

REGIONE LIGURIA

**autostrade // per l'italia**

COLLEGAMENTO TRA LA VALFONTANABUONA  
E L'AUTOSTRADA A12 GENOVA-ROMA

**PROGETTO DEFINITIVO**

**IMPIANTI Elettromeccanici**

PARTE GENERALE

IMPIANTI DI VENTILAZIONE GALLERIE  
RELAZIONE DI CALCOLO

<p><b>IL RESPONSABILE PROGETTAZIONE SPECIALISTICA</b> Ing. Luigi Schiavetta Ord. Ingg. Pavia n.1272 <b>RESPONSABILE UFFICIO IMP</b></p>	<p><b>IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE</b> Ing. Sara Frisiani Ord. Ingg. Genova N. 9810A <b>CAPO COMMESSA</b></p>	<p><b>IL DIRETTORE TECNICO</b> Ing. Maurizio Torresi Ord. Ingg. Milano N. 16492 <b>RESPONSABILE DIREZIONE OPERATIVA TECNICA E PROGETTAZIONE</b></p>
---	--	---

WBS	RIFERIMENTO ELABORATO							DATA: Dicembre 2014	REVISIONE	
	DIRETTORIO			FILE					n.	data
-	codice	commessa	N.Prog.	unita'	ufficio	n. progressivo	Rev.			
-	1	100	1302	<b>STPIMP0004</b>				---		

 	<p><b>RESPONSABILE PROGETTO GENOVA</b> Ing. Orlando Mazza Ord. Ingg. Pavia N. 1496</p>	<p>ELABORAZIONE GRAFICA A CURA DI :</p>	
		<p>ELABORAZIONE PROGETTUALE A CURA DI :</p>	
<p>CONSULENZA A CURA DI :</p>	<p>IGM Engineering Impianti s.r.l. Via al Ponte Reale, 5 - 16124 GENOVA</p>	<p><b>IL RESPONSABILE UNITA' STP</b></p>	<p>Ing. Andrea Tanzi O.I. Parma N.1154</p>

	<p>VISTO DEL COMMITTENTE</p> <p>R.U.P. - Ing. Andrea Frediani</p>	<p>VISTO DEL CONCEDENTE</p> <p><b>Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti</b> DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI</p>
--	--	--

	<b>Titolo:</b> COLLEGAMENTO TRA LA VALFONTANABUONA E L'AUTOSTRADA A12 GENOVA-ROMA PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTI ELETTROMECCANICI <b>Relazione di calcolo – Impianti di ventilazione gallerie</b>		
	Riferimento SPEA: IMP 0004 IMPIANTI DI VENTILAZIONE IN GALLERIE		Pagina 1 di 23

## INDICE

1	Impianti di ventilazione in galleria .....	2
1.1	Normativa di riferimento.....	3
2	Ventilazione gallerie.....	3
2.1	Generalità .....	3
2.2	Compiti del sistema di ventilazione.....	4
2.3	Scelta del sistema di ventilazione .....	4
3	Geometria e dati di traffico.....	6
4	Criteri di dimensionamento degli impianti .....	8
4.1	Funzionamento in esercizio normale .....	12
4.2	Funzionamento in caso di incendio.....	17
5	Dotazioni di impianto: Jet-fans.....	18

0	Dicembre 2014	Prima emissione	IGM	IGM	L.Schiavetta
<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Descrizione Revisione</b>	<b>Comp.</b>	<b>Contr.</b>	<b>Appr.</b>

	<b>Titolo:</b> COLLEGAMENTO TRA LA VALFONTANABUONA E L'AUTOSTRADA A12 GENOVA-ROMA PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTI ELETTROMECCANICI <b>Relazione di calcolo – Impianti di ventilazione gallerie</b>		
		Riferimento SPEA: IMP 0004 IMPIANTI DI VENTILAZIONE IN GALLERIE	

## 1 Impianti di ventilazione in galleria

Il presente documento tratta la descrizione ed il dimensionamento dei sistemi di ventilazione longitudinale meccanica da installare all'interno delle gallerie Caravaggio e Fontanabuona.

Essendo entrambe le gallerie caratterizzate da una lunghezza del tracciato stradale superiore a 1.000 m è prevista l'installazione di un impianto di ventilazione meccanica per il controllo degli inquinanti durante il normale esercizio delle gallerie nonché della gestione e controllo dei fumi nel caso di incendio. La realizzazione di tale impianto è resa necessaria per ottemperanza ai vigenti riferimenti legislativo-normativi ed in particolare:

- D.Lgs.vo 264 del 5 Ottobre 2006, di recepimento della Direttiva Comunitaria 2004/54/CE del 29 Aprile 2004 relativa ai "Requisiti Minimi di Sicurezza per le Gallerie della Rete Stradale Transeuropea".
- "Linee Guida per la Progettazione della Sicurezza nelle Gallerie Stradali", redatte dall'Ente ANAS".

Le principali caratteristiche delle gallerie in questione vengono di seguito riportate:

DATI CARATTERISTICI		
	CARAVAGGIO	FONTANABUONA
Tipologia galleria:	Monofornice	Monofornice
Tipologia traffico:	Bidirezion.	Bidirezion.
Numero corsie per senso di marcia/totali	½	½
Lunghezza	2049 m	2550 m
Pendenza media tracciato	1,32%	1,84%
Quota portale Ovest	+158 m	+207 m
Quota portale Est	+131 m	+160 m
Quota massima tracciato	+158 m	+207 m

Ciascuna galleria presenta la separazione fisica delle corsie mediante parete a tutta altezza cosicché la tipologia di traffico lungo percorso stradale, nei due versi di percorrenza, può essere trattata alla pari di una galleria di tipo monodirezionale ad un'unica corsia.

Per ciascuna delle gallerie sopra elencate, è prevista la realizzazione di vie di esodo comunicanti con ciascuna corsia attraverso locali filtro a prova di fumo aventi resistenza al fuoco REI 120.

Il passaggio da una corsia all'altra avverrà tramite locale sotterraneo posto al di sotto del tracciato stradale.

0	Dicembre 2014	Prima emissione	IGM	IGM	L.Schiavetta
<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Descrizione Revisione</b>	<b>Comp.</b>	<b>Contr.</b>	<b>Appr.</b>

	<b>Titolo:</b> COLLEGAMENTO TRA LA VALFONTANABUONA E L'AUTOSTRADA A12 GENOVA-ROMA PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTI Elettromeccanici <b>Relazione di calcolo – Impianti di ventilazione gallerie</b>		
	Riferimento SPEA: IMP 0004 IMPIANTI DI VENTILAZIONE IN GALLERIE		Pagina 3 di 23

Nel caso specifico, ciascuna via di esodo fungerà sia da “luogo sicuro temporaneo” che da “via di fuga protetta”.

La trattazione degli impianti all'interno delle vie di fuga e dei luoghi sicuri temporanei sarà trattata nel documento di gara IMP0005.

## 1.1 Normativa di riferimento

Il principale riferimento normativo per la progettazione degli impianti tecnologici a servizio delle gallerie stradali è costituito dalla Direttiva Comunitaria 2004/54/CE e dal Decreto Legislativo 264/2006 che ne costituisce l'effettivo recepimento a livello nazionale.

L'emanazione del Decreto Legislativo 264/2006 ha dato il via all'ente ANAS di redigere e promulgare un testo di “Linee guida per la progettazione della sicurezza nelle gallerie stradali” con lo scopo di uniformare a livello nazionale i metodi di progettazione in ambito stradale emanando un testo di raccomandazioni congruente con i dettami della direttiva europea.

Il testo redatto dall'ANAS, riporta uno standard di progettazione per le gallerie di nuova costruzione, stabilendo le dotazioni impiantistiche più idonee ad assolvere il compito della salvaguardia degli utenti nei diversi scenari di funzionamento.

Nel documento non sono presenti tecniche specifiche di dimensionamento degli impianti se non espresse in termini di prestazioni minime di funzionamento. Per quanto concerne il dimensionamento dei sistemi di ventilazione si farà quindi riferimento alle linee guida emanate progressivamente negli anni dall'Associazione mondiale della Strada (PIARC) ed alle più recenti normative nazionali estere in tema di ventilazione. In particolare:

- Direttiva Svizzera: ASTRA – Ventilation des tunnels routiers – choix du système, dimensionnement et équipement. Edizione 2004. [2]
- Direttiva Tedesca : RABT – Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Strassentunnel. Edizione 2006. [3]
- Direttiva Francese: Circulaire interministérielle n° 2000-63 du 25 août 2000 relative à la sécurité dans les tunnels du réseau routier national annexe n.2 instruction technique relative aux dispositions de sécurité dans les nouveaux tunnels routiers (conception et exploitation). [4]

Quanto riportato sui testi normativi e sulle linee guida sopra elencati è stato assunto come riferimento per la progettazione degli impianti di ventilazione di galleria.

## 2 Ventilazione gallerie

### 2.1 Generalità

L'impianto di ventilazione preposto al servizio di ciascuna galleria è stato dimensionato al fine di garantire:

0	Dicembre 2014	Prima emissione	IGM	IGM	L.Schiavetta
<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Descrizione Revisione</b>	<b>Comp.</b>	<b>Contr.</b>	<b>Appr.</b>

	<p align="center"><b>Titolo:</b> COLLEGAMENTO TRA LA VALFONTANABUONA E L'AUTOSTRADA A12 GENOVA-ROMA PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTI ELETTROMECCANICI <b>Relazione di calcolo – Impianti di ventilazione gallerie</b></p>		
	Riferimento SPEA: IMP 0004 IMPIANTI DI VENTILAZIONE IN GALLERIE		Pagina 4 di 23

- il controllo degli inquinanti emessi dai veicoli circolanti all'interno della struttura, in caso di flussi di traffico normali ed intensi (picchi di traffico);
- il controllo degli stessi inquinanti in condizioni di arresto della circolazione per incidenti od anomalie sui flussi di traffico;
- il controllo del calore e del fumo prodotti in caso di incendio.

Alla luce di quanto detto si descriveranno nei seguenti paragrafi i criteri adottati per il dimensionamento dei sistemi di ventilazione.

## 2.2 Compiti del sistema di ventilazione

L'impianto di ventilazione di galleria deve assolvere a due compiti ben precisi:

- *in condizione di funzionamento normale*, deve assicurare il mantenimento del livello di inquinanti al di sotto delle soglie limite specificate;
- *durante l'esercizio di emergenza* (in caso di incendio), deve garantire il salvataggio delle persone coinvolte nell'evento. In modo particolare deve controllare la diffusione dei fumi assicurando l'assenza di fumo nella zona della galleria occupata dal traffico veicolare rimasto bloccato.

In accordo con la [1] ciascun sistema di ventilazione sarà dimensionato, in esercizio normale, sulla base dei volumi di traffico effettivi, caratteristici della galleria, e sulla base delle stime più recenti delle emissioni dei veicoli. In esercizio di emergenza il dimensionamento dovrà garantire la dispersione dell'energia termica prodotta dal focolaio di incendio e il corretto controllo del moto dei fumi (e la diluizione delle sostanze tossiche ad essi associate).

## 2.3 Scelta del sistema di ventilazione

La scelta del sistema di ventilazione più adeguato per una galleria è dettata da una quantità innumerevole di fattori che riassumiamo con:

- la tipologia di traffico (unidirezionale o bidirezionale);
- la composizione del traffico (% veicoli leggeri e mezzi pesanti);
- le caratteristiche architettoniche della struttura e del tracciato stradale (lunghezza galleria, sezione trasversale, pendenza ...)

In questo paragrafo ci si limiterà a fornire la descrizione delle tipologie di sistemi di ventilazione convenzionalmente più diffusi in relazione alla loro possibilità di impiego nelle gallerie in oggetto.

I sistemi di ventilazione meccanica per gallerie si possono classificare in ragione della componente principale della velocità dell'aria che viene indotta al suo interno.

0	Dicembre 2014	Prima emissione	IGM	IGM	L.Schiavetta
<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Descrizione Revisione</b>	<b>Comp.</b>	<b>Contr.</b>	<b>Appr.</b>

	<b>Titolo:</b> COLLEGAMENTO TRA LA VALFONTANABUONA E L'AUTOSTRADA A12 GENOVA-ROMA PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTI ELETTROMECCANICI <b>Relazione di calcolo – Impianti di ventilazione gallerie</b>		
	Riferimento SPEA: IMP 0004 IMPIANTI DI VENTILAZIONE IN GALLERIE		Pagina 5 di 23

Con particolare riferimento al caso in questione i sistemi sono di tipo longitudinale quando il flusso d'aria di ventilazione percorre la galleria in senso longitudinale, entrando ed uscendo dai portali. Il sistema longitudinale è un sistema di semplice realizzazione in cui la movimentazione aria è assicurata da ventilatori assiali posti in prossimità della volta della galleria (all'esterno della sagoma limite dei veicoli), che producono un flusso d'aria longitudinale e uniforme con azione pulente. I ventilatori vengono detti anche acceleratori o jet-fans ed inducono un flusso d'aria in galleria in tutta la sezione e per tutta la sua lunghezza.

L'aria entra da un portale e nel suo moto lungo la galleria trascina le emissioni dei veicoli verso l'uscita dal portale opposto. I ventilatori sono appesi alla volta della galleria singolarmente o a gruppi (clusters), intervallati longitudinalmente in modo regolare, o disposti a "pacchetto" vicino all'ingresso. Il sistema si dimostra particolarmente efficiente in presenza di unidirezionalità del traffico quando l'effetto prodotto dal sistema di ventilazione è coadiuvato dalla componente di spinta prodotta dal moto dei veicoli all'interno della struttura.

I sistemi di ventilazione sono del tipo trasversale quando è prevista un'azione di ventilazione in senso trasversale rispetto allo sviluppo del tracciato stradale, vale a dire esiste una componente principale di velocità dell'aria in galleria perpendicolare alla direzione di moto dei veicoli che la percorrono. La componente di velocità viene creata grazie all'installazione di idonei sistemi di rinnovo e ripresa aria in galleria ed al trasporto dell'aria stessa in canali separati dal vano traffico. Normalmente il rinnovo aria viene assicurato tramite l'immissione dal basso nel vano traffico e l'aspirazione tramite l'estrazione distribuita sulla volta. L'immissione e l'estrazione viene in genere ottenuta con l'ausilio di ventilatori assiali (grandi portate) installati in apposite centrali di aspirazione agli imbocchi delle gallerie e l'impiego di canali o cunicoli di trasporto aria ricavati nella sezione di scavo della galleria.

Un sistema di ventilazione è detto semitrasversale (in aspirazione) quando è presente solo l'estrazione aria in galleria ed il rinnovo è ancora assicurato dai jet-fans in volta per ingresso aria dai portali.

L'impiego dei sistemi trasversali e semitrasversali è auspicabile e richiesto [1] in condizioni di traffico bidirezionale per lunghezze della galleria superiori a 2.000 m, o anche per lunghezze inferiori (1.000-1.500 m) in presenza di flussi di traffico considerevoli (caratteristici di un tracciato stradale urbano) od in assenza di vie di fuga.

La presenza di vie di fuga ogni 500 m in galleria unitamente all'adozione di un sistema di ventilazione meccanica di tipo longitudinale, rappresenta un valore di riferimento per la progettazione della sicurezza, così come riportato in [1].

Sulla base delle considerazioni sopra, ed in ragione delle caratteristiche strutturali proprie delle gallerie oggetto di studio, si può affermare che:

0	Dicembre 2014	Prima emissione	IGM	IGM	L.Schiavetta
<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Descrizione Revisione</b>	<b>Comp.</b>	<b>Contr.</b>	<b>Appr.</b>

	<b>Titolo:</b> COLLEGAMENTO TRA LA VALFONTANABUONA E L'AUTOSTRADA A12 GENOVA-ROMA PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTI Elettromeccanici <b>Relazione di calcolo – Impianti di ventilazione gallerie</b>		
	Riferimento SPEA: IMP 0004 IMPIANTI DI VENTILAZIONE IN GALLERIE		Pagina 6 di 23

- un sistema longitudinale, se correttamente dimensionato, è in grado di garantire un livello di sicurezza accettabile anche per il servizio delle gallerie bidirezionali;
- la lunghezza massima consentita per ventilazioni longitudinali, in gallerie bidirezionali, è oggi prevalentemente dettata da esigenze di sicurezza: la presenza di vie di esodo, correttamente distribuite in galleria, consente di incrementare tale valore.

In ragione di quanto sopra riportato, considerando che il nuovo tracciato per il collegamento tra Val Fontanabuona e l'autostrada A12 Genova-Roma sarà caratterizzato da un TGM > 10.000 vei/giorno, con tipologia di traffico monodirezionale, e che al servizio di ciascuna galleria sopra citata saranno presenti vie di esodo equispaziate con distanza inferiore a 500 m, è auspicabilmente applicabile l'installazione di un sistema di ventilazione meccanica di tipo longitudinale.

Per maggiori approfondimenti in tal senso si potrà fare riferimento allo studio di "analisi del rischio" condotto per le nuove gallerie Caravaggio e Fontanabuona.

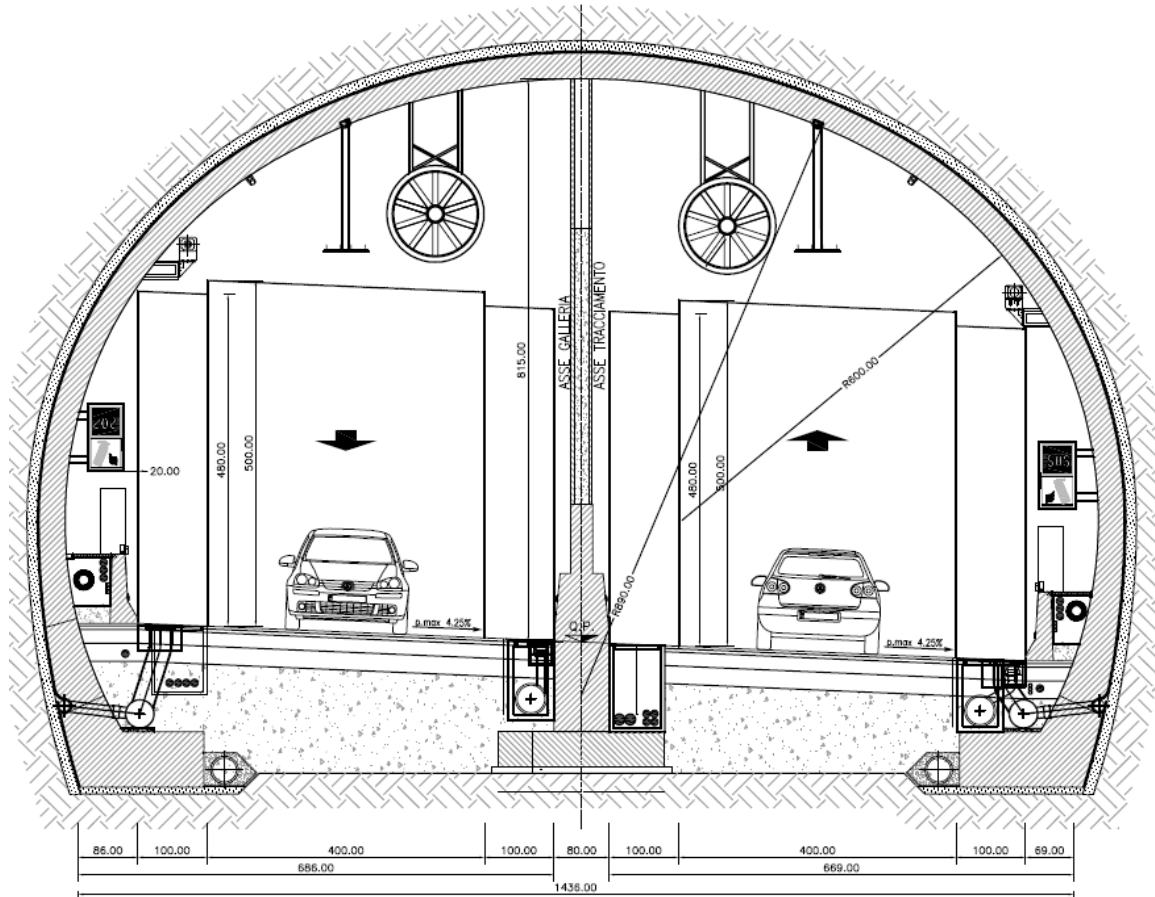
### 3 Geometria e dati di traffico

Nella figura che segue è riportata la sezione trasversale unica per ciascuna galleria. Nella tabella che segue sono riportati i valori delle principali grandezze geometriche della galleria, utilizzati come dati di riferimento per i calcoli.

