condizioni al contorno.

Nel caso di un incendio in una galleria unidirezionale con ventilazione longitudinale, il traffico a monte dell'incendio viene fermato, mentre il traffico a valle dell'incendio può lasciare il tunnel. In questo caso i prodotti della combustione possono essere spinti dalla ventilazione nel verso del tronco di tunnel non più occupato da veicoli.

Quando si viene a creare una coda in galleria, rilevata dal sistema di controllo del traffico ovvero dal sistema Tvcc, il traffico deve essere fermato all'esterno della galleria, mediante i semafori posti agli imbocchi, fino al decongestionamento della galleria stessa. In tal modo si garantisce il corretto funzionamento dell'impianto di ventilazione meccanica longitudinale, evitando, in caso di incendio, che i fumi prodotti dall'incendio stesso investano gli utenti della galleria.

2.2 Metodologia di ventilazione delle gallerie

La ventilazione meccanica delle gallerie a servizio del nuovo Ponte sullo Stretto di Messina viene dimensionata in modo da assicurare condizioni di benessere fisiologico agli utenti presenti nelle varie gallerie, mediante una ventilazione sanitaria in grado di mantenere:

- le condizioni degli inquinanti di riferimento (CO, NO_x) al disotto dei valori stabiliti dalle raccomandazioni del PIARC (Permanent International Associations of Road Congressess);
- una buona visibilità in galleria, controllando l'opacità (OP) dell'aria, in modo da diluire sia i fumi emessi dai motori diesel sia il particolato, dovuto all'usura del manto stradale, dei pneumatici e dei freni, al disotto dei valori stabiliti dalle raccomandazioni del PIARC.

Per quanto attiene la sicurezza in caso di incendio, trattandosi di galleria a due fornici a traffico unidirezionale e con ventilazione meccanica longitudinale, l'impianto di ventilazione è stato proporzionato sia per evitare velocità critiche di riflusso dei fumi (back-layering), verso zone occupate da veicoli fermi, sia per ventilare la galleria con traffico bloccato a monte dell'incendio.

A tal fine l'impianto prevede per ciascun fornice un numero adeguato di ventilatori assiali ad induzione, posti in volta, in grado di garantire una idonea portata di ventilazione sanitaria ed una

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA IMPIANTO DI VENTILAZIONE	<i>Codice documento</i> SS1027_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

velocità longitudinale dell'aria in caso di incendio con veicoli bloccati in galleria a monte dell'incendio.

Nel caso in cui si verifichi un incendio nella condizione di traffico congestionato ovvero bloccato all'interno della galleria, dovuto a traffico intenso, si deve prevedere il blocco del traffico stesso all'imbocco della galleria e delle gallerie che la precedono, se le gallerie sono ravvicinate, mediante i semafori ed i PMV posti agli imbocchi. Infatti, in presenza di traffico congestionato o bloccato in galleria, nel caso di evento di incendio di un automezzo, non è possibile gestire la ventilazione meccanica di tipo longitudinale, in modo sicuro, in quanto possono essere presenti veicoli sia a monte che a valle dell'incendio stesso.

Pertanto, il verificarsi di tale evento, comporta una gestione della ventilazione come prescritto dal Comitato Tecnico Internazionale per le Gallerie del PIARC (Permanent International Association Road Congressess), nel fascicolo "Fire and Smoke Control in Road Tunnel" 1999 pag. 175. In tale fascicolo si prescrive, per le gallerie in esercizio, che per il caso di incendio summenzionato, si debba operare in due fasi distinte e successive:

- Fase 1: fase di evacuazione: permette la stratificazione dei fumi verso l'alto, così da consentire l'intervento del personale preposto allo spegnimento e la contemporanea evacuazione degli utenti dalla galleria.
- Fase 2: fase di lavaggio: la galleria deve essere liberata dai fumi, in modo da consentire l'intervento del personale preposto allo spegnimento.

T. 1.2 – Ventilazione longitudinale in una galleria unidirezionale a traffico bloccato in caso di incendio

Fase 1 – Evacuazione	Fase 2 – Lavaggio
a) la stratificazione dei fumi non deve essere disturbata	a) evitare il riflusso dei fumi (backlayering)
b) velocità longitudinale dell'aria relativamente debole	b) velocità longitudinale più elevata
c) nessun ventilatore deve operare nella zona dell'incendio	c) direzione del flusso d'aria adattabile

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA IMPIANTO DI VENTILAZIONE		<i>Codice documento</i> SS1027_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.3 Dimensionamento dell'impianto di ventilazione in galleria

2.3.1 Calcolo del fabbisogno di aria fresca in galleria

I valori della portata di aria in galleria per la ventilazione sanitaria vengono calcolati sulla base delle relazioni indicate dal PIARC con riferimento ai valori delle emissioni indicati dal PIARC nel 2004.