0	Dicembre 2014	Prima emissione	IGM	IGM	L.Schiavetta
<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Descrizione Revisione</b>	<b>Comp.</b>	<b>Contr.</b>	<b>Appr.</b>



GALLERIA CARAVAGGIO  
Sezione tipo



**DATI GEOMETRICI – GALLERIA CARAVAGGIO**

<b>Lunghezza – m</b>	<b>2049</b>
<b>Sezione – mq</b>	<b>49,0</b>
<b>Diametro idraulico – m</b>	<b>7,05</b>
<b>Altitudine media – m s.l.m.</b>	<b>144,5</b>
<b>Quota portali – m s.l.m. (OVEST)</b>	<b>131,0</b>
<b>Quota portali – m s.l.m. (EST)</b>	<b>158,0</b>
<b>Dislivello portali – m</b>	<b>27,0</b>
<b>Pendenza media – %</b>	<b>1,32</b>

0	Dicembre 2014	Prima emissione	IGM	IGM	L.Schiavetta
Rev.	Data	Descrizione Revisione	Comp.	Contr.	Appr.



	<b>Titolo:</b> COLLEGAMENTO TRA LA VALFONTANABUONA E L'AUTOSTRADA A12 GENOVA-ROMA PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTI ELETTROMECCANICI <b>Relazione di calcolo – Impianti di ventilazione gallerie</b>		
		Riferimento SPEA: IMP 0004 IMPIANTI DI VENTILAZIONE IN GALLERIE	

<b>DATI GEOMETRICI – FONTANABUONA</b>	
<b>Lunghezza – m</b>	<b>2550</b>
<b>Sezione – mq</b>	<b>49,0</b>
<b>Diametro idraulico – m</b>	<b>7,05</b>
<b>Altitudine media – m s.l.m.</b>	<b>183,5</b>
<b>Quota portali – m s.l.m. (OVEST)</b>	<b>207,0</b>
<b>Quota portali – m s.l.m. (EST)</b>	<b>160,0</b>
<b>Dislivello portali – m</b>	<b>47,0</b>
<b>Pendenza media – %</b>	<b>1,84</b>

Per quanto concerne i dati di traffico, si è fatto riferimento a quanto riportato nel documento di analisi del rischio, dal quale emerge un traffico giornaliero medio pari a 14500 vei/giorno con una percentuale di mezzi pesanti pari a circa il 9%.

Per quanto concerne il traffico nell'ora di punta, lo stesso è stato assunto pari al 9% del TGM, ottenendo un traffico veicolare di punta pari a 1305 vei/h.

Allo stesso modo, il traffico orario medio (TOM) è stato assunto pari al 4% del TGM, per cui equivalente a 580 vei/h.

Riepilogando:

<b>DATI DI TRAFFICO</b>	
TGM – Traffico giornaliero medio [vei/gg]	14500
TOM – Traffico orario medio [vei/h]	580
TP – Traffico di punta [vei/h]	1350

Sia per quanto riguarda sul TGM che per TRAFFICO DI PUNTA, ai fini dei calcoli, è stata considerata una composizione del parco veicoli così strutturata:

- Percentuale veicoli leggeri sul totale: 91%
- Percentuale veicoli pesanti: 9%
- Percentuale veicoli benzina sul totale dei leggeri: 52%
- Percentuale veicoli diesel sul totale dei leggeri: 48%.

#### **4 Criteri di dimensionamento degli impianti**

Ai fini del calcolo delle portate d'aria di rinnovo nelle condizioni di esercizio normale sono stati considerati i seguenti scenari di traffico:

- traffico fluido in entrambe le direzioni di marcia;
- traffico congestionato in entrambe le direzioni di marcia;
- traffico bloccato in galleria.

0	Dicembre 2014	Prima emissione	IGM	IGM	L.Schiavetta
<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Descrizione Revisione</b>	<b>Comp.</b>	<b>Contr.</b>	<b>Appr.</b>

	<p align="center"><b>Titolo:</b> COLLEGAMENTO TRA LA VALFONTANABUONA E L'AUTOSTRADA A12 GENOVA-ROMA PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTI ELETTROMECCANICI</p> <p align="center"><b>Relazione di calcolo – Impianti di ventilazione gallerie</b></p>		
	Riferimento SPEA: IMP 0004 IMPIANTI DI VENTILAZIONE IN GALLERIE		Pagina 9 di 23

Per la determinazione dei volumi di traffico in transito all'interno della galleria nei differenti scenari di traffico si considerano rispettivamente:

- i flussi di traffico orario massimi riportati al paragrafo precedente per i primi due scenari;
- la densità di veicoli massima che porta alla saturazione della lunghezza totale della galleria nelle ipotesi di traffico bloccato.

Il numero di veicoli presenti in galleria, nell'unità di tempo viene calcolata come rapporto diretto tra il traffico orario considerato e la relativa velocità media.

Per tutti gli scenari si considera una percentuale costante di mezzi pesanti secondo la composizione del parco veicoli fissata al paragrafo precedente.

In accordo con i dettami del PIARC – World Road Congress, Montreal 1995:

- la velocità del flusso di traffico che porta ai valori massimi del traffico orario è fissata a 60 km/h;
- per lo scenario di traffico congestionato si utilizza le velocità di 10 km/h;
- la densità massima di veicoli in galleria in condizioni di traffico bloccato è fissata in ragione della lunghezza equivalente dei veicoli per km per corsia, e così calcolata:

$$L_{vet} = \left( \left( 1 - \frac{\%VP}{100} \right) \cdot 7,5 + \frac{\%VP}{100} (2 \cdot 7,5) \right) = 8,18m$$

Per i tre scenari esaminati è stata calcolata la portata d'aria di rinnovo necessaria a garantire la corretta diluizione degli inquinanti (così come imposto dal PIARC). Il calcolo è stato effettuato sulla base dei flussi orari massimi di traffico riferiti all'anno 2015. Tale riferimento è da ritenersi cautelativo in quanto lo sviluppo tecnologico che caratterizzerà gli anni futuri, rivolto ad una maggiore riduzione delle emissioni di inquinanti in atmosfera, fa ritenere che le emissioni all'interno delle gallerie di cui alla presente siano inferiori rispetto allo stato previsionale a breve termine.

Ai fini del calcolo della portata d'aria di rinnovo nelle condizioni di esercizio di emergenza si è considerato lo scenario con:

- presenza di un focolaio di incendio nella struttura.

La potenza fissata per il focolaio di riferimento è di 30 MW - equivalente all'incendio di un mezzo pesante per trasporto merci combustibili.

A tal proposito si è proceduto all'analisi di tre scenari critici di cui:

- a 150 dall'imbocco in galleria
- a 150 dall'uscita dalla galleria

0	Dicembre 2014	Prima emissione	IGM	IGM	L.Schiavetta
<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Descrizione Revisione</b>	<b>Comp.</b>	<b>Contr.</b>	<b>Appr.</b>

	<b>Titolo:</b> COLLEGAMENTO TRA LA VALFONTANABUONA E L'AUTOSTRADA A12 GENOVA-ROMA PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTI ELETTROMECCANICI <b>Relazione di calcolo – Impianti di ventilazione gallerie</b>		
		Riferimento SPEA: IMP 0004 IMPIANTI DI VENTILAZIONE IN GALLERIE	

- a metà galleria

Il flusso di ventilazione è stato considerato equiverso al senso di percorrenza di ciascuna canna.

Dal calcolo della portata d'aria eseguito in tutti i possibili scenari (normali e di emergenza) si determina la spinta richiesta al sistema di ventilazione per il mantenimento delle condizioni di funzionamento calcolate in relazione alle cadute di pressione prodotte dal moto dell'aria all'interno della galleria (attrito, effetto pistone, effetti meteo climatici ...). Dalla spinta utile si ricava in modo diretto il numero di jet-fan necessari.

Le perdite per attrito sono state calcolate considerando un coefficiente di attrito parietale costante funzione della sola scabrezza relativa della galleria, secondo la relazione:

$$R_g = \left( \alpha + \beta + \lambda \cdot \frac{L}{D_h} \right) \cdot \frac{\rho \cdot V_g^2}{2} \quad [Pa]$$

dove:

- $\alpha$ : coefficiente di perdita all'imbocco
- $\beta$ : coefficiente di perdita allo sbocco
- $\lambda$ : scabrezza relativa
- L: lunghezza della galleria
- $D_h$ : diametro idraulico
- $\rho$ : densità dell'aria
- $V_g$ : velocità dell'aria in galleria

La resistenza prodotta dal moto dei veicoli all'interno della struttura è stata calcolata considerando le aree resistenti per le diverse categorie di veicoli suggerite dal PIARC. La resistenza opposta al moto dell'aria si tramuta in effetto utile quando la velocità media di percorrenza dei veicoli è concorde e superiore alla componente longitudinale di velocità dell'aria, secondo la relazione:

$$R_p = \sum_{i=1}^2 \varepsilon_i \cdot n_i \cdot \frac{(C_x \Omega)_i}{A_t} \cdot \frac{\rho \cdot (V_i + \mu \cdot V_g)^2}{2} \quad [Pa]$$

dove:

- $\varepsilon_i$ :
- $n_i$ : numero dell'iesima tipologia di veicolo
- $C_x$ : coefficiente di penetrazione
- $\Omega$ : sezione lorda del veicolo
- $A_t$ : sezione della galleria
- $\rho$ : densità dell'aria

0	Dicembre 2014	Prima emissione	IGM	IGM	L.Schiavetta
<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Descrizione Revisione</b>	<b>Comp.</b>	<b>Contr.</b>	<b>Appr.</b>

	<b>Titolo:</b> COLLEGAMENTO TRA LA VALFONTANABUONA E L'AUTOSTRADA A12 GENOVA-ROMA PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTI ELETTROMECCANICI <b>Relazione di calcolo – Impianti di ventilazione gallerie</b>		
		Riferimento SPEA: IMP 0004 IMPIANTI DI VENTILAZIONE IN GALLERIE	

Vt: velocità del veicolo

$\mu$ : verso dell'aria rispetto al moto dei veicoli (+/-)

Vg: velocità dell'aria in galleria

Ai fini del calcolo dei soli scenari considerati si può affermare che:

- viene considerato nullo l'effetto pistone prodotto complessivamente dai veicoli in moto all'interno della galleria negli scenari di traffico fluido e rallentato (le due componenti di spinta prodotte si annullano);
- viene considerato negativo il contributo di resistenza al moto dell'aria in galleria offerto dalla presenza dei veicoli al suo interno, nello scenario di traffico bloccato.

Per quanto concerne gli effetti meteo-climatici (definite condizioni al contorno della galleria) si può dire che:

- le temperature all'interno della galleria si mantengono generalmente intorno ad un valore costante durante tutto l'arco dell'anno e questo valore è qualche grado superiore alla temperatura media annuale di riferimento esterna;
- a generare flussi di ventilazione naturale sono le differenze e le fluttuazioni di temperatura che si verificano tra l'interno e l'esterno della galleria. Le differenze di temperatura danno vita ad un spinta sull'aria che si muove in galleria come equilibrio delle pressioni al contorno;
- a generare il moto dell'aria è l'effetto camino prodotto dalle differenze di densità prodotte dalle diverse condizioni di temperatura. Per calcolare l'effetto di moto, in via del tutto cautelativa, è bene considerare il valore massimo delle differenze di temperatura (per assicurare sempre il corretto funzionamento dei sistemi di ventilazione); tale valore massimo della differenza di temperatura può essere stimato, secondo le indicazioni contenute in [2], come 1 °C ogni 450 m di lunghezza della galleria.

Per tutti gli scenari di funzionamento analizzati e descritti si è considerato, in via del tutto cautelativa, una differenza di temperatura massima di progetto interno-esterno pari a 5 °C. Gli effetti meteo-climatici, sempre contrari al flusso di ventilazione in galleria, sono stati valutati globalmente come una differenza di pressione equivalente, sempre opposta al verso di espulsione dei fumi, pari a 80 Pa.

Per quanto riguarda l'effetto camino, si può dire che quest'ultimo è l'effetto di spinta generato sul flusso d'aria di ventilazione dalle spinte di galleggiamento prodotte per effetto delle differenze di densità tra zona calda e fredda della galleria. Per un tratto di galleria di lunghezza L e pendenza i, in presenza di fumi caldi a temperatura T, l'espressione dell'effetto camino si può scrivere come:

$$\Delta p_{\text{camino}} = -(\rho - \rho_0) \cdot g \cdot L \cdot i$$

0	Dicembre 2014	Prima emissione	IGM	IGM	L.Schiavetta
<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Descrizione Revisione</b>	<b>Comp.</b>	<b>Contr.</b>	<b>Appr.</b>

	<b>Titolo:</b> COLLEGAMENTO TRA LA VALFONTANABUONA E L'AUTOSTRADA A12 GENOVA-ROMA PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTI Elettromeccanici <b>Relazione di calcolo – Impianti di ventilazione gallerie</b>		
		Riferimento SPEA: IMP 0004 IMPIANTI DI VENTILAZIONE IN GALLERIE	

dove con  $\rho$  e  $\rho_0$  si indicano le densità dell'aria in galleria alla temperatura T e di quella esterna alla temperatura ambiente.

Nel calcolo dello scenario d'incendio è stata inoltre considerata la caduta di pressione dovuta al fuoco (caduta al focolaio). Quest'ultima è la caduta che si genera sul flusso di ventilazione per la presenza del focolaio, a causa dell'incremento di turbolenza e accelerazione che viene a crearsi sul flusso. Generalmente può assumere valori dell'ordine dei 10-20 Pa per focolai di incendio di potenza sino a 30-50 MW ma può raggiungere valori sino a 100 Pa per incendi della potenza di 200 MW.

#### 4.1 Funzionamento in esercizio normale

Il funzionamento in esercizio normale assicura la corretta diluizione degli inquinanti ed un livello adeguato di visibilità in tutti gli scenari di traffico possibili.

Le caratteristiche di funzionamento del sistema in condizioni normali di esercizio sono per le gallerie in esame:

- Ventilazione naturale in caso di traffico fluido debole o moderato in entrambe le direzioni di marcia.
- Ventilazione naturale in presenza di traffico rallentato in una direzione e fluido nell'altra.
- Ventilazione longitudinale in caso di traffico intenso, rallentato in entrambe le direzioni di marcia.
- Ventilazione longitudinale in caso di traffico bloccato in una o in entrambe le direzioni di marcia.

I valori delle concentrazioni limite per l'inquinante guida e per l'opacità dell'aria considerati sono in accordo con la [1] e con le raccomandazioni del PIARC e qui di seguito riportati.

<b>CONCENTRAZIONI LIMITE DI INQUINANTI E OPACITA'</b>		
<b>Scenario di traffico</b>	<b>CO lim – p.p.m.</b>	<b>K lim – 1/m</b>
<b>Traffico fluido</b>	<b>50</b>	<b>0,005</b>
<b>Traffico</b>	<b>70</b>	<b>0,007</b>
<b>Traffico bloccato</b>	<b>100</b>	<b>0,009</b>

I fattori di emissione dei veicoli, espressi in termini di portate di emissione di gas nocivi e particolato, sono funzione della composizione del parco veicoli circolante e sono stati calcolati su base annua in relazione al tasso di rinnovamento del parco stesso.

0	Dicembre 2014	Prima emissione	IGM	IGM	L.Schiavetta
<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Descrizione Revisione</b>	<b>Comp.</b>	<b>Contr.</b>	<b>Appr.</b>

	<b>Titolo:</b> COLLEGAMENTO TRA LA VALFONTANABUONA E L'AUTOSTRADA A12 GENOVA-ROMA PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTI ELETTROMECCANICI <b>Relazione di calcolo – Impianti di ventilazione gallerie</b>		
		Riferimento SPEA: IMP 0004 IMPIANTI DI VENTILAZIONE IN GALLERIE	

La composizione del parco veicoli circolante è stata dedotta dalle tabelle ACI/ISTAT riferite alla regione Liguria con riferimento all'anno 2011, e di cui alla tabella seguente si riporta la composizione secondo gli standard europei sulla emissione di inquinanti "Euro":

<b>Composizione parco veicolare</b> <b>Regione LIGURIA</b> (Dati ACI/ISTAT riferiti all'anno 2011)			
	VP	VL	Media
EURO 6	0,0%	0,0%	0,0%
EURO 5	17,4%	19,3%	18,4%
EURO 4	15,5%	17,0%	16,2%
EURO 3	36,3%	30,4%	33,3%
EURO 2	12,1%	10,1%	11,1%
EURO 1	4,0%	5,4%	4,7%
Pre EURO	14,8%	17,8%	16,3%

Sulla base di tali percentuali di composizione media del traffico veicolare circolante, i calcoli relativi alla produzione di inquinanti sono stati dedotti sulla base dei fattori di emissione base riportati nelle tabelle PIARC in funzione dell'effettiva velocità di percorrenza dei veicoli e della pendenza del tracciato caratterizzante ciascuna galleria.

Il fattore base di emissione medio Q, riportato sulla pubblicazione PIARC di riferimento, esprime in forma di media pesata un fattore globale rappresentativo del parco veicoli circolanti nei paesi dell'UE.

Tale fattore base è riferito alla composizione media del parco veicoli all'anno di riferimento 2010. Il fattore base viene quindi adeguato mediante l'utilizzo di un fattore di influenza precalcolato in funzione dell'evoluzione tecnologica e l'introduzione negli anni successivi delle norme EURO sulle immatricolazioni dei nuovi veicoli. Risulta:

$$Q = Q_{(2010)} * f_t$$

dove:

- i valori del fattore base  $Q_{(2010)}$  di partenza sono forniti in forma tabellare all'interno del documento PIARC di riferimento (Technical Report 2012R05EN: Road tunnels: Vehicle emissions and air demand for ventilation) e sono funzione della velocità media del veicolo nel tunnel e dalla pendenza della strada.
- I fattori di influenza  $f_t$ , rispettivamente per VL e VP, nel seguito descritti;

In linea generale, il fattore base di emissione riportato nei documenti PIARC, è fedele alla composizione media del parco veicoli circolante ed è riproducibile in via analitica, come media pesata, sulla composizione percentuale delle classi, dei singoli fattori basi di emissione. La composizione media del parco veicoli europeo per fasce di età di immatricolazione degli ultimi 10 anni può, con buona approssimazione, essere associato ad una distribuzione con tasso caratteristico di rinnovamento medio pari al 5.8%; la

0	Dicembre 2014	Prima emissione	IGM	IGM	L.Schiavetta
Rev.	Data	Descrizione Revisione	Comp.	Contr.	Appr.



	<b>Titolo:</b> COLLEGAMENTO TRA LA VALFONTANABUONA E L'AUTOSTRADA A12 GENOVA-ROMA PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTI ELETTROMECCANICI <b>Relazione di calcolo – Impianti di ventilazione gallerie</b>		
	Riferimento SPEA: IMP 0004 IMPIANTI DI VENTILAZIONE IN GALLERIE		Pagina 14 di 23

percentuale di veicoli con età di immatricolazione da 10 a 15 anni copre circa il 22% del parco totale con tassi annui che variano da 5,2% a 3,5%. Il rimanente 22% è associabile alla rimanente composizione di veicoli con età superiore a 15 anni con tasso via via decrescenti e tendenti a zero per età sopra i 25 anni.

Utilizzando, a titolo semplificativo, la distribuzione tipo sopra descritta è possibile risalire, in modo previsionale, alla composizione media annuale futura del parco veicoli circolante ottenendo una suddivisione per età e quindi anche per categoria di appartenenza, in termini di normativa/direttiva comunitaria in tema di emissione.

Il metodo fornito dal PIARC consente di non ricorrere alla stima della composizione media del parco in un dato anno secondo la procedura sopra descritta ma di ricorrere direttamente all'utilizzo al fattore base di emissione ed ai suoi fattori correttivi. Il metodo, però, descrive il comportamento di un veicolo "tipo" secondo la Normativa Comunitaria in materia di emissioni ed è quindi utilizzabile in tutti quei paesi in cui è vigente la normativa dell'Unione Europea, negli Stati Uniti e nei Paesi con le medesime norme relative alle emissioni dei veicoli.

Per i paesi che hanno adottato il sistema Euro (o standard simili) con un ritardo temporale dell'ordine dei 10 anni è applicabile un secondo metodo offerto dal PIARC che consente di ricorrere all'utilizzo degli stessi fattori diagrammati per la metodologia di calcolo precedente declassati mediante l'applicazione di un fattore di influenza  $f_e$ .

Nel caso specifico, per quanto riguarda la composizione media del parco veicolare circolante, si è deciso di fare riferimento ai dati forniti da ACI/ISTAT, e già precedentemente mostrati, anziché alla composizione media applicata secondo la metodologia del PIARC.

Successivamente all'individuazione della composizione media del parco veicolare, la determinazione della quantità di emissioni passa attraverso la definizione dei seguenti fattori correttivi.

La formulazione del carico inquinante totale avviene, per ogni inquinante di riferimento, attraverso la:

$$Q = Q_{(j)} \cdot f_h \cdot f_t \cdot f_e \cdot f_m$$

dove:

**Fattore di altitudine -  $f_h$ :** L'influenza della quota (m.s.l.m.) sui diversi inquinanti prodotto varia con il tipo di motorizzazione. Il fattore altitudine dovrebbe essere adeguatamente considerato in modo da poter garantire un corretto dimensionamento della ventilazione. Il fattore correttivo "altitudine" deve essere considerato in relazione alla categoria del veicolo e al tipo di alimentazione come nei prospetti di seguito riportati.

Fattore di influenza ( $f_h$ )					
0	Dicembre 2014	Prima emissione	IGM	IGM	L.Schiavetta
Rev.	Data	Descrizione Revisione	Comp.	Contr.	Appr.



	<b>Titolo:</b> COLLEGAMENTO TRA LA VALFONTANABUONA E L'AUTOSTRADA A12 GENOVA-ROMA PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTI ELETTROMECCANICI <b>Relazione di calcolo – Impianti di ventilazione gallerie</b>		
		Riferimento SPEA: IMP 0004 IMPIANTI DI VENTILAZIONE IN GALLERIE	Pagina 15 di 23

Altitudine m	CO		NOx		Opacity
	Gasoline	Diesel	Gasoline	Diesel	Diesel
0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.000	2.2	1.2	1.0	1.0	1.0
2.000	3.0	1.5	1.0	1.0	1.25
3.000	4.0	1.5	1.0	1.0	1.5

**Fattore di invecchiamento - ft:** così come i fattori di emissione base sono forniti sulla scorta di quanto rilevato nell'anno di riferimento 2010, le proiezioni delle emissioni per gli anni futuri sono influenzati dal rinnovo della flotta dei veicoli, i quali risponderanno a standard emissivi più rigorosi di quelli attualmente vigenti. Questo fattore inoltre tiene e conto del degradamento dei sistemi anti-inquinamento (catalitici e filtri) normalmente prevedibili nel corso della vita di un autoveicolo.

Fattore di influenza (ft) per veicoli leggeri VL					
ft	CO		NOx		Opacity
	Gasoline	Diesel	Gasoline	Diesel	Diesel
2010	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2015	0.75	0.74	0.65	0.76	0.55
2020	0.58	0.65	0.44	0.52	0.29
2025	0.46	0.60	0.30	0.40	0.17
2030	0.40	0.57	0.22	0.35	0.13

Fattore di influenza (ft) per veicoli pesanti VP			
Year	CO	NOx	Opacity
2010	1.00	1.00	1.00
2015	0.58	0.61	0.59
2020	0.34	0.35	0.33
2025	0.25	0.23	0.21
2030	0.21	0.18	0.16

**Fattore di influenza per standard tecnologici – fe:** quando si fa riferimento al calcolo di inquinanti in Paesi con standard emissivi differenti rispetto a quelli definiti nell'UE, i fattori fe devono essere applicati in accordo con quanto definito nel paragrafo nel prospetto che segue.

<b>Fattore di influenza (fe)</b>
----------------------------------

0	Dicembre 2014	Prima emissione	IGM	IGM	L.Schiavetta
Rev.	Data	Descrizione Revisione	Comp.	Contr.	Appr.

	<b>Titolo: COLLEGAMENTO TRA LA VALFONTANABUONA E L'AUTOSTRADA A12 GENOVA-ROMA PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTI ELETTROMECCANICI</b> <b>Relazione di calcolo – Impianti di ventilazione gallerie</b>		
		Riferimento SPEA: IMP 0004 IMPIANTI DI VENTILAZIONE IN GALLERIE	

Tipologia di veicoli	CO	NOx	Opacity
VL benzina/gasolio	1.5/2.0	1.8/1.1	-/1.4
LDV benzina/gasolio	2.7	1.4	2.2
VP gasolio	0.34	1.6	2.5

**Fattore di massa per i veicoli pesanti - fm:** il fattore base delle emissioni per i mezzi pesanti è ricavato come media pesata di una flotta di veicoli composti da autocarri, autocarri con rimorchio, camion e pullman (questi ultimi possono essere equiparati agli autocarri).

La massa media è stimata in 23 t e ricomprende varie combinazioni di camion e camion con rimorchio, sia vuoti che con carico. La quantità delle emissioni è fortemente correlata alla massa totale dei veicoli pesanti, e ciò è evidenziato nel prospetto che segue.

Fattore di influenza (fm) per veicoli pesanti VP			
Massa	CO	NOx	Opacity
15 t	0.7	0.7	0.7
23 t	1.0	1.0	1.0
32 t	1.9	1.9	1.9

E' stato considerato in modo distinto il contributo di emissione legato alla presenza in galleria delle diverse categorie di veicoli leggeri e pesanti in funzione del tipo di alimentazione (benzina e diesel) e dell'indice di massa dei veicoli. A tal fine si riporta nel seguito la composizione del traffico considerata per tutti gli scenari:

COMPOSIZIONE DEL PARCO VEICOLI CIRCOLANTI				
Tipologia veicolo	% composizione	Alimentazione - indice di massa	% composizione	% Totale
VL - leggeri	91	Benzina	52	47,3
		Diesel	48	43,7
VP - pesanti	9	20 t	100	9,0
	100			100

0	Dicembre 2014	Prima emissione	IGM	IGM	L.Schiavetta
Rev.	Data	Descrizione Revisione	Comp.	Contr.	Appr.

	<b>Titolo:</b> COLLEGAMENTO TRA LA VALFONTANABUONA E L'AUTOSTRADA A12 GENOVA-ROMA PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTI Elettromeccanici <b>Relazione di calcolo – Impianti di ventilazione gallerie</b>		
	Riferimento SPEA: IMP 0004 IMPIANTI DI VENTILAZIONE IN GALLERIE		Pagina 17 di 23

Il fattore calcolato per gli inquinanti di riferimento (CO e opacità) e per le diverse categorie di veicoli può così essere moltiplicato per il numero di veicoli, di ciascuna categoria, presenti in galleria nell'unità di tempo. Così facendo si trova la portata totale di inquinanti emessa dalla sorgente "veicoli":

$$Q_j = \sum_{v=1}^3 \frac{E_{j,vei} \cdot n_{veicoli}}{3600}$$

dove:

- Q<sub>j</sub> è la portata in mc/s di inquinante;
- E è il fattore di emissione calcolato per l'inquinante j in mc/h/vei per quella data categoria di veicoli v;
- n<sub>veicoli</sub> è il numero di veicoli presente in galleria appartenente alla categoria v.

La norma, e di conseguenza anche il processo di calcolo eseguito, considerano un fattore peggiorativo per la visibilità legata al trascinamento del particolato prodotto e depositato sul fondo stradale. Il trascinamento è legato al moto dei veicoli; il contributo è dovuto alla presenza della totalità (leggeri e pesanti) dei veicoli in moto all'interno di ciascuna galleria. Il calcolo delle portate d'aria di rinnovo avviene in maniera diretta come rapporto tra le portate di emissione calcolate ed i limiti di concentrazione fissati.

Nell'allegato A vengono riportati i risultati di calcolo relativamente la di portata d'aria e pressione (spinta) necessari il corretto smaltimento degli inquinanti per i diversi scenari per ciascuna galleria. I risultati sono stati ottenuti dalla somma delle portate di inquinanti prodotti dal moto dei veicoli all'interno delle gallerie. Come anticipato sopra, ai fini del calcolo delle pressioni si è tenuto in considerazione:

- sempre contrario l'effetto di resistenza al moto dell'aria prodotto dai veicoli fermi in galleria.

#### 4.2 Funzionamento in caso di incendio

La condizione di esercizio più gravosa, per tutte le gallerie, è rappresentata dalla presenza di un focolaio di incendio in galleria.

L'impianto longitudinale è stato dimensionato per consentire la corretta gestione dell'evento da parte del personale di soccorso e degli addetti allo spegnimento dell'incendio. In particolare il sistema di ventilazione deve essere dimensionato per consentire la corretta pulizia della galleria, e consentire l'ingresso del personale a un portale o dalle discenderie presenti in galleria. Il sistema viene quindi qui nel seguito dimensionato per:

0	Dicembre 2014	Prima emissione	IGM	IGM	L.Schiavetta
<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Descrizione Revisione</b>	<b>Comp.</b>	<b>Contr.</b>	<b>Appr.</b>

	<p align="center"><b>Titolo:</b> COLLEGAMENTO TRA LA VALFONTANABUONA E L'AUTOSTRADA A12 GENOVA-ROMA PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTI ELETTROMECCANICI <b>Relazione di calcolo – Impianti di ventilazione gallerie</b></p>		
	Riferimento SPEA: IMP 0004 IMPIANTI DI VENTILAZIONE IN GALLERIE		Pagina 18 di 23

- prevenire il backlayering dei fumi in caso di azione longitudinale e garantire una velocità del flusso di ventilazione in galleria pari ad almeno 3 m/s (comunque superiore alla velocità critica dei fumi).

L'adozione di una velocità di progetto di 3 m/s è sufficiente a garantire il backlayering dei fumi per incendi di potenzialità sino a 100 MW (PIARC World Road Congress, Kuala Lumpur 1999).

L'azione di spinta longitudinale è prodotta dai jet-fans installati in galleria, che dovranno essere in grado di mantenere la velocità del flusso di ventilazione al valore di progetto adottato.

Il calcolo di dimensionamento del sistema di ventilazione longitudinale in emergenza è stato condotto nelle ipotesi che lo scenario di riferimento sia caratterizzato da:

- focolaio con potenza termica pari a 30 MW;
- portata di fumo prodotta pari a 80 mc/s;
- posizione del focolaio nella condizione limite:
  - o a 150 metri dall'imbocco in galleria
  - o a 150 metri dall'uscita in galleria
  - o a metà galleria

Rimangono valide tutte le considerazioni sui calcoli di dimensionamento riportate al precedente paragrafo 7.2.5 ed in particolare:

- le perdite per attrito sono state calcolate considerando un coefficiente di attrito parietale costante;
- la resistenza prodotta dal moto dei veicoli all'interno della struttura è stata calcolata considerando, l'effettivo numero di veicoli presenti in galleria in funzione del tempo di intervento dell'impianto semaforico per la chiusura del traffico e del traffico di punta alla velocità di 60 km/h;
- gli effetti meteo-climatici sono ancora valutati nella misura di 80 Pa (differenze di temperatura e vento ai portali) sempre contrari alla direzione del flusso di ventilazione.

## 5 Dotazioni di impianto: Jet-fans

### Caratteristiche e materiali

I jet-fan previsti al servizio di tutte le gallerie presentano le seguenti caratteristiche:

- girante a profilo alare, orientabile da fermo, in lega leggera di alluminio trattata termicamente a miglioramento della resistenza meccanica; girante equilibrate staticamente e dinamicamente con apparecchiatura elettronica secondo le norme ISO n. 1940 grado G = 2,5;

0	Dicembre 2014	Prima emissione	IGM	IGM	L.Schiavetta
<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Descrizione Revisione</b>	<b>Comp.</b>	<b>Contr.</b>	<b>Appr.</b>

	<b>Titolo:</b> COLLEGAMENTO TRA LA VALFONTANABUONA E L'AUTOSTRADA A12 GENOVA-ROMA PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTI ELETTROMECCANICI <b>Relazione di calcolo – Impianti di ventilazione gallerie</b>		
		Riferimento SPEA: IMP 0004 IMPIANTI DI VENTILAZIONE IN GALLERIE	

- mozzo in ghisa con foro di calettamento cilindrico con chiavetta di trascinamento secondo le norme UNI 6604 – 69;
- voluta imbullonata direttamente alle staffe che fissano il ventilatore alla volta della galleria; voluta e staffe in lamiera di acciaio inossidabile AISI 316;
- silenziatori cilindrici, imbullonati alla voluta del ventilatore e sagomati dal lato aspirazione per facilitare l'ingresso dell'aria e diminuire le perdite d'imbocco; materiale fonoassorbente in lana minerale imputrescibile ed ininfiammabile. Manto esterno e rete interna perforata in lamiera di acciaio inossidabile AISI 316;
- motore con isolamento in classe H; morsettieria di collegamento montata esternamente alla voluta e collegata con una guaina resistente alla temperatura richiesta dalla situazione di emergenza. Motore e morsettieria con protezione IP 55.

Il ventilatore sarà corredato di tutti gli accessori necessari al corretto funzionamento compresi dispositivi di fissaggio ed ancoraggio:

- reti antivolatile poste all'imbocco dei silenziatori,
- staffe per l'ancoraggio, tasselli chimici per il fissaggio del ventilatore alla volta della galleria;
- catene di sicurezza;
- rilevatori di vibrazioni.

### Prestazioni tecniche

I principali dati tecnici dei jet-fans, in termini di prestazioni aerauliche, sono riportate nel prospetto che segue:

<b>CARATTERISTICHE JET-FANS</b>				
<b>Diametro girante [mm]</b>	<b>Portata [mc/s]</b>	<b>Velocità [m/s]</b>	<b>Spinta [N]</b>	<b>Potenza elettrica [kW]</b>
<b>1.250</b>	<b>37,6</b>	<b>29,9</b>	<b>1.320</b>	<b>37</b>

Tutti i ventilatori sono da intendersi di tipo reversibile.

Per spinta si intende la spinta nominale in aria libera del ventilatore alla densità di riferimento di 1,20 kg/mc e pressione standard a livello mare di 101.325 Pa.

Per consentire la corretta gestione di tutti gli scenari di emergenza è necessario che gli acceleratori siano tutti del tipo reversibile e resistenti alla temperatura di 400 °C per almeno 120 minuti.

0	Dicembre 2014	Prima emissione	IGM	IGM	L.Schiavetta
<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Descrizione Revisione</b>	<b>Comp.</b>	<b>Contr.</b>	<b>Appr.</b>

	<b>Titolo: COLLEGAMENTO TRA LA VALFONTANABUONA E L'AUTOSTRADA A12 GENOVA-ROMA PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTI ELETTROMECCANICI</b> <b>Relazione di calcolo – Impianti di ventilazione gallerie</b>		
		Riferimento SPEA: IMP 0004 IMPIANTI DI VENTILAZIONE IN GALLERIE	

Fissate le caratteristiche dei ventilatori non rimane che calcolare il numero di jet-fans necessario ad assicurare le portate d'aria e le relative spinte calcolate sia in esercizio normale che in esercizio di emergenza.

E' bene considerare che le spinte nominali dichiarate si riferiscono ad un funzionamento in aria libera del ventilatore e nelle condizioni standard di pressione e temperatura (densità di riferimento). Nel calcolo della spinta reale prodotta da ciascun ventilatore si è tenuto in considerazione del:

- rendimento di spinta legato alla presenza in galleria di una velocità residua del flusso d'aria di ventilazione; all'aumentare della velocità dell'aria in galleria decresce la spinta prodotta dal ventilatore secondo la formula:

$$F_v = \frac{W_{j-f} - W_{aria}}{W_{j-f}}$$

- del rendimento di installazione legato all'influenza sulla spinta prodotta data dalla presenza delle pareti vicine al ventilatore; è funzione del rapporto tra la distanza asse ventilatore-parete (parete o volta sulla quale è installato il jet-fan).
- fattore di spinta legato alla densità dell'aria che decresce con l'altitudine della galleria (diminuisce la pressione atmosferica) e con la temperatura dell'aria.

Per non degradare l'efficienza di funzionamento del sistema di ventilazione la distanza tra i ventilatori in senso longitudinale non deve essere inferiore a 10 diametri idraulici, valore che sale a 12 per quelli posti in prossimità dei portali. Per l'ubicazione dei clusters si rimanda alle piante chiave ed ai sinottici di impianto delle gallerie.

Nei prospetti che seguono sono riportati i risultati ottenuti dal calcolo del numero di jet-fans nelle ipotesi di funzionamento normale ed in quello di emergenza.