La determinazione del fabbisogno di aria fresca per la ventilazione delle gallerie a servizio del nuovo Ponte sullo Stretto di Messina, fa riferimento a relazioni di calcolo, correlanti i diversi parametri che entrano nella fenomenologia aeraulica del sistema. Una relazione di tipo generale è la seguente :

$$Q = \frac{ML}{V} \cdot q(v, i, h, t) \cdot \frac{1}{C_{adm}} \quad [1]$$

dove :

Q	=	portata aria espressa in	[m ³ /h]
M	=	intensità del traffico	[veicoli/h]
L	=	lunghezza della galleria	[km]
V	=	velocità dei veicoli	[km/h]
q	=	emissione per veicolo	[m ³ /h·Veh; m ² /h·Veh]
		per CO (ossido di carbonio), NO _x (ossidi di azoto), fumi da motori diesel, particolato da usura del manto stradale, pneumatici, freni;	
i	=	pendenza corsia	[%]
h	=	quota s.l.m.	[m]
t	=	età dei veicoli (ripartizione del parco automobilistico in funzione degli anni di riferimento)	
C _{adm}	=	concentrazione ammissibile per CO ed NO _x ; per la visibilità (particolato) C _{adm} è sostituito da k _{adm}	

I parametri v, i, h, t sono espressi con opportune relazioni numeriche o diagrammate e tengono inoltre conto del tipo di veicolo [leggero a benzina, leggero diesel, commerciale, pesante (camion)], oltre che dei valori di emissione riportati ai ø precedenti.

Quanto sintetizzato in questo paragrafo è ampiamente illustrato nella bibliografia del PIARC.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA IMPIANTO DI VENTILAZIONE	<i>Codice documento</i> SS1027_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

2.3.2 Valori base e valori ammessi di emissione di inquinanti CO, fumi (particolato), NO_x

L'introduzione di catalizzatori e di filtri sullo scarico dei motori, nonché il ricircolo dei gas di scarico nei motori diesel, ha portato ad una riduzione degli inquinanti principali CO, fumi ed NO_x presenti nei gas di scarico. Sulla concentrazione di tali inquinanti si basa il calcolo della ventilazione delle gallerie. Altri inquinanti, quali composti del Pb, SO₂, HC, etc., risultano con concentrazioni trascurabili in galleria, se la portata dell'aria di ventilazione diluisce i valori degli inquinanti principali CO, NO_x e particolato al di sotto dei valori di soglia ammessi.

I valori delle emissioni adottati per gli inquinanti sono quelli definiti dal PIARC nel 2004. Essi consentono di valutare i valori di emissione degli inquinanti, ammessi dalle normative CEE, in presenza o meno di catalizzatori e di filtri allo scarico dei motori, della composizione del parco automobilistico per età di veicoli e del chilometraggio di percorrenza annuale.

2.3.3 Calcolo degli inquinanti in galleria

Per la definizione delle emissioni inquinanti nel tempo vengono presi in considerazione i valori indicati dal PIARC (Permanent International Association of Road Congresses).

Il PIARC ha pubblicato nel dicembre 2004 il fascicolo "Road Tunnels – Vehicle Emissions and Air Demand for Tunnel Ventilation" ove sono riportate le emissioni inquinanti per le diverse classi di veicoli leggeri, veicoli commerciali, veicoli pesanti, bus e per le diverse categorie (Pre-Euro, Euro 1, Euro 2, Euro 3 ed Euro 4). La pubblicazione è stata elaborata dal gruppo di lavoro del Comitato Tunnel del PIARC negli anni 1999÷2004.

Il rapporto del PIARC tiene conto per le emissioni dei programmi di ricerca EU denominati Artemis, Particulates e Cost 344.

In Europa ed in altri paesi industrializzati sono in corso transizioni ed evoluzioni tecnologiche, concernenti gli standard di emissione dei veicoli ed in particolare di quelli pesanti.

E' probabilmente troppo presto per apprezzare i risultati di questa evoluzione tecnica, in quanto deve essere considerato che le tecniche motoristiche attuali o future, anche se sofisticate, sono soggette a fattori peggiorativi di invecchiamento e di deterioramento.

Occorre quindi procedere con cautela nel definire i diversi tempi di influenza delle normative nel

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA IMPIANTO DI VENTILAZIONE		<i>Codice documento</i> SS1027_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

campo delle emissioni, in relazione ai differenti livelli delle ispezioni periodiche dei veicoli ed alle diverse composizioni del parco veicolare in ogni paese.