<b>ESERCIZIO NORMALE</b>	
<b>Traffico bloccato – dir. A12</b>	
<b>GALLERIA CARAVAGGIO</b>	
<b>Spinta richiesta – N</b>	<b>6054</b>
<b>Nr. JET-fans</b>	<b>6</b>
<b>Nr. Cluster in funzione/Nr. Cluster installati</b>	<b>6/15</b>
<b>GALLERIA FONTANABUONA</b>	
<b>Spinta richiesta – N</b>	<b>6278</b>
<b>Nr. JET-fans</b>	<b>6</b>
<b>Nr. Cluster in funzione/Nr. Cluster installati</b>	<b>6/16</b>

0	Dicembre 2014	Prima emissione	IGM	IGM	L.Schiavetta
<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Descrizione Revisione</b>	<b>Comp.</b>	<b>Contr.</b>	<b>Appr.</b>

	<b>Titolo:</b> COLLEGAMENTO TRA LA VALFONTANABUONA E L'AUTOSTRADA A12 GENOVA-ROMA PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTI ELETTROMECCANICI <b>Relazione di calcolo – Impianti di ventilazione gallerie</b>		
		Riferimento SPEA: IMP 0004 IMPIANTI DI VENTILAZIONE IN GALLERIE	

<b>ESERCIZIO NORMALE</b>	
<b>Traffico congestionato – 10 km/h – dir. A12</b>	
<b>GALLERIA CARAVAGGIO</b>	
<b>Spinta richiesta – N</b>	-
<b>Nr. JET-fans</b>	<b>0</b>
<b>Nr. Cluster in funzione/Nr. Cluster installati</b>	<b>0/15</b>
<b>GALLERIA FONTANABUONA</b>	
<b>Spinta richiesta – N</b>	-
<b>Nr. JET-fans</b>	<b>0</b>
<b>Nr. Cluster in funzione/Nr. Cluster installati</b>	<b>0/16</b>

<b>ESERCIZIO NORMALE</b>	
<b>Traffico fluido – 60 km/h – dir. A12</b>	
<b>GALLERIA CARAVAGGIO</b>	
<b>Spinta richiesta – N</b>	-
<b>Nr. JET-fans</b>	<b>0</b>
<b>Nr. Cluster in funzione/Nr. Cluster installati</b>	<b>0/15</b>
<b>GALLERIA FONTANABUONA</b>	
<b>Spinta richiesta – N</b>	-
<b>Nr. JET-fans</b>	<b>0</b>
<b>Nr. Cluster in funzione/Nr. Cluster installati</b>	<b>0/16</b>

<b>FUNZIONAMENTO DI EMERGENZA</b>	
<b>VENTILAZIONE IN DISCESA – dir. A12</b>	
<b>Focolaio a metà galleria</b>	
<b>GALLERIA CARAVAGGIO</b>	
<b>Spinta richiesta – N</b>	<b>11215</b>
<b>Nr. JET-fans</b>	<b>14</b>
<b>Nr. Cluster in funzione/Nr. Cluster installati</b>	<b>14/15</b>

0	Dicembre 2014	Prima emissione	IGM	IGM	L.Schiavetta
Rev.	Data	Descrizione Revisione	Comp.	Contr.	Appr.



	<b>Titolo:</b> COLLEGAMENTO TRA LA VALFONTANABUONA E L'AUTOSTRADA A12 GENOVA-ROMA PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTI Elettromeccanici <b>Relazione di calcolo – Impianti di ventilazione gallerie</b>		
		Riferimento SPEA: IMP 0004 IMPIANTI DI VENTILAZIONE IN GALLERIE	

GALLERIA FONTANABUONA	
Spinta richiesta – N	<b>12.566</b>
Nr. JET-fans	<b>15</b>
Nr. Cluster in funzione/Nr. Cluster installati	<b>15/16</b>

ESERCIZIO NORMALE	
Traffico bloccato – dir. Val Fontanabuona	
GALLERIA CARAVAGGIO	
Spinta richiesta – N	<b>5897</b>
Nr. JET-fans	<b>5</b>
Nr. Cluster in funzione/Nr. Cluster installati	<b>5/11</b>
GALLERIA FONTANABUONA	
Spinta richiesta – N	<b>5803</b>
Nr. JET-fans	<b>5</b>
Nr. Cluster in funzione/Nr. Cluster installati	<b>5/13</b>

ESERCIZIO NORMALE	
Traffico congestionato – 10 km/h – dir. Val Fontanabuona	
GALLERIA CARAVAGGIO	
Spinta richiesta – N	-
Nr. JET-fans	<b>0</b>
Nr. Cluster in funzione/Nr. Cluster installati	<b>0/11</b>
GALLERIA FONTANABUONA	
Spinta richiesta – N	-
Nr. JET-fans	<b>0</b>
Nr. Cluster in funzione/Nr. Cluster installati	<b>0/13</b>

ESERCIZIO NORMALE	
Traffico fluido – 60 km/h – dir. Val Fontanabuona	

0	Dicembre 2014	Prima emissione	IGM	IGM	L.Schiavetta
Rev.	Data	Descrizione Revisione	Comp.	Contr.	Appr.

	<b>Titolo:</b> COLLEGAMENTO TRA LA VALFONTANABUONA E L'AUTOSTRADA A12 GENOVA-ROMA PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTI ELETTROMECCANICI <b>Relazione di calcolo – Impianti di ventilazione gallerie</b>		
		Riferimento SPEA: IMP 0004 IMPIANTI DI VENTILAZIONE IN GALLERIE	

GALLERIA CARAVAGGIO	
Spinta richiesta – N	-
Nr. JET-fans	0
Nr. Cluster in funzione/Nr. Cluster installati	0/11
GALLERIA FONTANABUONA	
Spinta richiesta – N	-
Nr. JET-fans	0
Nr. Cluster in funzione/Nr. Cluster installati	0/13

FUNZIONAMENTO DI EMERGENZA	
VENTILAZIONE IN DISCESA	
Focolaio a 150 metri dall'uscita	
GALLERIA CARAVAGGIO	
Spinta richiesta – N	8635
Nr. JET-fans	10
Nr. Cluster in funzione/Nr. Cluster installati	10/11
GALLERIA FONTANABUONA	
Spinta richiesta – N	9475
Nr. JET-fans	12
Nr. Cluster in funzione/Nr. Cluster installati	12/13

Per tutti gli scenari di emergenza si è deciso di aumentare il numero totale di ventilatori, come conseguenza di un probabile fuori-uso per temperatura di un cluster nelle immediate vicinanze del focolaio. Nei risultati di calcolo per l'esercizio d'emergenza, sopra riportati, è già stata considerata la ridondanza di un ventilatore.

0	Dicembre 2014	Prima emissione	IGM	IGM	L.Schiavetta
Rev.	Data	Descrizione Revisione	Comp.	Contr.	Appr.

## **ALLEGATO A**

### **RISULTATI DI CALCOLO IMPIANTI DI VENTILAZIONE IN GALLERIA**

**GALLERIA CARAVAGGIO - dir. A12**  
**CALCOLO VENTILAZIONE SANITARIA - TRAFFICO FLUIDO (v=60 km/h)**

DATI GALLERIA			DATI TERMOIGORMETRICI		
Tipo galleria	Urbana/Extraurbana		Temperatura esterna	15,00	[°C]
	Monodirezionale			288,15	[K]
Nr. Corsie	1		Umidità relativa esterna	50	[%]
Lunghezza fornice	2,049	[m]	Altitudine	144,50	[m s.l.m.]
Sezione	49	[mq]	Pressione ambiente	995,29	[mbar]
Perimetro	28	[m]	Densità aria esterna	1,200	[kg/mc]
Diametro idraulico	7,05	[m]	Viscosità dinamica	1,72E-05	[Pas]
Scabrezza equivalente	0,025	[m]	Viscosità Cinematica	1,43E-05	[mq/s]
Quota portale alto	158,00	[m]			
Quota portale basso	131,00	[m]			
Differenza di quota	27,00	[m]			
Quota media	144,50	[m]			
	Corsia 1	Corsia 2			
Pendenza media misurata	-1,32%				

DATI TRAFFICO		
TGM (Traffico Giornaliero Mezzi)	14.500	[vei/giorno]
TOM (Traffico Orario Mezzi)	580	[vei/h]
TP (Traffico di Picco)	1.305	[vei/h]
	Corsia 1	Corsia 2
TGM per corsia	14.500	[vei/giorno]
Traffico orario	580	[vei/h/corsia]
Traffico orario max	1.305	[vei/h/corsia]
Percent. Mezzi pesanti	9%	
Percent. veicoli leggeri Diesel	44%	
Percent. veicoli leggeri Benzina	47%	

VELOCITA' DI PROGETTO		
	Corsia 1	Corsia 2
Mezzi pesanti	60	[km/h]
Veicoli leggeri	60	[km/h]
Nr. mezzi pesanti	117	[vei/h]
Nr. veicoli leggeri diesel	570	[vei/h]
Nr. veicoli leggeri benzina	618	[vei/h]
Densità mezzi pesanti	2	[vei/km]
Densità veicoli leggeri diesel	10	[vei/km]
Densità veicoli leggeri benzina	10	[vei/km]
Nr. mezzi pesanti in galleria	4	[vei]
Nr. veicoli leggeri diesel in galleria	19	[vei]
Nr. veicoli leggeri benzina in galleria	21	[vei]

COMPOSIZIONE PARCO VEICOLI PER NORMATIVE EURO (STIMA) E CALCOLO EMISSIONI PER GRUPPO A (*)	
Anno di riferimento calcolo	2015
<b>Composizione parco veicoli per normative EURO (*)</b>	
Veicoli EURO 6	0%
Veicoli EURO 5	18%
Veicoli EURO 4	16%
Veicoli EURO 3	33%
Veicoli EURO 2	11%
Veicoli EURO 1	5%
Veicoli Pre EURO	16%

(\*) Consistenza del parco veicolare dedotto da report annuale ISTAT/ACI anno 2011 riferiti alla regione Liguria

CALCOLO EFFETTIVE EMISSIONI CON FATTORI CORRETTIVI (**)					
<b>FATTORE CO VEICOLI LEGGERI A BENZINA</b>					
	Corsia 1	Corsia 2			
Valore fattori q EURO 6			[g/h]		
Valore fattori q EURO 5	10,89		[g/h]		
Valore fattori q EURO 4	10,89		[g/h]		
Valore fattori q EURO 3	12,56		[g/h]		
Valore fattori q EURO 2	13,87		[g/h]		
Valore fattori q EURO 1	44,60		[g/h]		
Valore fattori q Pre EURO	267,79		[g/h]		
<b>Q</b>	<b>0,948</b>	<b>0,000</b>	<b>[mc/h]</b>		
<b>FATTORE CO VEICOLI LEGGERI DIESEL</b>			<b>FATTORE OP VEICOLI LEGGERI DIESEL</b>		
	Corsia 1	Corsia 2		Corsia 1	Corsia 2
Valore fattori q EURO 6			[g/h]	Valore fattori q EURO 6	[mq/h]
Valore fattori q EURO 5	1,99		[g/h]	Valore fattori q EURO 5	0,24
Valore fattori q EURO 4	2,12		[g/h]	Valore fattori q EURO 4	2,49

Valore fattori q EURO 3	2,54		[g/h]	Valore fattori q EURO 3	2,44		[mq/h]
Valore fattori q EURO 2	9,97		[g/h]	Valore fattori q EURO 2	4,61		[mq/h]
Valore fattori q EURO 1	11,60		[g/h]	Valore fattori q EURO 1	6,02		[mq/h]
Valore fattori q Pre EURO	17,49		[g/h]	Valore fattori q Pre EURO	5,17		[mq/h]
<b>Q</b>	<b>0,089</b>	<b>0,000</b>	<b>[mc/h]</b>	Fattore rotolamento	7,90	-	[mq/h]
				<b>Q</b>	<b>350,91</b>	<b>0,00</b>	<b>[mq/h]</b>

**FATTORE CO MEZZI PESANTI**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[g/h]
Valore fattori q EURO 5	19,30		[g/h]
Valore fattori q EURO 4	19,57		[g/h]
Valore fattori q EURO 3	47,61		[g/h]
Valore fattori q EURO 2	36,53		[g/h]
Valore fattori q EURO 1	55,50		[g/h]
Valore fattori q Pre EURO	84,35		[g/h]
<b>Q</b>	<b>0,097</b>	<b>0,000</b>	<b>[mc/h]</b>

**FATTORE OP MEZZI PESANTI**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[mq/h]
Valore fattori q EURO 5	4,51		[mq/h]
Valore fattori q EURO 4	4,84		[mq/h]
Valore fattori q EURO 3	26,18		[mq/h]
Valore fattori q EURO 2	14,90		[mq/h]
Valore fattori q EURO 1	52,50		[mq/h]
Valore fattori q Pre EURO	70,88		[mq/h]
Fattore rotolamento	29,33	29,33	[mq/h]
<b>Q</b>	<b>175,74</b>	<b>0,00</b>	<b>[mq/h]</b>

(\*\*) Fonte: ROAD TUNNELS: VEHICLE EMISSION AND AIR DEMAND FOR VENTILATION - PIARC 2012

**PORTATE D'ARIA**

**PORTATE TOTALI INQUINATI**

	Corsia 1	Corsia 2	
<b>CO</b>	<b>1,13</b>	<b>0,00</b>	<b>[mc/h]</b>
<b>OP</b>	<b>526,65</b>	<b>0,00</b>	<b>[mq/h]</b>

$$Q_{CO} = [(Q_{CO,i.v.} \times f_h) / 3600] \times D \times (10^6 / CO_{lim}) \times L$$

dove:

$Q_{CO,i.v.}$  = emissione base CO  
 $f_h$  = fattore di altitudine  
 $D$  = densità veicoli per km  
 $CO_{lim}$  = limite ammesso inquinamento  
 $L$  = lunghezza galleria

**PORTATE TOTALI DI RINNOVO**

	Corsia 1		
<b>CO</b>	<b>5,25</b>		<b>[mc/s]</b>
<b>OP</b>	<b>29,26</b>		<b>[mc/s]</b>

$$Q_r = [(Q_{f,i.v.} \times f_h)] \times D \times (1/K_{lim}) \times L$$

dove:

$Q_{f,i.v.}$  = emissione base fumi  
 $f_h$  = fattore di altitudine  
 $D$  = densità veicoli per km  
 $K_{lim}$  = limite ammesso inquinamento  
 $L$  = lunghezza galleria

<b>PORTA MAX</b>	<b>29,26</b>		<b>[mc/s]</b>
------------------	--------------	--	---------------

**CALCOLO PRESSIONI/SPINTE**

	Corsia 1	Corsia 2	
Portata aria necessaria	29,26		[mc/s]
Velocità dell'aria necessaria	0,59		[m/s]
Portata aria per effetto pistone	54,27		[mc/s]
Velocità dell'aria effetto pistone	1,10		[m/s]
Direzione dell'aria senso di marcia	Corsia 1		
Margine di sicurezza	1		
Numero di Reynolds	293417		
e scabrezza relativa	0,18		[mm]
Fattore di attrito	0,025		
Sezione appar.pc	1,00		[mq]
Sezione appar. LVD			[mq]
Sezione appar. veicolo pesante	5,20		[mq]
Fattori di calcolo	-1		
Effetto pistone VL	-137,37		[Pa]
Effetto pistone LVD	0		[Pa]
Effetto pistone VP	-714,30		[Pa]
Cadute di pressione meteo	80		[Pa]
Cadute di pressione effetto camino	1,07		[Pa]
Cadute di pressione moto aria	6,40		[Pa]
Cadute totali di pressione	-764,21		[Pa]
Spinta totale	-37599,07		[N]

**Spinta totale richiesta** [N]

**Galleria autoventilata**

**CALCOLO VENTILATORI**

Caratteristiche JET-FANS		
Diametro girante	1.250	[mm]
Portata nominale	36,7	[mc/s]
Velocità nominale	29,9	[m/s]
Spinta teorica nominale	1.320	[N]
Potenza massima assorbita	37	[kW]

Caratteristiche di esercizio	(funz. Ordin.)	(funz. Revers.)
Rendimento di spinta	95%	88%
Rendimento di installazione	95%	95%
Rendimento intero sistema	100%	100%
Spinta effettiva di esercizio		[N]

**Numero JET-FANS necessari** **Galleria autoventilata**

**GALLERIA CARAVAGGIO - dir. A12**  
**CALCOLO VENTILAZIONE SANITARIA - TRAFFICO CONGESTIONATO (v=10 km/h)**

DATI GALLERIA			DATI TERMOIGROMETRICI		
Tipo galleria	Urbana/Extraurbana Monodirezionale		Temperatura esterna	15,00	[°C]
Nr. Corsie	1			288,15	[K]
Lunghezza fornice	2,049	[m]	Umidità relativa esterna	50	[%]
Sezione	49	[mq]	Altitudine	144,50	[m s.l.m.]
Perimetro	28	[m]	Pressione ambiente	995,29	[mbar]
Diametro idraulico	7,05	[m]	Densità aria esterna	1,200	[kg/mc]
Scabrezza equivalente	0,025	[m]	Viscosità dinamica	1,72E-05	[Pas]
Quota portale alto	158,00	[m]	Viscosità Cinematica	1,43E-05	[mq/s]
Quota portale basso	131,00	[m]			
Differenza di quota	27,00	[m]			
Quota media	144,50	[m]			
	Corsia 1	Corsia 2			
Pendenza media misurata	-1,32%				

← Errore

DATI TRAFFICO		
TGM (Traffico Giornaliero Mezzi)	14.500	[vei/giorno]
TOM (Traffico Orario Mezzi)	580	[vei/h]
TP (Traffico di Picco)	1.305	[vei/h]
	Corsia 1	Corsia 2
TGM per corsia	14.500	[vei/giorno]
Traffico orario	580	[vei/h/corsia]
Traffico orario max	1.305	[vei/h/corsia]
Percent. Mezzi pesanti	9%	
Percent. veicoli leggeri Diesel	44%	
Percent. veicoli leggeri Benzina	47%	

VELOCITA' DI PROGETTO		
	Corsia 1	Corsia 2
Mezzi pesanti	10	[km/h]
Veicoli leggeri	10	[km/h]
Nr. mezzi pesanti	117	[vei/h]
Nr. veicoli leggeri diesel	570	[vei/h]
Nr. veicoli leggeri benzina	618	[vei/h]
Densità mezzi pesanti	12	[vei/km]
Densità veicoli leggeri diesel	57	[vei/km]
Densità veicoli leggeri benzina	62	[vei/km]
Nr. mezzi pesanti in galleria	24	[vei]
Nr. veicoli leggeri diesel in galleria	117	[vei]
Nr. veicoli leggeri benzina in galleria	127	[vei]

COMPOSIZIONE PARCO VEICOLI PER NORMATIVE EURO (STIMA) E CALCOLO EMISSIONI PER GRUPPO A (*)	
Anno di riferimento calcolo	2015
<b>Composizione parco veicoli per normative EURO (*)</b>	
Veicoli EURO 6	0%
Veicoli EURO 5	18%
Veicoli EURO 4	16%
Veicoli EURO 3	33%
Veicoli EURO 2	11%
Veicoli EURO 1	5%
Veicoli Pre EURO	16%

(\*) Consistenza del parco veicolare dedotto da report annuale ISTAT/ACI anno 2011 riferiti alla regione Liguria