I valori delle emissioni per i veicoli pesanti sono stati ottenuti facendo variare la massa globale dei veicoli. I risultati, ottenuti da prove su motori al banco e da prove su banchi dinamometrici, hanno dimostrato che le emissioni allo scarico sono pressoché proporzionali alla massa totale del veicolo. Conseguentemente è stata ricavata una serie di dati di emissione per veicoli con massa di 10 t per diverse velocità e pendenze stradali e, sulla base dei dati suddetti, sono stati definiti fattori di massa per valutare i dati di emissione dei veicoli pesanti e degli autobus di maggiore tonnellaggio.

L'evoluzione della motoristica dei veicoli con il passaggio dalle classi di emissioni E0, E1, alle classi E2, E3, E4 e nel futuro alle classi E5, E6 ha portato, porta e porterà ad una progressiva riduzione delle emissioni inquinanti allo scarico dei veicoli, in particolare degli inquinanti principali CO, NO_x e del particolato esausto.

2.3.4 Calcolo delle cadute di pressione in galleria

I valori delle cadute di pressione, necessari per la circolazione dell'aria secondo le portate previste, risultano dal calcolo delle singole cadute di pressione per resistenze continue e localizzate, della differenza di pressione dovuta all'effetto pistone del traffico, delle differenze delle condizioni barometriche fra gli imbocchi, dell'effetto del vento sui portali di ingresso.

La caduta di pressione totale Δp entro la galleria viene ottenuta applicando l'equazione relativa all'equilibrio fluidodinamico di ogni tronco:

$$\Delta p = \Delta p_R \pm \Delta p_{pi} \pm \Delta p_b \pm \Delta p_w \quad [2]$$

dove:

- Δp_R è la differenza di pressione causata dalle resistenze passive continue e localizzate, dovute al flusso dell'aria;
- Δp_{pi} è la differenza di pressione dovuta all'effetto pistone, esercitato dai veicoli sull'aria in galleria;
- Δp_b è la differenza di pressione causata dalle differenti condizioni barometriche fra gli imbocchi e dall'effetto camino;
- Δp_w è la pressione cinetica esercitata dal vento sugli imbocchi.
- Δp è la prevalenza che deve essere esercitata dall'impianto meccanico di ventilazione.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA IMPIANTO DI VENTILAZIONE	<i>Codice documento</i> SS1027_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

2.4 Controllo della velocità critica in galleria

La velocità critica rappresenta la velocità alla quale la miscela aria fumo può invertire il suo andamento ed invadere la zona della galleria, che si vuole mantenere protetta, mediante la ventilazione meccanica.

E' noto infatti che in caso di incendio in una galleria a percorrenza unidirezionale, i veicoli che sono a valle dell'incendio nel verso del traffico, escono dalla galleria senza avvertire l'incendio, in quanto la loro velocità è notevolmente maggiore di quella della propagazione longitudinale dei fumi.

I veicoli che restano fermi a monte dell'incendio vengono protetti dal flusso dell'aria, che spinge nel verso del traffico, se il flusso dell'aria ha una velocità longitudinale sufficiente ad evitare, per effetto dei moti convettivi dovuti all'incendio, il fenomeno del riflusso dei fumi verso i veicoli fermi (fenomeno di backlayering).

Di conseguenza deve essere valutato il numero di ventilatori necessari per evitare tale riflusso della miscela aria-fumo.

Il calcolo per evitare il riflusso viene effettuato tenendo conto che l'incendio si possa sviluppare a livello del manto stradale, a causa di una perdita sulla carreggiata di liquidi infiammabili all'interno della galleria.

2.5 Incendio in galleria

Il problema dell'incendio nella galleria è un fenomeno complesso, che dipende da numerosi parametri, quali :

- potenza termica dell'incendio;
- calore scambiato per convezione termica;
- pendenza longitudinale della carreggiata;
- tipo di ventilazione;
- numero e tipo di veicoli presenti in galleria;
- dimensioni dello spazio di circolazione e possibili ostruzioni;
- effetto pistone causato dai veicoli in moto e resistenza fluidodinamica causata dai veicoli fermi in galleria;
- influenza meteo agli imbocchi (pressioni barometriche, vento).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA IMPIANTO DI VENTILAZIONE		<i>Codice documento</i> SS1027_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

L'incendio di riferimento, secondo il PIARC, per le gallerie autostradali è quello di un autocarro, che trasporta merci solide infiammabili con una potenza dell'incendio massima di 30 MW, per un tempo di $\approx 1 \div 1,5$ ore, con uno sviluppo di fumi di $\approx 80 \text{ m}^3/\text{s}$ e con una temperatura massima dell'ordine di $1.000 \text{ }^\circ\text{C}$.

Si possono peraltro verificare incendi di maggior potenza (ad es. 100 MW nel caso di autobotti trasportanti liquidi infiammabili ed oltre) con sviluppo di fumi sino a $300 \text{ m}^3/\text{s}$.

Nel caso di una galleria con percorrenza unidirezionale, i veicoli a valle dell'incendio nel verso del traffico possono uscire dalla galleria, in quanto la loro velocità è superiore a quella della propagazione dei fumi, mentre quelli a monte dell'incendio sono protetti dal flusso dell'aria fresca longitudinale, che proviene alle loro spalle.

Occorre però che la velocità longitudinale abbia un valore superiore ad un valore critico, tale da impedire ai fumi di rifluire a monte dell'incendio, ove si trovano i veicoli fermi a monte dell'incendio stesso (V. paragrafo 2.4 precedente).

Va inoltre tenuto presente che si può verificare la situazione in cui i veicoli, bloccati a monte dell'incendio, occupino una lunghezza rilevante della galleria stessa. In questo caso la ventilazione meccanica longitudinale deve essere in grado di ventilare la galleria in funzione della resistenza fluidodinamica per attrito delle pareti della galleria e della colonna dei veicoli bloccati, nonché dell'effetto del tiraggio termico (effetto camino) provocato dall'incendio.

Nel proporzionamento della ventilazione meccanica nel caso di incendio delle gallerie a servizio del nuovo Ponte sullo Stretto di Messina si è tenuto conto di questi parametri.

Nel caso in cui si verifichi la condizione di traffico congestionato ovvero bloccato all'interno della galleria, dovuto a traffico intenso, vale quanto detto al paragrafo 2.2. Segue una tabella di riepilogo dei ventilatori previsti nelle gallerie oggetto della presente relazione.

Lato	Opera	Numero ventilatori fornice Messina → Ponte	Numero ventilatori fornice Ponte → Messina
Sicilia	Galleria Faro Superiore	28	20
Sicilia	Galleria Balena	16	18
Sicilia	Galleria Le Fosse	28	16

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA IMPIANTO DI VENTILAZIONE		<i>Codice documento</i> SS1027_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3 Strumenti per il controllo dell'atmosfera e del traffico in galleria

3.1 Modalità di misura del CO (ossido di carbonio) dell'NO (ossido di azoto) e di OP (opacità dell'aria)

La strumentazione per il controllo dell'atmosfera e del traffico in galleria è costituita da una serie di apparecchi per il rilievo di:

- Ossido di carbonio (CO), misurato in ppm [parti per milione] mediante analizzatori di CO (banda di lunghezza d'onda 4,5÷4,9 μm);
- Ossido di Azoto (NO), misurato in ppm mediante analizzatore di NO (banda 5,1÷5,6 μm).
- Particolato o fumi emessi dalla combustione del gasolio e da polveri dovute al traffico, che danno luogo ad una riduzione della visibilità; tale parametro viene misurato come coefficiente di estinzione k [m⁻¹], mediante opacimetri (OP).

Per quanto attiene il CO e l'NO, vengono installati misuratori del tipo ad assorbimento nel campo dell'infrarosso da parte delle molecole del CO e dell'NO.

È composto da una testa ottica, che fa da emettitore, e da un altro elemento ottico, che rappresenta il ricevitore.

Per quanto riguarda i misuratori di OP, viene usato un analizzatore dell'opacità dell'aria di tipo ottico, basato sull'assorbimento di un fascio luminoso di lunghezza d'onda specifica.

È composto da una testa ottica con due unità identiche, una funzionante come emettitore e ricevitore e l'altra come ricevitore ed emettitore.

I misuratori di CO, NO e di OP sono installati, come indicato sulle tavole progettuali.

Essi fanno capo ad una unità di misura dei valori di CO, di NO e di OP e quest'ultima dà in uscita valori analogici di CO, NO e di OP, nel campo 4÷20 mA. Tali valori sono trasmessi agli apparecchi di trattamento dei segnali in galleria, installati in appositi armadi a tenuta e da questi, tramite apposito cavo (bus), al sistema di controllo e di regolazione del regime di ventilazione, in funzione dei valori misurati di CO, di NO e di OP.

Va prevista un'alimentazione elettrica degli apparecchi di misura a 230 V in c.a. attraverso quadri posti in galleria, denominati Q_BP...

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA IMPIANTO DI VENTILAZIONE		<i>Codice documento</i> SS1027_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Gli apparecchi di misura del CO, del NO e dell'OP debbono essere messi in funzione in galleria a cura del costruttore degli apparecchi e dal costruttore stesso deve esserne verificata la taratura. La taratura degli analizzatori deve poter essere controllata periodicamente mediante apparecchi appositi di taratura da parte del fornitore.