CALCOLO EFFETTIVE EMISSIONI CON FATTORI CORRETTIVI (**)					
<b>FATTORE CO VEICOLI LEGGERI A BENZINA</b>					
	Corsia 1	Corsia 2			
Valore fattori q EURO 6			[g/h]		
Valore fattori q EURO 5	11,77		[g/h]		
Valore fattori q EURO 4	11,77		[g/h]		
Valore fattori q EURO 3	14,04		[g/h]		
Valore fattori q EURO 2	15,64		[g/h]		
Valore fattori q EURO 1	20,45		[g/h]		
Valore fattori q Pre EURO	189,60		[g/h]		
<b>Q</b>	<b>4,328</b>	<b>0,000</b>	<b>[mc/h]</b>		
<b>FATTORE CO VEICOLI LEGGERI DIESEL</b>			<b>FATTORE OP VEICOLI LEGGERI DIESEL</b>		
	Corsia 1	Corsia 2		Corsia 1	Corsia 2
Valore fattori q EURO 6			[g/h]	Valore fattori q EURO 6	[mq/h]
Valore fattori q EURO 5	3,66		[g/h]	Valore fattori q EURO 5	[mq/h]
Valore fattori q EURO 4	3,91		[g/h]	Valore fattori q EURO 4	[mq/h]
				0,38	
				3,62	

Valore fattori q EURO 3	4,68	[g/h]	Valore fattori q EURO 3	4,09	[mq/h]
Valore fattori q EURO 2	10,21	[g/h]	Valore fattori q EURO 2	7,57	[mq/h]
Valore fattori q EURO 1	11,88	[g/h]	Valore fattori q EURO 1	9,96	[mq/h]
Valore fattori q Pre EURO	17,91	[g/h]	Valore fattori q Pre EURO	8,55	[mq/h]
<b>Q</b>	<b>0,654</b>	<b>0,000</b>	Fattore rotolamento	1,32	-
			<b>Q</b>	<b>619,47</b>	<b>0,00</b>

**FATTORE CO MEZZI PESANTI**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[g/h]
Valore fattori q EURO 5	36,67		[g/h]
Valore fattori q EURO 4	36,62		[g/h]
Valore fattori q EURO 3	56,68		[g/h]
Valore fattori q EURO 2	46,89		[g/h]
Valore fattori q EURO 1	66,92		[g/h]
Valore fattori q Pre EURO	104,66		[g/h]
<b>Q</b>	<b>0,776</b>	<b>0,000</b>	<b>[mc/h]</b>

**FATTORE OP MEZZI PESANTI**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[mq/h]
Valore fattori q EURO 5	6,63		[mq/h]
Valore fattori q EURO 4	6,53		[mq/h]
Valore fattori q EURO 3	28,39		[mq/h]
Valore fattori q EURO 2	21,67		[mq/h]
Valore fattori q EURO 1	60,72		[mq/h]
Valore fattori q Pre EURO	90,62		[mq/h]
Fattore rotolamento	4,89	4,89	[mq/h]
<b>Q</b>	<b>544,23</b>	<b>0,00</b>	<b>[mq/h]</b>

(\*\*) Fonte: ROAD TUNNELS: VEHICLE EMISSION AND AIR DEMAND FOR VENTILATION - PIARC 2012

**PORTATE D'ARIA**

**PORTATE TOTALI INQUINATI**

	Corsia 1	Corsia 2	
<b>CO</b>	<b>5,76</b>	<b>0,00</b>	<b>[mc/h]</b>
<b>OP</b>	<b>1163,70</b>	<b>0,00</b>	<b>[mq/h]</b>

$$Q_{CO} = [(Q_{CO,i.v.} \times f_h) / 3600] \times D \times (10^6 / CO_{lim}) \times L$$

dove:

$Q_{CO,i.v.}$  = emissione base CO  
 $f_h$  = fattore di altitudine  
 $D$  = densità veicoli per km  
 $CO_{lim}$  = limite ammesso inquinamento  
 $L$  = lunghezza galleria

**PORTATE TOTALI DI RINNOVO**

<b>CO</b>	<b>19,05</b>	<b>[mc/s]</b>
<b>OP</b>	<b>46,18</b>	<b>[mc/s]</b>

$$Q_r = [(Q_{f,i.v.} \times f_h)] \times D \times (1/K_{lim}) \times L$$

dove:

$Q_{f,i.v.}$  = emissione base fumi  
 $f_h$  = fattore di altitudine  
 $D$  = densità veicoli per km  
 $K_{lim}$  = limite ammesso inquinamento  
 $L$  = lunghezza galleria

<b>PORTA MAX</b>	<b>46,18</b>	<b>[mc/s]</b>
------------------	--------------	---------------

**CALCOLO PRESSIONI/SPINTE**

	Corsia 1	Corsia 2	
Portata aria necessaria	46,18		[mc/s]
Velocità dell'aria necessaria	0,94		[m/s]
Portata aria per effetto pistone	52,84		[mc/s]
Velocità dell'aria effetto pistone	1,07		[m/s]
Direzione dell'aria senso di marcia	Corsia 1		
Margine di sicurezza	1		
Numero di Reynolds	463104		
e scabrezza relativa	0,18		[mm]
Fattore di attrito	0,025		
Sezione appar.pc	1,00		[mq]
Sezione appar. LVD			[mq]
Sezione appar. veicolo pesante	5,20		[mq]
Fattori di calcolo	-1		
Effetto pistone VL	-22,89		[Pa]
Effetto pistone LVD	0		[Pa]
Effetto pistone VP	-119,05		[Pa]
Cadute di pressione meteo	80		[Pa]
Cadute di pressione effetto camino	1,07		[Pa]
Cadute di pressione moto aria	6,06		[Pa]
Cadute totali di pressione	-54,82		[Pa]
Spinta totale	-2696,97		[N]

**Spinta totale richiesta** [N]

**Galleria autoventilata**

**CALCOLO VENTILATORI**

Caratteristiche JET-FANS		
Diametro girante	1.250	[mm]
Portata nominale	36,7	[mc/s]
Velocità nominale	29,9	[m/s]
Spinta teorica nominale	1.320	[N]
Potenza massima assorbita	37	[kW]

Caratteristiche di esercizio	(funz. Ordin.)	(funz. Revers.)
Rendimento di spinta	95%	88%
Rendimento di installazione	95%	95%
Rendimento intero sistema	100%	100%
Spinta effettiva di esercizio		[N]

**Numero JET-FANS necessari** **Galleria autoventilata**



**GALLERIA CARAVAGGIO - dir. A12**  
**CALCOLO VENTILAZIONE SANITARIA - TRAFFICO BLOCCATO (v=0 km/h)**

DATI GALLERIA			DATI TERMOIGOMETRICI		
Tipo galleria	Urbana/Extraurbana		Temperatura esterna	15,00	[°C]
	Monodirezionale			288,15	[K]
Nr. Corsie	1		Umidità relativa esterna	50	[%]
Lunghezza fornice	2,049	[m]	Altitudine	144,50	[m s.l.m.]
Sezione	49	[mq]	Pressione ambiente	995,29	[mbar]
Perimetro	28	[m]	Densità aria esterna	1,200	[kg/mc]
Diametro idraulico	7,05	[m]	Viscosità dinamica	1,72E-05	[Pas]
Scabrezza equivalente	0,025	[m]	Viscosità Cinematica	1,43E-05	[mq/s]
Quota portale alto	158,00	[m]			
Quota portale basso	131,00	[m]			
Differenza di quota	27,00	[m]			
Quota media	144,50	[m]			
	Corsia 1	Corsia 2			
Pendenza media misurata	-1,32%				

**DATI TRAFFICO**

TGM (Traffico Giornaliero Mezzi)	14.500	[vei/giorno]
TOM (Traffico Orario Mezzi)	580	[vei/h]
TP (Traffico di Picco)	1.305	[vei/h]
	Corsia 1	Corsia 2
TGM per corsia	14.500	[vei/giorno]
Traffico orario	580	[vei/h/corsia]
Traffico orario max	1.305	[vei/h/corsia]
Percent. Mezzi pesanti	9%	
Percent. veicoli leggeri Diesel	44%	
Percent. veicoli leggeri Benzina	47%	

**VELOCITA' DI PROGETTO**

	Corsia 1	Corsia 2	
Mezzi pesanti	0		[km/h]
Veicoli leggeri	0		[km/h]
Nr. mezzi pesanti	0		[vei/h]
Nr. veicoli leggeri diesel	0		[vei/h]
Nr. veicoli leggeri benzina	0		[vei/h]
Densità mezzi pesanti	11		[vei/km]
Densità veicoli leggeri diesel	53		[vei/km]
Densità veicoli leggeri benzina	58		[vei/km]
Nr. mezzi pesanti in galleria	23		[vei]
Nr. veicoli leggeri diesel in galleria	109		[vei]
Nr. veicoli leggeri benzina in galleria	119		[vei]

**COMPOSIZIONE PARCO VEICOLI PER NORMATIVE EURO (STIMA) E CALCOLO EMISSIONI PER GRUPPO A (\*)**

Anno di riferimento calcolo	2015
<b>Composizione parco veicoli per normative EURO (*)</b>	
Veicoli EURO 6	0%
Veicoli EURO 5	18%
Veicoli EURO 4	16%
Veicoli EURO 3	33%
Veicoli EURO 2	11%
Veicoli EURO 1	5%
Veicoli Pre EURO	16%

(\*) Consistenza del parco veicolare dedotto da report annuale ISTAT/ACI anno 2011 riferiti alla regione Liguria

**CALCOLO EFFETTIVE EMISSIONI CON FATTORI CORRETTIVI (\*\*)**

**FATTORE CO VEICOLI LEGGERI A BENZINA**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[g/h]
Valore fattori q EURO 5	1,30		[g/h]
Valore fattori q EURO 4	1,30		[g/h]
Valore fattori q EURO 3	1,48		[g/h]
Valore fattori q EURO 2	1,51		[g/h]
Valore fattori q EURO 1	2,21		[g/h]
Valore fattori q Pre EURO	130,83		[g/h]
<b>Q</b>	<b>2,226</b>	<b>0,000</b>	<b>[mc/h]</b>

**FATTORE CO VEICOLI LEGGERI DIESEL**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[g/h]
Valore fattori q EURO 5	0,58		[g/h]
Valore fattori q EURO 4	0,62		[g/h]

**FATTORE OP VEICOLI LEGGERI DIESEL**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[mq/h]
Valore fattori q EURO 5	0,09		[mq/h]
Valore fattori q EURO 4	1,18		[mq/h]

Valore fattori q EURO 3	0,84		[g/h]	Valore fattori q EURO 3	1,50		[mq/h]
Valore fattori q EURO 2	2,18		[g/h]	Valore fattori q EURO 2	3,10		[mq/h]
Valore fattori q EURO 1	4,29		[g/h]	Valore fattori q EURO 1	3,29		[mq/h]
Valore fattori q Pre EURO	6,46		[g/h]	Valore fattori q Pre EURO	2,82		[mq/h]
<b>Q</b>	<b>0,166</b>	<b>0,000</b>	<b>[mc/h]</b>	Fattore rotolamento	-	-	[mq/h]
				<b>Q</b>	<b>98,23</b>	<b>0,00</b>	<b>[mq/h]</b>

**FATTORE CO MEZZI PESANTI**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[g/h]
Valore fattori q EURO 5	6,99		[g/h]
Valore fattori q EURO 4	6,93		[g/h]
Valore fattori q EURO 3	14,04		[g/h]
Valore fattori q EURO 2	18,92		[g/h]
Valore fattori q EURO 1	32,49		[g/h]
Valore fattori q Pre EURO	78,62		[g/h]
<b>Q</b>	<b>0,292</b>	<b>0,000</b>	<b>[mc/h]</b>

**FATTORE OP MEZZI PESANTI**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[mq/h]
Valore fattori q EURO 5	4,04		[mq/h]
Valore fattori q EURO 4	4,04		[mq/h]
Valore fattori q EURO 3	8,08		[mq/h]
Valore fattori q EURO 2	8,51		[mq/h]
Valore fattori q EURO 1	51,94		[mq/h]
Valore fattori q Pre EURO	69,09		[mq/h]
Fattore rotolamento	0,00	0,00	[mq/h]
<b>Q</b>	<b>233,10</b>	<b>0,00</b>	<b>[mq/h]</b>

(\*\*) Fonte: ROAD TUNNELS: VEHICLE EMISSION AND AIR DEMAND FOR VENTILATION - PIARC 2012

**PORTATE D'ARIA**

**PORTATE TOTALI INQUINATI**

	Corsia 1	Corsia 2	
<b>CO</b>	<b>2,68</b>	<b>0,00</b>	<b>[mc/h]</b>
<b>OP</b>	<b>331,32</b>	<b>0,00</b>	<b>[mq/h]</b>

$$Q_{CO} = [(Q_{CO,i.v.} \times f_h) / 3600] \times D \times (10^6 / CO_{lim}) \times L$$

dove:

$Q_{CO,i.v.}$  = emissione base CO  
 $f_h$  = fattore di altitudine  
 $D$  = densità veicoli per km  
 $CO_{lim}$  = limite ammesso inquinamento  
 $L$  = lunghezza galleria

**PORTATE TOTALI DI RINNOVO**

	Corsia 1		
<b>CO</b>	<b>6,21</b>		<b>[mc/s]</b>
<b>OP</b>	<b>10,23</b>		<b>[mc/s]</b>

$$Q_r = [(Q_{f,i.v.} \times f_h)] \times D \times (1/K_{lim}) \times L$$

dove:

$Q_{f,i.v.}$  = emissione base fumi  
 $f_h$  = fattore di altitudine  
 $D$  = densità veicoli per km  
 $K_{lim}$  = limite ammesso inquinamento  
 $L$  = lunghezza galleria

**PORTA MAX**

	Corsia 1		
<b>OP</b>	<b>10,23</b>		<b>[mc/s]</b>

**CALCOLO PRESSIONI/SPINTE**

	Corsia 1	Corsia 2	
Portata aria necessaria	10,23		[mc/s]
Velocità dell'aria necessaria	0,21		[m/s]
Portata aria per effetto pistone	-		[mc/s]
Velocità dell'aria effetto pistone	-		[m/s]
Direzione dell'aria senso di marcia	Corsia 1		
Margine di sicurezza	1		
Numero di Reynolds	102552		
e scabrezza relativa	0,18		[mm]
Fattore di attrito	0,025		
Sezione appar.pc	1,00		[mq]
Sezione appar LVD			[mq]
Sezione appar. veicolo pesante	5,20		[mq]
Fattori di calcolo	-1		
Resistenza VL	0,12		[Pa]
Resistenza LVD	0		[Pa]
Resistenza VP	0,62		[Pa]
Cadute di pressione meteo	80		[Pa]
Cadute di pressione effetto camino	1,07		[Pa]
Cadute di pressione moto aria	0,23		[Pa]
Cadute totali di pressione	82,04		[Pa]
Spinta totale	4036,22		[N]
<b>Spinta totale richiesta</b>	<b>6054,33</b>		<b>[N]</b>

(maggiorata secondo indicazioni circolare interministeriale francese n° 2000- 63 del 25 Agosto del 2000)

**CALCOLO VENTILATORI**

Caratteristiche JET-FANS		
Diametro girante	1.250	[mm]
Portata nominale	36,7	[mc/s]
Velocità nominale	29,9	[m/s]
Spinta teorica nominale	1.320	[N]
Potenza massima assorbita	37	[kW]
<b>Caratteristiche di esercizio</b>	<i>(funz. Ordin.)</i>	<i>(funz. Revers.)</i>
Rendimento di spinta	95%	88%
Rendimento di installazione	95%	95%
Rendimento intero sistema	100%	100%
Spinta effettiva di esercizio	1180	1093
		[N]

**Numero JET-FANS necessari**

**6**

**GALLERIA CARAVAGGIO - dir. A12**  
**CALCOLO VENTILAZIONE DI EMERGENZA**  
**(incendio a 150metri dall'imbocco - espulsione in discesa)**

DATI GALLERIA			DATI TERMOIGORMETRICI		
Tipo galleria	Monodirezionale		Temperatura esterna	15	[°C]
Nr. Corsie	1			288,15	[K]
Lunghezza fornice	2,049	[m]	Altitudine	144,50	[m s.l.m.]
Sezione	49,2	[mq]	Pressione ambiente	995,29	[mbar]
Perimetro	27,9	[m]	Densità aria esterna	1,205	[kg/mc]
Altezza massima in chiave	8,15	[m]	Viscosità dinamica	1,72E-05	[Pas]
Diametro idraulico	7,05	[m]	Viscosità Cinematica	1,42E-05	[mq/s]
Scabrezza equivalente	0,025	[m]			
Quota portale alto	158,0	[m]			
Quota portale basso	131,0	[m]			
Differenza di quota	27,0	[m]			
Quota media	144,5	[m]			
Pendenza media	1,32%	[%]			

DATI TRAFFICO			
TGM - Traffico medio giornaliero	14500		[vei/gg]
TOM - Traffico orario medio	580		[vei/h]
TP - Traffico di punta	1305		[vei/h]
	Corsia 1	Corsia 2	
TGM	14500	0	[vei/gg]
TOM	580	0	[vei/h]
TP	1305	0	[vei/h]
Mezzi pesanti	9%	0%	
LDV	0,0%	0%	
Veicoli leggeri	91%	0%	
Lunghezza media veicolo	8,2	0,0	[m]

CARATTERISTICHE INCENDIO			
Potenza termica di rif.	30		[MW]
Velocità di progetto	3		[m/s]
Progressiva sezione incendio	150,0		[m]
Lunghezza tratto freddo galleria	150,0		[m]
Lunghezza tratto caldo galleria	1.899,0		[m]
Altezza base fiamma	0,00		[m]
			Temperatura mix caldo 400,04 [K]
			Densità caldo 0,870 [kg/mc]
			Velocità aria tratto caldo 4,2 [m/s]
			Viscosità dinamica 2,38E-05 [Pas]
			Viscosità Cinematica 2,74E-05 [mq/s]

CALCOLO PRESSIONI/SPINTE			
	Corsia Fredda	Corsia Calda	
Traffico bloccato	SI		
% occupazione corsia	100%		
Tempo intervento per blocco traffico	5 minuti		
Nr.veicoli leggeri corsia bloccata	17		[vei]
Nr.veicoli LDV corsia bloccata	0		[vei]
Nr.veicoli pesanti corsia bloccata	2		[vei]
Sezione appar.pc	1,20		[mq]
Sezione appar LVD	0,00		[mq]
Sezione appar. veicolo pesante	5,98		[mq]
Portata d'aria necessaria	147,6		[mc/s]
RE	1.486.054		
Espulsione fumi in discesa	SI		
Espulsione fumi in salita	-		
Pendenza	-1,3%		
Fattore di attrito	0,025		
Perdita di carico VL	2,21		[Pa]
Perdita di carico LVD	0,00		[Pa]
Perdita di carica VP	1,09		[Pa]
Cadute di pressione a focolaio	13,06		[Pa]
Cadute di pressione meteo	80,00		[Pa]
Cadute di pressione camino	6,50		[Pa]
Cadute di pressione moto aria	66,50		[Pa]
Coefficiente di sicurezza	1,10		
Cadute di pressione totali	186,3		[Pa]
Spinta totale necessaria	9.165		[N]

(perdita al camino calcolata secondo direttiva austriaca)

CALCOLO VENTILATORI		
Caratteristiche JET-FANS		
Diametro girante	1.250	[mm]
Portata nominale	36,7	[mc/s]
Velocità nominale	29,9	[m/s]
Spinta teorica nominale	1.320	[N]
Potenza massima assorbita	37	[kW]