Le gallerie a servizio del nuovo Ponte sullo Stretto di Messina, oggetto del presente progetto, possono presentare due situazioni distinte di traffico, nella fattispecie nei giorni festivi per il CO e nei giorni feriali per l'OP.

Su queste due situazioni, si sovrappongono quelle del possibile congestionamento o di blocco del traffico.

3.2 Sistema di conteggio e di controllo dei veicoli in ingresso ed in uscita dalla galleria

Ai fini del controllo del traffico, sia per ragioni di sicurezza, sia per un efficace conduzione della ventilazione meccanica, è opportuno installare un sistema, che individui i veicoli in ingresso ed in uscita per ogni fornice.

Il sistema, costituisce un importante dispositivo per la valutazione continua del numero dei veicoli presenti in ogni corsia con misura della velocità ed interdistanza, per il riporto periodico del valore del traffico orario e della sua derivata temporale; in tal modo si dispone di un parametro addizionale per la regolazione della ventilazione meccanica attraverso il sistema di regolazione e controllo dell'impianto di ventilazione.

Inoltre il sistema rappresenta un elemento rilevante per la sicurezza in galleria, in quanto segnala le eventuali fermate di traffico, che possono essere causate da incidenti o da guasti di veicoli.

Il sistema è del tipo combinato a scanner laser e sensori radar, costituito da un emettitore-ricevitore ad impulsi. Esso è installato in volta all'ingresso ed all'uscita della galleria, come indicato sulle tavole progettuali, ed è in grado di effettuare il conteggio dei veicoli entranti ed uscenti dalla galleria, il tipo dei veicoli in transito e la loro velocità.

A circa 50÷70 m a valle della sezione di ingresso ed a monte della sezione di uscita del fornice, viene installato al centro della volta il sistema costituito da n.3 sensori (1 laser e 2 radar) in grado di elaborare i dati di due corsie di marcia.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA IMPIANTO DI VENTILAZIONE	<i>Codice documento</i> SS1027_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Il principio di funzionamento dei sensori laser è basato sulla misura del cosiddetto tempo di volo. Un piccolissimo impulso di luce laser (della durata di qualche nanosecondo) viene inviato contro un veicolo in transito e viene misurato il tempo impiegato dalla luce riflessa per tornare al sensore. Sulla base di tale misura, una volta misurato il tempo di fondo scala, ossia il tempo che un impulso inviato contro il terreno impiega per essere riflesso, si è in grado di misurare l'altezza degli oggetti che si interpongono con il terreno. Facendo scorrere il fascio laser trasversalmente su una strada, si è quindi in grado di ricostruire, in tempo reale, la sagoma dei veicoli che, passando sotto il campo di azione del sensore, interagiscono con i raggi laser riflettendoli prima del dovuto.

Tale tecnica di misura deve permettere di ottenere una precisione accurata, consentendo di discriminare anche i casi di veicoli incolonnati ed attaccati gli uni agli altri. Essa deve risultare insensibile alle variazioni climatiche, presenza di nebbia, pioggia, neve, etc., e non richiedere lavori di manutenzione sul fondo stradale.

I due sensori radar hanno fascio parallelo al traffico, quello laser perpendicolare.

Tali sensori fanno capo ad una unità elettronica di elaborazione, con adeguata potenza di calcolo, in grado di elaborare i dati e di classificare i tipi di veicolo (motociclette, veicoli leggeri, furgoni, autocarri, mezzi articolati), nonché la velocità e la distanza dei veicoli.

L'unità elettronica, installata nei quadri Q_RT..., comunica via seriale i dati al PLC del sistema di controllo della ventilazione di competenza, il quale provvede alla gestione della ventilazione in funzione dei parametri di traffico rilevati.

3.3 Misuratore di direzione e di velocità dell'aria in galleria

In prossimità di ciascun imbocco della galleria, vanno previsti misuratori di velocità dell'aria in galleria. Per le gallerie di maggior lunghezza (Faro Superiore e Le Fosse) è previsto un ulteriore misuratore di velocità dell'aria, posto in mezzeria ad ogni fornice della galleria.

Il misuratore, indicato nel seguito con AN (anemometro), funziona mediante impulsi ad ultrasuoni. Due unità, sorgente e ricevitore, sono montati ai due lati del tunnel con angolo α di inclinazione fisso, solitamente compreso fra i 45° e i 60°; l'angolo va stabilito in accordo con il costruttore dell'apparecchio (vedi Tavole progettuali).

L'altezza di installazione deve essere definita con il costruttore dell'apparecchio.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA IMPIANTO DI VENTILAZIONE		<i>Codice documento</i> SS1027_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Ogni unità contiene un trasduttore piezoelettrico ad ultrasuoni, che funziona alternativamente come sorgente o ricevitore.

Gli impulsi ad ultrasuoni sono irradiati con l'angolo α nella direzione del flusso d'aria.

Per ogni direzione alternativa del suono, le onde ultrasoniche sono accelerate nel verso concorde con il flusso dell'aria e rallentate nel verso opposto.

Pertanto nel verso concorde il tempo di transito degli impulsi risulta maggiore di quello nel verso contrario. La differenza tra i tempi di transito cresce proporzionalmente alle velocità dell'aria nel tunnel e pertanto la velocità è misurata in funzione di tale differenza.

L'insieme sorgente-ricevitore è connesso con una interfaccia RS 485 all'apparecchio di misura e di elaborazione a sua volta collegata all'impianto di supervisione, oggetto di altra parte del progetto.

3.4 Modalità di controllo della portata dell'aria in galleria

3.4.1 Condizioni sanitarie

I segnali di misura delle apparecchiature CO, NO, OP e di conteggio traffico vengono tradotti in segnali di comando di marcia e di arresto dei ventilatori in galleria.

La regolazione ed il controllo del regime dei ventilatori deve essere programmabile mediante l'impianto di supervisione, già menzionato, ed avviene pertanto in modo automatico mediante opportuni programmi.

Questi programmi debbono poter essere variati in funzione dell'esperienza, quale risulterà nell'esercizio di ogni galleria.

Nella fase progettuale, sulla base dei dati di traffico disponibili e sulle ipotesi fatte di ripartizione del traffico, nonché in considerazione della geometria della galleria, viene proposta la metodologia di regolazione esposta nel seguito.

La regolazione della ventilazione in funzione di CO, NO, OP viene effettuata per ogni fornice su tre livelli nel modo seguente :

- a) al livello di ≈ 50 ppm di CO, di 15 ppm di NO o di $\approx 3,5 \times 10^{-3}$ m⁻¹ di OP, se il segnale ha una durata $\geq 5'$, vengono avviati la metà dei ventilatori, in successione temporale con un ritardo compreso fra 15"÷30" per ogni ventilatore. Il segnale di livello è la media dei valori misurati dai rilevatori di CO, di NO ovvero di OP su un periodo di 2'.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA IMPIANTO DI VENTILAZIONE	<i>Codice documento</i> SS1027_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Va previsto sul PLC un programma di alternanza nel funzionamento per i ventilatori di ciascuna coppia.

I ventilatori restano funzionanti sino a che il tenore di CO non si abbassi sotto ≈ 20 ppm, il tenore di NO sotto 10 ppm ed il tenore di OP sotto $\approx 1,5 \times 10^{-3} \text{ m}^{-1}$.

- b) al livello di ≈ 100 ppm di CO, di 25 ppm di NO o di $\approx 5 \times 10^{-3} \text{ m}^{-1}$ di OP, se il segnale ha una durata $\geq 5'$, vengono avviati tutti i ventilatori, in successione temporale con un ritardo compreso fra 15" e 30" per ogni ventilatore. Il segnale di livello è la media dei valori misurati dai rilevatori di CO, di NO ovvero di OP. Il segnale di livello è la media dei valori misurati dai rilevatori, come sopra detto.

Va previsto sul PLC un programma di alternanza nel funzionamento per i ventilatori di ciascuna coppia.

I ventilatori restano funzionanti sino a che il tenore di CO non si abbassi sotto ≈ 20 ppm di CO, il tenore di NO sotto 10 ppm di NO ed il tenore di OP sotto $\approx 1,5 \times 10^{-3} \text{ m}^{-1}$ di OP.

- c) al livello di $150 \div 250$ ppm di CO o di $9 \div 12 \times 10^{-3} \text{ m}^{-1}$ di OP (valore medio della somma delle misure dei rilevatori presenti in ogni fornisce delle gallerie) viene attuato il blocco del traffico a monte degli imbocchi della galleria, mediante i semafori agli imbocchi e mediante pannelli a messaggio variabile (PMV), disposti in itinere, a monte degli imbocchi suddetti. Tali livelli costituiscono una situazione di emergenza.

I ventilatori, quando avviati, debbono restare in funzione per almeno 15'; quando essi vengono fermati, possono essere rimessi in funzione dopo 15' al fine di evitare una eccessiva usura dei componenti dinamici.