Caratteristiche di esercizio	Tratto freddo	Tratto caldo	
Rendimento di spinta	90%	85%	
Rendimento di installazione	95%	95%	
Rendimento intero sistema	100%	100%	
Spinta effettiva di esercizio	1.017	827	[N]

Numero JET-FANS necessari	11
Numero minimo installabile	12
Numero jet-fans installati	15

TOTALE SPINTA NOMINALE RICHIESTA	TOTALE SPINTA NOMINALE INSTALLATA
14.520 [N]	19.800 [N]

**GALLERIA CARAVAGGIO - dir. A12**  
**CALCOLO VENTILAZIONE DI EMERGENZA**  
(incendio a metà galleria - espulsione in discesa)

DATI GALLERIA		DATI TERMOIGORMETRICI	
Tipo galleria	Monodirezionale	Temperatura esterna	15 [°C]
Nr. Corsie	1	Altitudine	288,15 [K]
Lunghezza fornice	2.049 [m]	Pressione ambiente	995,29 [m s.l.m.]
Sezione	49,2 [mq]	Densità aria esterna	1,205 [kg/mc]
Perimetro	27,9 [m]	Viscosità dinamica	1,72E-05 [Pas]
Altezza massima in chiave	8,15 [m]	Viscosità Cinematica	1,42E-05 [mq/s]
Diametro idraulico	7,05 [m]		
Scabrezza equivalente	0,025 [m]		
Quota portale alto	158,0 [m]		
Quota portale basso	131,0 [m]		
Differenza di quota	27,0 [m]		
Quota media	144,5 [m]		
Pendenza media	1,32% [%]		
DATI TRAFFICO			
TGM - Traffico medio giornaliero	14500 [vei/gg]		
TOM - Traffico orario medio	580 [vei/h]		
TP - Traffico di punta	1305 [vei/h]		
	Corsia 1	Corsia 2	
TGM	14500	0	[vei/gg]
TOM	580	0	[vei/h]
TP	1305	0	[vei/h]
Mezzi pesanti	9%	0%	
LDV	0,0%	0%	
Veicoli leggeri	91%	0%	
Lunghezza media veicolo	8,2	0,0	[m]
CARATTERISTICHE INCENDIO			
Potenza termica di rif.	30 [MW]		
Velocità di progetto	3 [m/s]	Temperatura mix caldo	400,04 [K]
Progressiva sezione incendio	1.024,5 [m]	Densità caldo	0,870 [kg/mc]
Lunghezza tratto freddo galleria	1.024,5 [m]	Velocità aria tratto caldo	4,2 [m/s]
Lunghezza tratto caldo galleria	1.024,5 [m]	Viscosità dinamica	2,38E-05 [Pas]
Altezza base fiamma	0,00 [m]	Viscosità Cinematica	2,74E-05 [mq/s]
CALCOLO PRESSIONI/SPINTE			
	Corsia Fredda	Corsia Calda	
Traffico bloccato	SI		
% occupazione corsia	87%		
Tempo intervento per blocco traffico	5 minuti		
Nr.veicoli leggeri corsia bloccata	99		[vei]
Nr.veicoli LDV corsia bloccata	0		[vei]
Nr.veicoli pesanti corsia bloccata	10		[vei]
Sezione appar.pc	1,20		[mq]
Sezione appar LVD	0,00		[mq]
Sezione appar. veicolo pesante	5,98		[mq]
Portata d'aria necessaria	147,6		[mc/s]
RE	1.486.054		
Espulsione fumi in discesa	SI		
Espulsione fumi in salita	-		
Pendenza	-1,3%		
Fattore di attrito	0,025		
Perdita di carico VL	13,09		[Pa]
Perdita di carico LVD	0,00		[Pa]
Perdita di carica VP	6,45		[Pa]
Cadute di pressione a focolaio	13,06		[Pa]
Cadute di pressione meteo	80,00		[Pa]
Cadute di pressione camino	34,65		[Pa]
Cadute di pressione moto aria	59,98		[Pa]
Coefficiente di sicurezza	1,10		
Cadute di pressione totali	227,9		[Pa]
Spinta totale necessaria	11.215		[N]
			(perdita al camino calcolata secondo direttiva austriaca)
CALCOLO VENTILATORI			
Caratteristiche JET-FANS			
Diametro girante	1.250		[mm]
Portata nominale	36,7		[mc/s]
Velocità nominale	29,9		[m/s]
Spinta teorica nominale	1.320		[N]
Potenza massima assorbita	37		[kW]
Caratteristiche di esercizio	Tratto freddo	Tratto caldo	
Rendimento di spinta	90%	85%	
Rendimento di installazione	95%	95%	
Rendimento intero sistema	100%	100%	
Spinta effettiva di esercizio	1.017	827	[N]
Numero JET-FANS necessari	14		
Numero minimo installabile	15		
Numero jet-fans installati	15		
TOTALE SPINTA NOMINALE RICHIESTA		TOTALE SPINTA NOMINALE INSTALLATA	
18.480 [N]		19.800 [N]	



**GALLERIA CARAVAGGIO - dir. VAL FONTANABUONA**  
**CALCOLO VENTILAZIONE SANITARIA - TRAFFICO FLUIDO (v=60 km/h)**

DATI GALLERIA			DATI TERMOIGORMETRICI		
Tipo galleria	Urbana/Extraurbana		Temperatura esterna	15,00	[°C]
	Monodirezionale			288,15	[K]
Nr. Corsie	1		Umidità relativa esterna	50	[%]
Lunghezza fornice	2,049	[m]	Altitudine	144,50	[m s.l.m.]
Sezione	49	[mq]	Pressione ambiente	995,29	[mbar]
Perimetro	28	[m]	Densità aria esterna	1,200	[kg/mc]
Diametro idraulico	7,05	[m]	Viscosità dinamica	1,72E-05	[Pas]
Scabrezza equivalente	0,025	[m]	Viscosità Cinematica	1,43E-05	[mq/s]
Quota portale alto	158,00	[m]			
Quota portale basso	131,00	[m]			
Differenza di quota	27,00	[m]			
Quota media	144,50	[m]			
	Corsia 1	Corsia 2			
Pendenza media misurata	1,32%				

**DATI TRAFFICO**

TGM (Traffico Giornaliero Mezzi)	14.500	[vei/giorno]
TOM (Traffico Orario Mezzi)	580	[vei/h]
TP (Traffico di Picco)	1.305	[vei/h]
	Corsia 1	Corsia 2
TGM per corsia	14.500	[vei/giorno]
Traffico orario	580	[vei/h/corsia]
Traffico orario max	1.305	[vei/h/corsia]
Percent. Mezzi pesanti	9%	
Percent. veicoli leggeri Diesel	44%	
Percent. veicoli leggeri Benzina	47%	

**VELOCITA' DI PROGETTO**

	Corsia 1	Corsia 2	
Mezzi pesanti	60		[km/h]
Veicoli leggeri	60		[km/h]
Nr. mezzi pesanti	117		[vei/h]
Nr. veicoli leggeri diesel	570		[vei/h]
Nr. veicoli leggeri benzina	618		[vei/h]
Densità mezzi pesanti	2		[vei/km]
Densità veicoli leggeri diesel	10		[vei/km]
Densità veicoli leggeri benzina	10		[vei/km]
Nr. mezzi pesanti in galleria	4		[vei]
Nr. veicoli leggeri diesel in galleria	19		[vei]
Nr. veicoli leggeri benzina in galleria	21		[vei]

**COMPOSIZIONE PARCO VEICOLI PER NORMATIVE EURO (STIMA) E CALCOLO EMISSIONI PER GRUPPO A (\*)**

Anno di riferimento calcolo **2015**

**Composizione parco veicoli per normative EURO (\*)**

Veicoli EURO 6	0%
Veicoli EURO 5	18%
Veicoli EURO 4	16%
Veicoli EURO 3	33%
Veicoli EURO 2	11%
Veicoli EURO 1	5%
Veicoli Pre EURO	16%

(\*) Consistenza del parco veicolare dedotto da report annuale ISTAT/ACI anno 2011 riferiti alla regione Liguria

**CALCOLO EFFETTIVE EMISSIONI CON FATTORI CORRETTIVI (\*\*)**

**FATTORE CO VEICOLI LEGGERI A BENZINA**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[g/h]
Valore fattori q EURO 5	24,44		[g/h]
Valore fattori q EURO 4	24,44		[g/h]
Valore fattori q EURO 3	49,55		[g/h]
Valore fattori q EURO 2	54,67		[g/h]
Valore fattori q EURO 1	149,96		[g/h]
Valore fattori q Pre EURO	472,82		[g/h]
<b>Q</b>	<b>1,928</b>	<b>0,000</b>	<b>[mc/h]</b>

**FATTORE CO VEICOLI LEGGERI DIESEL**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[g/h]
Valore fattori q EURO 5	1,40		[g/h]
Valore fattori q EURO 4	1,50		[g/h]

**FATTORE OP VEICOLI LEGGERI DIESEL**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[mq/h]
Valore fattori q EURO 5	1,18		[mq/h]
Valore fattori q EURO 4	11,61		[mq/h]

Valore fattori q EURO 3	1,79		[g/h]	Valore fattori q EURO 3	14,81		[mq/h]
Valore fattori q EURO 2	13,19		[g/h]	Valore fattori q EURO 2	28,53		[mq/h]
Valore fattori q EURO 1	15,36		[g/h]	Valore fattori q EURO 1	37,41		[mq/h]
Valore fattori q Pre EURO	23,15		[g/h]	Valore fattori q Pre EURO	32,20		[mq/h]
<b>Q</b>	<b>0,104</b>	<b>0,000</b>	<b>[mc/h]</b>	Fattore rotolamento	7,90	-	[mq/h]
				<b>Q</b>	<b>501,63</b>	<b>0,00</b>	<b>[mq/h]</b>

**FATTORE CO MEZZI PESANTI**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[g/h]
Valore fattori q EURO 5	129,53		[g/h]
Valore fattori q EURO 4	129,02		[g/h]
Valore fattori q EURO 3	111,25		[g/h]
Valore fattori q EURO 2	95,81		[g/h]
Valore fattori q EURO 1	123,16		[g/h]
Valore fattori q Pre EURO	214,87		[g/h]
<b>Q</b>	<b>0,308</b>	<b>0,000</b>	<b>[mc/h]</b>

**FATTORE OP MEZZI PESANTI**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[mq/h]
Valore fattori q EURO 5	13,54		[mq/h]
Valore fattori q EURO 4	13,40		[mq/h]
Valore fattori q EURO 3	49,54		[mq/h]
Valore fattori q EURO 2	58,94		[mq/h]
Valore fattori q EURO 1	117,83		[mq/h]
Valore fattori q Pre EURO	191,43		[mq/h]
Fattore rotolamento	29,33	29,33	[mq/h]
<b>Q</b>	<b>262,14</b>	<b>0,00</b>	<b>[mq/h]</b>

(\*\*) Fonte: ROAD TUNNELS: VEHICLE EMISSION AND AIR DEMAND FOR VENTILATION - PIARC 2012

**PORTATE D'ARIA**

**PORTATE TOTALI INQUINATI**

	Corsia 1	Corsia 2	
<b>CO</b>	<b>2,34</b>	<b>0,00</b>	<b>[mc/h]</b>
<b>OP</b>	<b>763,78</b>	<b>0,00</b>	<b>[mq/h]</b>

$$Q_{CO} = [(Q_{CO,i.v.} \times f_h) / 3600] \times D \times (10^6 / CO_{lim}) \times L$$

dove:

$Q_{CO,i.v.}$  = emissione base CO  
 $f_h$  = fattore di altitudine  
 $D$  = densità veicoli per km  
 $CO_{lim}$  = limite ammesso inquinamento  
 $L$  = lunghezza galleria

**PORTATE TOTALI DI RINNOVO**

<b>CO</b>	<b>10,83</b>		<b>[mc/s]</b>
<b>OP</b>	<b>42,43</b>		<b>[mc/s]</b>

$$Q_r = [(Q_{f,i.v.} \times f_h)] \times D \times (1/K_{lim}) \times L$$

dove:

$Q_{f,i.v.}$  = emissione base fumi  
 $f_h$  = fattore di altitudine  
 $D$  = densità veicoli per km  
 $K_{lim}$  = limite ammesso inquinamento  
 $L$  = lunghezza galleria

**PORTA MAX**

	<b>42,43</b>		<b>[mc/s]</b>

**CALCOLO PRESSIONI/SPINTE**

	Corsia 1	Corsia 2	
Portata aria necessaria	42,43		[mc/s]
Velocità dell'aria necessaria	0,86		[m/s]
Portata aria per effetto pistone	54,27		[mc/s]
Velocità dell'aria effetto pistone	1,10		[m/s]
Direzione dell'aria senso di marcia	Corsia 1		
Margine di sicurezza	1		
Numero di Reynolds	425532		
e scabrezza relativa	0,18		[mm]
Fattore di attrito	0,025		
Sezione appar.pc	1,00		[mq]
Sezione appar. LVD			[mq]
Sezione appar. veicolo pesante	5,20		[mq]
Fattori di calcolo	-1		
Effetto pistone VL	-137,37		[Pa]
Effetto pistone LVD	0		[Pa]
Effetto pistone VP	-714,30		[Pa]
Cadute di pressione meteo	80		[Pa]
Cadute di pressione effetto camino	-1,07		[Pa]
Cadute di pressione moto aria	6,40		[Pa]
Cadute totali di pressione	-766,34		[Pa]
Spinta totale	-37703,87		[N]

**Spinta totale richiesta**

[N]

Galleria autoventilata

**CALCOLO VENTILATORI**

Caratteristiche JET-FANS		
Diametro girante	1.250	[mm]
Portata nominale	36,7	[mc/s]
Velocità nominale	29,9	[m/s]
Spinta teorica nominale	1.320	[N]
Potenza massima assorbita	37	[kW]

**Caratteristiche di esercizio**

	(funz. Ordin.)	(funz. Revers.)
Rendimento di spinta	95%	88%
Rendimento di installazione	95%	95%
Rendimento intero sistema	100%	100%
Spinta effettiva di esercizio		[N]

**Numero JET-FANS necessari**

Galleria autoventilata



**GALLERIA CARAVAGGIO - dir. VAL FONTANABUONA**  
**CALCOLO VENTILAZIONE SANITARIA - TRAFFICO CONGESTIONATO (v=10 km/h)**

DATI GALLERIA			DATI TERMOIGROMETRICI		
Tipo galleria	Urbana/Extraurbana Monodirezionale		Temperatura esterna	15,00	[°C]
Nr. Corsie	1			288,15	[K]
Lunghezza fornice	2,049	[m]	Umidità relativa esterna	50	[%]
Sezione	49	[mq]	Altitudine	144,50	[m s.l.m.]
Perimetro	28	[m]	Pressione ambiente	995,29	[mbar]
Diametro idraulico	7,05	[m]	Densità aria esterna	1,200	[kg/mc]
Scabrezza equivalente	0,025	[m]	Viscosità dinamica	1,72E-05	[Pas]
Quota portale alto	158,00	[m]	Viscosità Cinematica	1,43E-05	[mq/s]
Quota portale basso	131,00	[m]			
Differenza di quota	27,00	[m]			
Quota media	144,50	[m]			
	Corsia 1	Corsia 2			
Pendenza media misurata	1,32%				

**DATI TRAFFICO**

TGM (Traffico Giornaliero Mezzi)	14.500	[vei/giorno]
TOM (Traffico Orario Mezzi)	580	[vei/h]
TP (Traffico di Picco)	1.305	[vei/h]
	Corsia 1	Corsia 2
TGM per corsia	14.500	[vei/giorno]
Traffico orario	580	[vei/h/corsia]
Traffico orario max	1.305	[vei/h/corsia]
Percent. Mezzi pesanti	9%	
Percent. veicoli leggeri Diesel	44%	
Percent. veicoli leggeri Benzina	47%	

**VELOCITA' DI PROGETTO**

	Corsia 1	Corsia 2	
Mezzi pesanti	10		[km/h]
Veicoli leggeri	10		[km/h]
Nr. mezzi pesanti	117		[vei/h]
Nr. veicoli leggeri diesel	570		[vei/h]
Nr. veicoli leggeri benzina	618		[vei/h]
Densità mezzi pesanti	12		[vei/km]
Densità veicoli leggeri diesel	57		[vei/km]
Densità veicoli leggeri benzina	62		[vei/km]
Nr. mezzi pesanti in galleria	24		[vei]
Nr. veicoli leggeri diesel in galleria	117		[vei]
Nr. veicoli leggeri benzina in galleria	127		[vei]

**COMPOSIZIONE PARCO VEICOLI PER NORMATIVE EURO (STIMA) E CALCOLO EMISSIONI PER GRUPPO A (\*)**

Anno di riferimento calcolo **2015**

**Composizione parco veicoli per normative EURO (\*)**

Veicoli EURO 6	0%
Veicoli EURO 5	18%
Veicoli EURO 4	16%
Veicoli EURO 3	33%
Veicoli EURO 2	11%
Veicoli EURO 1	5%
Veicoli Pre EURO	16%

(\*) Consistenza del parco veicolare dedotto da report annuale ISTAT/ACI anno 2011 riferiti alla regione Liguria

**CALCOLO EFFETTIVE EMISSIONI CON FATTORI CORRETTIVI (\*\*)**

**FATTORE CO VEICOLI LEGGERI A BENZINA**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[g/h]
Valore fattori q EURO 5	11,77		[g/h]
Valore fattori q EURO 4	11,77		[g/h]
Valore fattori q EURO 3	14,04		[g/h]
Valore fattori q EURO 2	15,64		[g/h]
Valore fattori q EURO 1	20,45		[g/h]
Valore fattori q Pre EURO	189,60		[g/h]
<b>Q</b>	<b>4,328</b>	<b>0,000</b>	<b>[mc/h]</b>

**FATTORE CO VEICOLI LEGGERI DIESEL**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[g/h]
Valore fattori q EURO 5	3,66		[g/h]
Valore fattori q EURO 4	3,91		[g/h]

**FATTORE OP VEICOLI LEGGERI DIESEL**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[mq/h]
Valore fattori q EURO 5	0,38		[mq/h]
Valore fattori q EURO 4	3,62		[mq/h]

Valore fattori q EURO 3	4,68	[g/h]	Valore fattori q EURO 3	4,09	[mq/h]
Valore fattori q EURO 2	10,21	[g/h]	Valore fattori q EURO 2	7,57	[mq/h]
Valore fattori q EURO 1	11,88	[g/h]	Valore fattori q EURO 1	9,96	[mq/h]
Valore fattori q Pre EURO	17,91	[g/h]	Valore fattori q Pre EURO	8,55	[mq/h]
<b>Q</b>	<b>0,654</b>	<b>0,000</b>	Fattore rotolamento	1,32	-
			<b>Q</b>	<b>619,47</b>	<b>0,00</b>

**FATTORE CO MEZZI PESANTI**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[g/h]
Valore fattori q EURO 5	36,67		[g/h]
Valore fattori q EURO 4	36,62		[g/h]
Valore fattori q EURO 3	56,68		[g/h]
Valore fattori q EURO 2	46,89		[g/h]
Valore fattori q EURO 1	66,92		[g/h]
Valore fattori q Pre EURO	104,66		[g/h]
<b>Q</b>	<b>0,776</b>	<b>0,000</b>	<b>[mc/h]</b>