Solo in caso di emergenza (traffico congestionato o bloccato, segnalato dal sistema di controllo del traffico) o di incendio, i ventilatori debbono poter essere forzati in marcia o in arresto in modo istantaneo e reversibile dall'impianto di supervisione.

I misuratori di CO, di NO e di OP misurano con continuità il livello dell'inquinante, che viene acquisito ad intervalli di uno o due minuti, mediato su uno o due minuti, sulla memoria del PLC della supervisione.

I periodi di funzionamento dei ventilatori debbono essere acquisiti dalla memoria del PLC.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA IMPIANTO DI VENTILAZIONE		<i>Codice documento</i> SS1027_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Debbono essere possibili, mediante programmazione, altre ripartizioni degli avviamenti, per altri campi di variazione dei valori di CO, di CO ed OP [ad es. per quattro campi anziché tre come detto in a), b), c)], da definirsi in funzione delle caratteristiche, con le quali si presenterà il traffico in galleria, nonché delle modalità e delle possibilità di gestione del traffico stesso.

Per soddisfare a questa esigenza deve essere variabile la taratura della soglia di funzionamento dei misuratori di CO, di NO e di OP.

La scelta dei ventilatori da attivare viene operata tenendo conto del numero di ore di lavoro di ciascuno, in modo da utilizzare uniformemente tutti i ventilatori. L'attivazione di più ventilatori viene effettuata in maniera graduale, le partenze sono distanziate di 15÷30 sec. l'una dall'altra.

Il funzionamento dei ventilatori è subordinato agli allarmi di guasto, di eccessive vibrazioni, di perdita di orizzontalità, di mancato avviamento; qualora questi allarmi si presentino, il ventilatore interessato viene escluso dai cicli di funzionamento, fino a quando non viene dato un reset attraverso l'apposito pulsante sul display del quadro ventilatori di cabina.

I valori ed i versi della velocità dell'aria dati da ciascun anemometro sono misurati con continuità e tali valori sono acquisiti sulla memoria del PLC ad intervalli di uno o due minuti, mediando i valori su uno o due minuti e segnando il verso prevalente su due minuti.

3.4.2 Condizioni di emergenza

L'impianto di ventilazione, presente in tutti i fornicelli delle gallerie, è progettato per far fronte alla condizione di emergenza, dovuta ad un evento di incendio in galleria.

Come detto precedentemente, la ventilazione nel caso di incendio in galleria deve soddisfare alle seguenti condizioni:

- mantenere la velocità longitudinale dell'aria al di sopra di determinati valori critici, in funzione della potenza dell'incendio;
- mantenere il controllo della propagazione dei fumi, onde evitare la destratificazione, in modo tale che i fumi restino confinati nella sezione trasversale superiore, in volta alla galleria. Questa situazione è particolarmente importante nel caso di una galleria a traffico monodirezionale con ventilazione longitudinale, per il controllo della direzione di propagazione dei fumi in presenza di traffico congestionato o bloccato;
- mantenere la temperatura sufficientemente bassa per consentire l'esodo e l'accesso dei

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA IMPIANTO DI VENTILAZIONE	<i>Codice documento</i> SS1027_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

soccorsi e nel contempo mantenere la visibilità entro valori accettabili per consentire l'evacuazione della galleria.

Va tenuto presente che il fenomeno è ulteriormente complicato se il fornice ha una pendenza longitudinale elevata e si è in presenza di veicoli fermi in galleria a monte dell'incendio.

In tal caso si manifesta l'effetto del tiraggio termico dovuto all'incendio (effetto camino) particolarmente elevato, contrastato dalla resistenza fluidodinamica costituita dalla colonna di veicoli fermi in galleria.

Per porsi nelle condizioni più gravose, in cui il fenomeno dell'incendio può verificarsi, si è supposto per ogni fornice una colonna di veicoli bloccati a valle dell'incendio sulle due corsie, con una concentrazione pari a 150 Veq/km e per una lunghezza pari a 3/4 della lunghezza della galleria.

Si è assunta una velocità longitudinale pari a ~ 3 m/s, nella sezione a monte dell'incendio, che costituisce un valore cautelativo, anche nei riguardi di un incendio della potenza di 100 MW.

L'impianto di ventilazione, previsto in ogni galleria, è pertanto in grado di contrastare un incendio di 30 MW in presenza di una velocità longitudinale dell'aria in galleria di 3 m/s, come richiesto dalle raccomandazioni PIARC (Permanent International Association of Road Congressess).

I ventilatori, quando avviati, debbono restare in funzione per almeno 15'; quando essi vengono fermati, possono essere rimessi in funzione dopo 15' al fine di evitare una eccessiva usura dei componenti dinamici.

Solo in caso di emergenza (traffico congestionato o bloccato, segnalato dal sistema di controllo del traffico) o di incendio, i ventilatori debbono poter essere forzati in marcia o in arresto in modo istantaneo e reversibile dall'impianto di supervisione.

Nel caso in cui si verifichi un incendio nella condizione di traffico congestionato ovvero bloccato all'interno della galleria dovuto a traffico intenso, vale quanto detto al paragrafo 2.2.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA IMPIANTO DI VENTILAZIONE		<i>Codice documento</i> SS1027_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4 Impianto di pressurizzazione by-pass pedonali e carrabili

I due fornici di ogni galleria sono fra loro collegati mediante by-pass pedonali e carrabili, disposti lungo la galleria, con interasse rispettivamente di 300 m e 900 m.

All'interno di tali by-pass viene prevista una via di fuga, da utilizzarsi da parte degli utenti in caso di incendio in galleria, opportunamente illuminata e protetta dai fumi mediante un impianto di pressurizzazione meccanica.

La pressurizzazione è necessaria per impedire l'efflusso dei fumi da incendio all'interno della via di fuga.

Ciascun by-pass pedonale è pressurizzato, è dotato di porte REI 120' di accesso, apertura con maniglione a spinta. La porta di accesso è segnalata con elevata illuminazione, con lampada segnaletica di uscita di sicurezza.

La pressurizzazione del by-pass è effettuato mediante due ventilatori assiali, disposti uno su ogni parete di separazione fra fornice e by-pass.

In caso di incendio in un fornice, il by-pass viene utilizzato per accedere dal fornice incidentato verso il fornice indenne. All'apertura della porta del by-pass, lato fornice incidentato, il ventilatore installato sulla parete opposta si avvia automaticamente, aspirando l'aria fresca dal fornice indenne.

In tal modo si crea una sovrappressione nel by-pass rispetto al fornice incidentato, che impedisce ai fumi di entrare nel by-pass.

Ciascun ventilatore di by-pass è alimentato tramite inverter per consentirne il corretto funzionamento sia in condizioni normali per il lavaggio del by-pass, sia in condizioni di emergenza per la sovrappressione fra la galleria ed il by-pass stesso.

Le prestazioni richieste dallo Standard Anas sono le seguenti:

- sovrappressione richiesta a porte chiuse: $\Delta p = 50 \text{ Pa}$
- velocità in presenza di una porta aperta: $v \geq 0,75 \text{ m/s}$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA IMPIANTO DI VENTILAZIONE		<i>Codice documento</i> SS1027_F0.doc	<i>Rev.</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Le prestazioni assicurate dall'impianto previsto sono le seguenti:

alla portata nominale e una porta aperta

- velocità attraverso la porta: $v = 2,65 \text{ m/s}$
- sovrappressione: $\Delta p = 10 \text{ Pa}$

a portata ridotta e porte chiuse:

- sovrappressione: $\Delta p = 50 \text{ Pa}$

Per ciascuna parete di accesso dalla galleria al by-pass è prevista l'installazione dei seguenti componenti (V. tavole progettuali):

- Griglia in acciaio zincato di presa aria
- Serranda tagliafuoco REI 120';
- Elettroventilatore di mandata dell'aria con comando ad inverter;
- Serranda di regolazione motorizzata;
- Serranda tagliafuoco REI 120';
- Griglia in acciaio zincato di espulsione aria.

All'interno del locale di by-pass è ricavata una nicchia protetta, nella quale sono disponibili il quadro di by-pass (Q_BP/...) che alimenta gli elettroventilatori, le serrande tagliafuoco, le serrande di regolazione, l'illuminazione del locale di by-pass, nonché le apparecchiature di sicurezza (TVcc, SOS), etc..

Il collegamento carrabile (by-pass carrabile) è dotato di una porta di accesso carrabile REI 120', che collega i due forni della galleria. All'interno del by-pass carrabile viene ricavato un by-pass pedonale, avente le caratteristiche sopra descritte.

All'interno del collegamento carrabile è previsto un by-pass pedonale in cui è installato il sistema di pressurizzazione già descritto precedentemente. Tale sistema assicura la pressurizzazione del by-pass carrabile, nella sola parte pedonale, solo in caso di apertura delle porte di accesso pedonale. La porta carrabile può essere aperta solo dai VV.F., dal personale di soccorso e/o di manutenzione.

Le vie di fuga sono gestite in modo automatico dall'impianto di supervisione, sono collegate con TVcc e telefono SOS con altoparlante esterno ad un posto di controllo presidiato, che impartirà agli utenti della galleria le dovute istruzioni, peraltro anche scritte in quattro lingue (italiano, francese, inglese, tedesco) su appositi cartelli nella via di fuga.