**FATTORE OP MEZZI PESANTI**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[mq/h]
Valore fattori q EURO 5	6,63		[mq/h]
Valore fattori q EURO 4	6,53		[mq/h]
Valore fattori q EURO 3	28,39		[mq/h]
Valore fattori q EURO 2	21,67		[mq/h]
Valore fattori q EURO 1	60,72		[mq/h]
Valore fattori q Pre EURO	90,62		[mq/h]
Fattore rotolamento	4,89	4,89	[mq/h]
<b>Q</b>	<b>544,23</b>	<b>0,00</b>	<b>[mq/h]</b>

(\*\*) Fonte: ROAD TUNNELS: VEHICLE EMISSION AND AIR DEMAND FOR VENTILATION - PIARC 2012

**PORTATE D'ARIA**

**PORTATE TOTALI INQUINATI**

	Corsia 1	Corsia 2	
<b>CO</b>	<b>5,76</b>	<b>0,00</b>	<b>[mc/h]</b>
<b>OP</b>	<b>1163,70</b>	<b>0,00</b>	<b>[mq/h]</b>

$$Q_{CO} = [(Q_{CO,i.v.} \times f_h) / 3600] \times D \times (10^6 / CO_{lim}) \times L$$

dove:

$Q_{CO,i.v.}$  = emissione base CO  
 $f_h$  = fattore di altitudine  
 $D$  = densità veicoli per km  
 $CO_{lim}$  = limite ammesso inquinamento  
 $L$  = lunghezza galleria

**PORTATE TOTALI DI RINNOVO**

<b>CO</b>	<b>19,05</b>	<b>[mc/s]</b>
<b>OP</b>	<b>46,18</b>	<b>[mc/s]</b>

$$Q_r = [(Q_{f,i.v.} \times f_h)] \times D \times (1/K_{lim}) \times L$$

dove:

$Q_{f,i.v.}$  = emissione base fumi  
 $f_h$  = fattore di altitudine  
 $D$  = densità veicoli per km  
 $K_{lim}$  = limite ammesso inquinamento  
 $L$  = lunghezza galleria

**PORTA MAX**

	<b>46,18</b>	<b>[mc/s]</b>

**CALCOLO PRESSIONI/SPINTE**

	Corsia 1	Corsia 2	
Portata aria necessaria	46,18		[mc/s]
Velocità dell'aria necessaria	0,94		[m/s]
Portata aria per effetto pistone	52,84		[mc/s]
Velocità dell'aria effetto pistone	1,07		[m/s]
Direzione dell'aria senso di marcia	Corsia 1		
Margine di sicurezza	1		
Numero di Reynolds	463104		
e scabrezza relativa	0,18		[mm]
Fattore di attrito	0,025		
Sezione appar.pc	1,00		[mq]
Sezione appar. LVD			[mq]
Sezione appar. veicolo pesante	5,20		[mq]
Fattori di calcolo	-1		
Effetto pistone VL	-22,89		[Pa]
Effetto pistone LVD	0		[Pa]
Effetto pistone VP	-119,05		[Pa]
Cadute di pressione meteo	80		[Pa]
Cadute di pressione effetto camino	-1,07		[Pa]
Cadute di pressione moto aria	6,06		[Pa]
Cadute totali di pressione	-56,95		[Pa]
Spinta totale	-2801,77		[N]

**Spinta totale richiesta**

**[N]**

**Galleria autoventilata**

**CALCOLO VENTILATORI**

Caratteristiche JET-FANS		
Diametro girante	1.250	[mm]
Portata nominale	36,7	[mc/s]
Velocità nominale	29,9	[m/s]
Spinta teorica nominale	1.320	[N]
Potenza massima assorbita	37	[kW]

**Caratteristiche di esercizio**

	(funz. Ordin.)	(funz. Revers.)
Rendimento di spinta	95%	88%
Rendimento di installazione	95%	95%
Rendimento intero sistema	100%	100%
Spinta effettiva di esercizio		[N]

**Numero JET-FANS necessari**

**Galleria autoventilata**

**GALLERIA CARAVAGGIO - dir. VAL FONTANABUONA**  
**CALCOLO VENTILAZIONE SANITARIA - TRAFFICO BLOCCATO (v=0 km/h)**

DATI GALLERIA			DATI TERMOIGORMETRICI		
Tipo galleria	Urbana/Extraurbana		Temperatura esterna	15,00	[°C]
	Monodirezionale			288,15	[K]
Nr. Corsie	1		Umidità relativa esterna	50	[%]
Lunghezza fornice	2,049	[m]	Altitudine	144,50	[m s.l.m.]
Sezione	49	[mq]	Pressione ambiente	995,29	[mbar]
Perimetro	28	[m]	Densità aria esterna	1,200	[kg/mc]
Diametro idraulico	7,05	[m]	Viscosità dinamica	1,72E-05	[Pas]
Scabrezza equivalente	0,025	[m]	Viscosità Cinematica	1,43E-05	[mq/s]
Quota portale alto	158,00	[m]			
Quota portale basso	131,00	[m]			
Differenza di quota	27,00	[m]			
Quota media	144,50	[m]			
	Corsia 1	Corsia 2			
Pendenza media misurata	1,32%				

**DATI TRAFFICO**

TGM (Traffico Giornaliero Mezzi)	14.500	[vei/giorno]
TOM (Traffico Orario Mezzi)	580	[vei/h]
TP (Traffico di Picco)	1.305	[vei/h]
	Corsia 1	Corsia 2
TGM per corsia	14.500	[vei/giorno]
Traffico orario	580	[vei/h/corsia]
Traffico orario max	1.305	[vei/h/corsia]
Percent. Mezzi pesanti	9%	
Percent. veicoli leggeri Diesel	44%	
Percent. veicoli leggeri Benzina	47%	

**VELOCITA' DI PROGETTO**

	Corsia 1	Corsia 2	
Mezzi pesanti	0		[km/h]
Veicoli leggeri	0		[km/h]
Nr. mezzi pesanti	0		[vei/h]
Nr. veicoli leggeri diesel	0		[vei/h]
Nr. veicoli leggeri benzina	0		[vei/h]
Densità mezzi pesanti	11		[vei/km]
Densità veicoli leggeri diesel	53		[vei/km]
Densità veicoli leggeri benzina	58		[vei/km]
Nr. mezzi pesanti in galleria	23		[vei]
Nr. veicoli leggeri diesel in galleria	109		[vei]
Nr. veicoli leggeri benzina in galleria	119		[vei]

**COMPOSIZIONE PARCO VEICOLI PER NORMATIVE EURO (STIMA) E CALCOLO EMISSIONI PER GRUPPO A (\*)**

Anno di riferimento calcolo	2015
<b>Composizione parco veicoli per normative EURO (*)</b>	
Veicoli EURO 6	0%
Veicoli EURO 5	18%
Veicoli EURO 4	16%
Veicoli EURO 3	33%
Veicoli EURO 2	11%
Veicoli EURO 1	5%
Veicoli Pre EURO	16%

(\*) Consistenza del parco veicolare dedotto da report annuale ISTAT/ACI anno 2011 riferiti alla regione Liguria

**CALCOLO EFFETTIVE EMISSIONI CON FATTORI CORRETTIVI (\*\*)**

**FATTORE CO VEICOLI LEGGERI A BENZINA**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[g/h]
Valore fattori q EURO 5	1,30		[g/h]
Valore fattori q EURO 4	1,30		[g/h]
Valore fattori q EURO 3	1,48		[g/h]
Valore fattori q EURO 2	1,51		[g/h]
Valore fattori q EURO 1	2,21		[g/h]
Valore fattori q Pre EURO	130,83		[g/h]
<b>Q</b>	<b>2,226</b>	<b>0,000</b>	<b>[mc/h]</b>

**FATTORE CO VEICOLI LEGGERI DIESEL**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[g/h]
Valore fattori q EURO 5	0,58		[g/h]
Valore fattori q EURO 4	0,62		[g/h]

**FATTORE OP VEICOLI LEGGERI DIESEL**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[mq/h]
Valore fattori q EURO 5	0,09		[mq/h]
Valore fattori q EURO 4	1,18		[mq/h]

Valore fattori q EURO 3	0,84		[g/h]	Valore fattori q EURO 3	1,50		[mq/h]
Valore fattori q EURO 2	2,18		[g/h]	Valore fattori q EURO 2	3,10		[mq/h]
Valore fattori q EURO 1	4,29		[g/h]	Valore fattori q EURO 1	3,29		[mq/h]
Valore fattori q Pre EURO	6,46		[g/h]	Valore fattori q Pre EURO	2,82		[mq/h]
<b>Q</b>	<b>0,166</b>	<b>0,000</b>	<b>[mc/h]</b>	Fattore rotolamento	-	-	[mq/h]
				<b>Q</b>	<b>98,23</b>	<b>0,00</b>	<b>[mq/h]</b>

**FATTORE CO MEZZI PESANTI**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[g/h]
Valore fattori q EURO 5	6,99		[g/h]
Valore fattori q EURO 4	6,93		[g/h]
Valore fattori q EURO 3	14,04		[g/h]
Valore fattori q EURO 2	18,92		[g/h]
Valore fattori q EURO 1	32,49		[g/h]
Valore fattori q Pre EURO	78,62		[g/h]
<b>Q</b>	<b>0,292</b>	<b>0,000</b>	<b>[mc/h]</b>

**FATTORE OP MEZZI PESANTI**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[mq/h]
Valore fattori q EURO 5	4,04		[mq/h]
Valore fattori q EURO 4	4,04		[mq/h]
Valore fattori q EURO 3	8,08		[mq/h]
Valore fattori q EURO 2	8,51		[mq/h]
Valore fattori q EURO 1	51,94		[mq/h]
Valore fattori q Pre EURO	69,09		[mq/h]
Fattore rotolamento	0,00	0,00	[mq/h]
<b>Q</b>	<b>233,10</b>	<b>0,00</b>	<b>[mq/h]</b>

(\*\*) Fonte: ROAD TUNNELS: VEHICLE EMISSION AND AIR DEMAND FOR VENTILATION - PIARC 2012

**PORTATE D'ARIA**
**PORTATE TOTALI INQUINATI**

	Corsia 1	Corsia 2	
<b>CO</b>	<b>2,68</b>	<b>0,00</b>	<b>[mc/h]</b>
<b>OP</b>	<b>331,32</b>	<b>0,00</b>	<b>[mq/h]</b>

$$Q_{CO} = [(Q_{CO,i.v.} \times f_h) / 3600] \times D \times (10^6 / CO_{lim}) \times L$$
 dove:

$Q_{CO,i.v.}$  = emissione base CO  
 $f_h$  = fattore di altitudine  
 $D$  = densità veicoli per km  
 $CO_{lim}$  = limite ammesso inquinamento  
 $L$  = lunghezza galleria

**PORTATE TOTALI DI RINNOVO**

	Corsia 1		
<b>CO</b>	<b>6,21</b>		<b>[mc/s]</b>
<b>OP</b>	<b>10,23</b>		<b>[mc/s]</b>

$$Q_r = [(Q_{f,i.v.} \times f_h)] \times D \times (1/K_{lim}) \times L$$
 dove:

$Q_{f,i.v.}$  = emissione base fumi  
 $f_h$  = fattore di altitudine  
 $D$  = densità veicoli per km  
 $K_{lim}$  = limite ammesso inquinamento  
 $L$  = lunghezza galleria

<b>PORTA MAX</b>	<b>10,23</b>	<b>[mc/s]</b>
------------------	--------------	---------------

**CALCOLO PRESSIONI/SPINTE**

	Corsia 1	Corsia 2	
Portata aria necessaria	10,23		[mc/s]
Velocità dell'aria necessaria	0,21		[m/s]
Portata aria per effetto pistone	-		[mc/s]
Velocità dell'aria effetto pistone	-		[m/s]
Direzione dell'aria senso di marcia	Corsia 1		
Margine di sicurezza	1		
Numero di Reynolds	102552		
e scabrezza relativa	0,18		[mm]
Fattore di attrito	0,025		
Sezione appar.pc	1,00		[mq]
Sezione appar. LVD			[mq]
Sezione appar. veicolo pesante	5,20		[mq]
Fattori di calcolo	-1		
Resistenza VL	0,12		[Pa]
Resistenza LVD	0		[Pa]
Resistenza VP	0,62		[Pa]
Cadute di pressione meteo	80		[Pa]
Cadute di pressione effetto camino	-1,07		[Pa]
Cadute di pressione moto aria	0,23		[Pa]
Cadute totali di pressione	79,91		[Pa]
Spinta totale	3931,42		[N]

**Spinta totale richiesta** **5897,13** **[N]** (maggiorata secondo indicazioni circolare interministeriale francese n° 2000- 63 del 25 Agosto del 2000)

**CALCOLO VENTILATORI**

<b>Caratteristiche JET-FANS</b>		
Diametro girante	1.250	[mm]
Portata nominale	36,7	[mc/s]
Velocità nominale	29,9	[m/s]
Spinta teorica nominale	1.320	[N]
Potenza massima assorbita	37	[kW]
<b>Caratteristiche di esercizio</b>		
Rendimento di spinta	(funz. Ordin.) 95%	(funz. Revers.) 88%
Rendimento di installazione	95%	95%
Rendimento intero sistema	100%	100%
Spinta effettiva di esercizio	1180	1093 [N]

**Numero JET-FANS necessari** **5**

**GALLERIA CARAVAGGIO - dir. VAL FONTANABUONA**  
**CALCOLO VENTILAZIONE DI EMERGENZA**  
**(incendio a 150metri dall'imbocco - espulsione in salita)**

DATI GALLERIA			DATI TERMOIGORMETRICI		
Tipo galleria	Monodirezionale		Temperatura esterna	15	[°C]
Nr. Corsie	1			288,15	[K]
Lunghezza fornice	2,049	[m]	Altitudine	144,50	[m s.l.m.]
Sezione	49,2	[mq]	Pressione ambiente	995,29	[mbar]
Perimetro	27,9	[m]	Densità aria esterna	1,205	[kg/mc]
Altezza massima in chiave	8,15	[m]	Viscosità dinamica	1,72E-05	[Pas]
Diametro idraulico	7,05	[m]	Viscosità Cinematica	1,42E-05	[mq/s]
Scabrezza equivalente	0,025	[m]			
Quota portale alto	158,0	[m]			
Quota portale basso	131,0	[m]			
Differenza di quota	27,0	[m]			
Quota media	144,5	[m]			
Pendenza media	1,32%	[%]			
DATI TRAFFICO					
TGM - Traffico medio giornaliero	14500	[vei/gg]			
TOM - Traffico orario medio	580	[vei/h]			
TP - Traffico di punta	1305	[vei/h]			
	Corsia 1	Corsia 2			
TGM	14500	0			[vei/gg]
TOM	580	0			[vei/h]
TP	1305	0			[vei/h]
Mezzi pesanti	9%	0%			
LDV	0,0%	0%			
Veicoli leggeri	91%	0%			
Lunghezza media veicolo	8,2	0,0			[m]
CARATTERISTICHE INCENDIO					
Potenza termica di rif.	30	[MW]	Temperatura mix caldo	400,04	[K]
Velocità di progetto	3	[m/s]	Densità caldo	0,870	[kg/mc]
Progressiva sezione incendio	150,0	[m]	Velocità aria tratto caldo	4,2	[m/s]
Lunghezza tratto freddo galleria	150,0	[m]	Viscosità dinamica	2,38E-05	[Pas]
Lunghezza tratto caldo galleria	1.899,0	[m]	Viscosità Cinematica	2,74E-05	[mq/s]
Altezza base fiamma	0,00	[m]			
CALCOLO PRESSIONI/SPINTE					
	Corsia Fredda	Corsia Calda			
Traffico bloccato	SI				
% occupazione corsia	100%				
Tempo intervento per blocco traffico	5 minuti				
Nr.veicoli leggeri corsia bloccata	17				[vei]
Nr.veicoli LDV corsia bloccata	0				[vei]
Nr.veicoli pesanti corsia bloccata	2				[vei]
Sezione appar.pc	1,20				[mq]
Sezione appar LVD	0,00				[mq]
Sezione appar. veicolo pesante	5,98				[mq]
Portata d'aria necessaria	147,6				[mc/s]
RE	1.486.054				
Espulsione fumi in discesa	SI				
Espulsione fumi in salita	SI				
Pendenza	1,3%				
Fattore di attrito	0,025				
Perdita di carico VL	2,21				[Pa]
Perdita di carico LVD	0,00				[Pa]
Perdita di carica VP	1,09				[Pa]
Cadute di pressione a focolaio	13,06				[Pa]
Cadute di pressione meteo	80,00				[Pa]
Cadute di pressione camino	-34,65				[Pa]
Cadute di pressione moto aria	66,50				[Pa]
Coefficiente di sicurezza	1,10				
Cadute di pressione totali	141,0				[Pa]
Spinta totale necessaria	6.939				[N]
					(perdita al camino calcolata secondo direttiva austriaca)
CALCOLO VENTILATORI					
Caratteristiche JET-FANS					
Diametro girante	1.250				[mm]
Portata nominale	36,7				[mc/s]
Velocità nominale	29,9				[m/s]
Spinta teorica nominale	1.320				[N]
Potenza massima assorbita	37				[kW]
<b>Caratteristiche di esercizio</b>	<i>Tratto freddo</i>	<i>Tratto caldo</i>			
Rendimento di spinta	90%	85%			
Rendimento di installazione	95%	95%			
Rendimento intero sistema	100%	100%			
Spinta effettiva di esercizio	1.017	827			[N]
Numero JET-FANS necessari	8				
Numero minimo installabile	9				
Numero jet-fans installati	11				
TOTALE SPINTA NOMINALE RICHIESTA			TOTALE SPINTA NOMINALE INSTALLATA		
	10.560 [N]		14.520 [N]		

**GALLERIA CARAVAGGIO - dir. VAL FONTANABUONA**  
**CALCOLO VENTILAZIONE DI EMERGENZA**  
**(incendio a metà galleria - espulsione in salita)**

DATI GALLERIA			DATI TERMOIGORMETRICI		
Tipo galleria	Monodirezionale		Temperatura esterna	15	[°C]
Nr. Corsie	1			288,15	[K]
Lunghezza fornice	2,049	[m]	Altitudine	144,50	[m s.l.m.]
Sezione	49,2	[mq]	Pressione ambiente	995,29	[mbar]
Perimetro	27,9	[m]	Densità aria esterna	1,205	[kg/mc]
Altezza massima in chiave	8,15	[m]	Viscosità dinamica	1,72E-05	[Pas]
Diametro idraulico	7,05	[m]	Viscosità Cinematica	1,42E-05	[mq/s]
Scabrezza equivalente	0,025	[m]			
Quota portale alto	158,0	[m]			
Quota portale basso	131,0	[m]			
Differenza di quota	27,0	[m]			
Quota media	144,5	[m]			
Pendenza media	1,32%	[%]			
DATI TRAFFICO					
TGM - Traffico medio giornaliero	14500	[vei/gg]			
TOM - Traffico orario medio	580	[vei/h]			
TP - Traffico di punta	1305	[vei/h]			
	Corsia 1	Corsia 2			
TGM	14500	0			[vei/gg]
TOM	580	0			[vei/h]
TP	1305	0			[vei/h]
Mezzi pesanti	9%	0%			
LDV	0,0%	0%			
Veicoli leggeri	91%	0%			
Lunghezza media veicolo	8,2	0,0			[m]
CARATTERISTICHE INCENDIO					
Potenza termica di rif.	30	[MW]	Temperatura mix caldo	400,04	[K]
Velocità di progetto	3	[m/s]	Densità caldo	0,870	[kg/mc]
Progressiva sezione incendio	1.024,5	[m]	Velocità aria tratto caldo	4,2	[m/s]
Lunghezza tratto freddo galleria	1.024,5	[m]	Viscosità dinamica	2,38E-05	[Pas]
Lunghezza tratto caldo galleria	1.024,5	[m]	Viscosità Cinematica	2,74E-05	[mq/s]
Altezza base fiamma	0,00	[m]			
CALCOLO PRESSIONI/SPINTE					
	Corsia Fredda	Corsia Calda			
Traffico bloccato	SI				
% occupazione corsia	87%				
Tempo intervento per blocco traffico	5 minuti				
Nr.veicoli leggeri corsia bloccata	99				[vei]
Nr.veicoli LDV corsia bloccata	0				[vei]
Nr.veicoli pesanti corsia bloccata	10				[vei]
Sezione appar.pc	1,20				[mq]
Sezione appar LVD	0,00				[mq]
Sezione appar. veicolo pesante	5,98				[mq]
Portata d'aria necessaria	147,6				[mc/s]
RE	1.486.054				
Espulsione fumi in discesa	SI				
Espulsione fumi in salita	SI				
Pendenza	1,3%				
Fattore di attrito	0,025				
Perdita di carico VL	13,09				[Pa]
Perdita di carico LVD	0,00				[Pa]
Perdita di carica VP	6,45				[Pa]
Cadute di pressione a focolaio	13,06				[Pa]
Cadute di pressione meteo	80,00				[Pa]
Cadute di pressione camino	-34,65				[Pa]
Cadute di pressione moto aria	59,98				[Pa]
Coefficiente di sicurezza	1,10				
Cadute di pressione totali	151,7				[Pa]
Spinta totale necessaria	7.465				[N]
CALCOLO VENTILATORI					
Caratteristiche JET-FANS					
Diametro girante	1.250				[mm]
Portata nominale	36,7				[mc/s]
Velocità nominale	29,9				[m/s]
Spinta teorica nominale	1.320				[N]
Potenza massima assorbita	37				[kW]
	Tratto freddo	Tratto caldo			
Rendimento di spinta	90%	85%			
Rendimento di installazione	95%	95%			
Rendimento intero sistema	100%	100%			
Spinta effettiva di esercizio	1.017	827			[N]
Numero JET-FANS necessari	9				
Numero minimo installabile	10				
Numero jet-fans installati	11				
TOTALE SPINTA NOMINALE RICHIESTA			TOTALE SPINTA NOMINALE INSTALLATA		
11.880 [N]			14.520 [N]		

**GALLERIA CARAVAGGIO - dir. VAL FONTANABUONA**  
**CALCOLO VENTILAZIONE DI EMERGENZA**  
**(incendio a 150metri dall'uscita - espulsione in salita)**

DATI GALLERIA			DATI TERMOIGORMETRICI		
Tipo galleria	Monodirezionale		Temperatura esterna	15	[°C]
Nr. Corsie	1			288,15	[K]
Lunghezza fornice	2,049	[m]	Altitudine	144,50	[m s.l.m.]
Sezione	49,2	[mq]	Pressione ambiente	995,29	[mbar]
Perimetro	27,9	[m]	Densità aria esterna	1,205	[kg/mc]
Altezza massima in chiave	8,15	[m]	Viscosità dinamica	1,72E-05	[Pas]
Diametro idraulico	7,05	[m]	Viscosità Cinematica	1,42E-05	[mq/s]
Scabrezza equivalente	0,025	[m]			
Quota portale alto	158,0	[m]			
Quota portale basso	131,0	[m]			
Differenza di quota	27,0	[m]			
Quota media	144,5	[m]			
Pendenza media	1,32%	[%]			
DATI TRAFFICO					
TGM - Traffico medio giornaliero	14500	[vei/gg]			
TOM - Traffico orario medio	580	[vei/h]			
TP - Traffico di punta	1305	[vei/h]			
	Corsia 1	Corsia 2			
TGM	14500	0			[vei/gg]
TOM	580	0			[vei/h]
TP	1305	0			[vei/h]
Mezzi pesanti	9%	0%			
LDV	0,0%	0%			
Veicoli leggeri	91%	0%			
Lunghezza media veicolo	8,2	0,0			[m]
CARATTERISTICHE INCENDIO					
Potenza termica di rif.	30	[MW]	Temperatura mix caldo	400,04	[K]
Velocità di progetto	3	[m/s]	Densità caldo	0,870	[kg/mc]
Progressiva sezione incendio	1.899,0	[m]	Velocità aria tratto caldo	4,2	[m/s]
Lunghezza tratto freddo galleria	1.899,0	[m]	Viscosità dinamica	2,38E-05	[Pas]
Lunghezza tratto caldo galleria	150,0	[m]	Viscosità Cinematica	2,74E-05	[mq/s]
Altezza base fiamma	0,00	[m]			
CALCOLO PRESSIONI/SPINTE					
	Corsia Fredda	Corsia Calda			
Traffico bloccato	SI				
% occupazione corsia	47%				
Tempo intervento per blocco traffico	5 minuti				
Nr.veicoli leggeri corsia bloccata	99				[vei]
Nr.veicoli LDV corsia bloccata	0				[vei]
Nr.veicoli pesanti corsia bloccata	10				[vei]
Sezione appar.pc	1,20				[mq]
Sezione appar LVD	0,00				[mq]
Sezione appar. veicolo pesante	5,98				[mq]
Portata d'aria necessaria	147,6				[mc/s]
RE	1.486.054				
Espulsione fumi in discesa	SI				
Espulsione fumi in salita	SI				
Pendenza	1,3%				
Fattore di attrito	0,025				
Perdita di carico VL	13,09				[Pa]
Perdita di carico LVD	0,00				[Pa]
Perdita di carica VP	6,45				[Pa]
Cadute di pressione a focolaio	13,06				[Pa]
Cadute di pressione meteo	80,00				[Pa]
Cadute di pressione camino	-6,50				[Pa]
Cadute di pressione moto aria	53,45				[Pa]
Coefficiente di sicurezza	1,10				
Cadute di pressione totali	175,5				[Pa]
Spinta totale necessaria	8.635				[N]
CALCOLO VENTILATORI					
Caratteristiche JET-FANS					
Diametro girante	1.250				[mm]
Portata nominale	36,7				[mc/s]
Velocità nominale	29,9				[m/s]
Spinta teorica nominale	1.320				[N]
Potenza massima assorbita	37				[kW]
	Tratto freddo	Tratto caldo			
Rendimento di spinta	90%	85%			
Rendimento di installazione	95%	95%			
Rendimento intero sistema	100%	100%			
Spinta effettiva di esercizio	1.017	827			[N]
Numero JET-FANS necessari	10				
Numero minimo installabile	11				
Numero jet-fans installati	11				
TOTALE SPINTA NOMINALE RICHIESTA			TOTALE SPINTA NOMINALE INSTALLATA		
13.200 [N]			14.520 [N]		



**GALLERIA FONTANABUONA - dir. A12**  
**CALCOLO VENTILAZIONE SANITARIA - TRAFFICO FLUIDO (v=60 km/h)**

DATI GALLERIA			DATI TERMOIGORMETRICI		
Tipo galleria	Urbana/Extraurbana		Temperatura esterna	15,00	[°C]
	Monodirezionale			288,15	[K]
Nr. Corsie	1		Umidità relativa esterna	50	[%]
Lunghezza fornice	2.550	[m]	Altitudine	183,50	[m s.l.m.]
Sezione	49	[mq]	Pressione ambiente	990,50	[mbar]
Perimetro	28	[m]	Densità aria esterna	1,194	[kg/mc]
Diametro idraulico	7,05	[m]	Viscosità dinamica	1,72E-05	[Pas]
Scabrezza equivalente	0,025	[m]	Viscosità Cinematica	1,44E-05	[mq/s]
Quota portale alto	207,00	[m]			
Quota portale basso	160,00	[m]			
Differenza di quota	47,00	[m]			
Quota media	183,50	[m]			
	Corsia 1	Corsia 2			
Pendenza media misurata	-1,84%				

**DATI TRAFFICO**

TGM (Traffico Giornaliero Mezzi)	14.500	[vei/giorno]
TOM (Traffico Orario Mezzi)	580	[vei/h]
TP (Traffico di Picco)	1.305	[vei/h]
	Corsia 1	Corsia 2
TGM per corsia	14.500	[vei/giorno]
Traffico orario	580	[vei/h/corsia]
Traffico orario max	1.305	[vei/h/corsia]
Percent. Mezzi pesanti	9%	
Percent. veicoli leggeri Diesel	44%	
Percent. veicoli leggeri Benzina	47%	

**VELOCITA' DI PROGETTO**

	Corsia 1	Corsia 2	
Mezzi pesanti	60		[km/h]
Veicoli leggeri	60		[km/h]
Nr. mezzi pesanti	117		[vei/h]
Nr. veicoli leggeri diesel	570		[vei/h]
Nr. veicoli leggeri benzina	618		[vei/h]
Densità mezzi pesanti	2		[vei/km]
Densità veicoli leggeri diesel	10		[vei/km]
Densità veicoli leggeri benzina	10		[vei/km]
Nr. mezzi pesanti in galleria	5		[vei]
Nr. veicoli leggeri diesel in galleria	24		[vei]
Nr. veicoli leggeri benzina in galleria	26		[vei]

**COMPOSIZIONE PARCO VEICOLI PER NORMATIVE EURO (STIMA) E CALCOLO EMISSIONI PER GRUPPO A (\*)**

Anno di riferimento calcolo **2015**

**Composizione parco veicoli per normative EURO (\*)**

Veicoli EURO 6	0%
Veicoli EURO 5	18%
Veicoli EURO 4	16%
Veicoli EURO 3	33%
Veicoli EURO 2	11%
Veicoli EURO 1	5%
Veicoli Pre EURO	16%

(\*) Consistenza del parco veicolare dedotto da report annuale ISTAT/ACI anno 2011 riferiti alla regione Liguria

**CALCOLO EFFETTIVE EMISSIONI CON FATTORI CORRETTIVI (\*\*)**

**FATTORE CO VEICOLI LEGGERI A BENZINA**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[g/h]
Valore fattori q EURO 5	10,89		[g/h]
Valore fattori q EURO 4	10,89		[g/h]
Valore fattori q EURO 3	12,56		[g/h]
Valore fattori q EURO 2	13,87		[g/h]
Valore fattori q EURO 1	44,60		[g/h]
Valore fattori q Pre EURO	267,79		[g/h]
<b>Q</b>	<b>1,180</b>	<b>0,000</b>	<b>[mc/h]</b>

**FATTORE CO VEICOLI LEGGERI DIESEL**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[g/h]
Valore fattori q EURO 5	1,99		[g/h]
Valore fattori q EURO 4	2,12		[g/h]

**FATTORE OP VEICOLI LEGGERI DIESEL**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[mq/h]
Valore fattori q EURO 5	0,24		[mq/h]
Valore fattori q EURO 4	2,49		[mq/h]

Valore fattori q EURO 3	2,54		[g/h]	Valore fattori q EURO 3	2,44		[mq/h]
Valore fattori q EURO 2	9,97		[g/h]	Valore fattori q EURO 2	4,61		[mq/h]
Valore fattori q EURO 1	11,60		[g/h]	Valore fattori q EURO 1	6,02		[mq/h]
Valore fattori q Pre EURO	17,49		[g/h]	Valore fattori q Pre EURO	5,17		[mq/h]
<b>Q</b>	<b>0,110</b>	<b>0,000</b>	<b>[mc/h]</b>	Fattore rotolamento	7,90	-	[mq/h]
				<b>Q</b>	<b>436,76</b>	<b>0,00</b>	<b>[mq/h]</b>

**FATTORE CO MEZZI PESANTI**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[g/h]
Valore fattori q EURO 5	19,30		[g/h]
Valore fattori q EURO 4	19,57		[g/h]
Valore fattori q EURO 3	47,61		[g/h]
Valore fattori q EURO 2	36,53		[g/h]
Valore fattori q EURO 1	55,50		[g/h]
Valore fattori q Pre EURO	84,35		[g/h]
<b>Q</b>	<b>0,120</b>	<b>0,000</b>	<b>[mc/h]</b>

**FATTORE OP MEZZI PESANTI**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[mq/h]
Valore fattori q EURO 5	4,51		[mq/h]
Valore fattori q EURO 4	4,84		[mq/h]
Valore fattori q EURO 3	26,18		[mq/h]
Valore fattori q EURO 2	14,90		[mq/h]
Valore fattori q EURO 1	52,50		[mq/h]
Valore fattori q Pre EURO	70,88		[mq/h]
Fattore rotolamento	29,33	29,33	[mq/h]
<b>Q</b>	<b>218,73</b>	<b>0,00</b>	<b>[mq/h]</b>

(\*\*) Fonte: ROAD TUNNELS: VEHICLE EMISSION AND AIR DEMAND FOR VENTILATION - PIARC 2012

**PORTATE D'ARIA**

**PORTATE TOTALI INQUINATI**

	Corsia 1	Corsia 2	
<b>CO</b>	<b>1,41</b>	<b>0,00</b>	<b>[mc/h]</b>
<b>OP</b>	<b>655,50</b>	<b>0,00</b>	<b>[mq/h]</b>

$$Q_{CO} = [(Q_{CO,i.v.} \times f_h) / 3600] \times D \times (10^6 / CO_{lim}) \times L$$

dove:

$Q_{CO,i.v.}$  = emissione base CO  
 $f_h$  = fattore di altitudine  
 $D$  = densità veicoli per km  
 $CO_{lim}$  = limite ammesso inquinamento  
 $L$  = lunghezza galleria

**PORTATE TOTALI DI RINNOVO**

<b>CO</b>	<b>6,56</b>	<b>[mc/s]</b>
<b>OP</b>	<b>36,42</b>	<b>[mc/s]</b>

$$Q_f = [(Q_{f,i.v.} \times f_h)] \times D \times (1/K_{lim}) \times L$$

dove:

$Q_{f,i.v.}$  = emissione base fumi  
 $f_h$  = fattore di altitudine  
 $D$  = densità veicoli per km  
 $K_{lim}$  = limite ammesso inquinamento  
 $L$  = lunghezza galleria

<b>PORTA MAX</b>	<b>36,42</b>	<b>[mc/s]</b>

**CALCOLO PRESSIONI/SPINTE**

	Corsia 1	Corsia 2	
Portata aria necessaria	36,42		[mc/s]
Velocità dell'aria necessaria	0,74		[m/s]
Portata aria per effetto pistone	50,16		[mc/s]
Velocità dell'aria effetto pistone	1,02		[m/s]
Direzione dell'aria senso di marcia	Corsia 1		
Margine di sicurezza	1		
Numero di Reynolds	363440		
e scabrezza relativa	0,18		[mm]
Fattore di attrito	0,025		
Sezione appar.pc	1,00		[mq]
Sezione appar. LVD			[mq]
Sezione appar. veicolo pesante	5,20		[mq]
Fattori di calcolo	-1		
Effetto pistone VL	-170,15		[Pa]
Effetto pistone LVD	0		[Pa]
Effetto pistone VP	-884,77		[Pa]
Cadute di pressione meteo	80		[Pa]
Cadute di pressione effetto camino	3,21		[Pa]
Cadute di pressione moto aria	6,54		[Pa]
Cadute totali di pressione	-965,17		[Pa]
<b>Spinta totale richiesta</b>			<b>[N]</b>

Galleria autoventilata

**CALCOLO VENTILATORI**

Caratteristiche JET-FANS		
Diametro girante	1.250	[mm]
Portata nominale	36,7	[mc/s]
Velocità nominale	29,9	[m/s]
Spinta teorica nominale	1.320	[N]
Potenza massima assorbita	37	[kW]
<b>Caratteristiche di esercizio</b>	<i>(funz. Ordin.)</i>	<i>(funz. Revers.)</i>
Rendimento di spinta	95%	88%
Rendimento di installazione	95%	95%
Rendimento intero sistema	100%	100%
Spinta effettiva di esercizio		[N]

Numero JET-FANS necessari **Galleria autoventilata**

**GALLERIA FONTANABUONA - dir. A12**  
**CALCOLO VENTILAZIONE SANITARIA - TRAFFICO CONGESTIONATO (v=10 km/h)**

DATI GALLERIA			DATI TERMOIGROMETRICI		
Tipo galleria	Urbana/Extraurbana		Temperatura esterna	15,00	[°C]
Nr. Corsie	Monodirezionale			288,15	[K]
Lunghezza fornice	2,550	[m]	Umidità relativa esterna	50	[%]
Sezione	49	[mq]	Altitudine	183,50	[m s.l.m.]
Perimetro	28	[m]	Pressione ambiente	990,50	[mbar]
Diametro idraulico	7,05	[m]	Densità aria esterna	1,194	[kg/mc]
Scabrezza equivalente	0,025	[m]	Viscosità dinamica	1,72E-05	[Pas]
Quota portale alto	207,00	[m]	Viscosità Cinematica	1,44E-05	[mq/s]
Quota portale basso	160,00	[m]			
Differenza di quota	47,00	[m]			
Quota media	183,50	[m]			
	Corsia 1	Corsia 2			
Pendenza media misurata	-1,84%				

**DATI TRAFFICO**

TGM (Traffico Giornaliero Mezzi)	14.500	[vei/giorno]
TOM (Traffico Orario Mezzi)	580	[vei/h]
TP (Traffico di Picco)	1.305	[vei/h]
	Corsia 1	Corsia 2
TGM per corsia	14.500	[vei/giorno]
Traffico orario	580	[vei/h/corsia]
Traffico orario max	1.305	[vei/h/corsia]
Percent. Mezzi pesanti	9%	
Percent. veicoli leggeri Diesel	44%	
Percent. veicoli leggeri Benzina	47%	

**VELOCITA' DI PROGETTO**

	Corsia 1	Corsia 2	
Mezzi pesanti	10		[km/h]
Veicoli leggeri	10		[km/h]
Nr. mezzi pesanti	117		[vei/h]
Nr. veicoli leggeri diesel	570		[vei/h]
Nr. veicoli leggeri benzina	618		[vei/h]
Densità mezzi pesanti	12		[vei/km]
Densità veicoli leggeri diesel	57		[vei/km]
Densità veicoli leggeri benzina	62		[vei/km]
Nr. mezzi pesanti in galleria	30		[vei]
Nr. veicoli leggeri diesel in galleria	145		[vei]
Nr. veicoli leggeri benzina in galleria	157		[vei]

**COMPOSIZIONE PARCO VEICOLI PER NORMATIVE EURO (STIMA) E CALCOLO EMISSIONI PER GRUPPO A (\*)**

Anno di riferimento calcolo 2015

**Composizione parco veicoli per normative EURO (\*)**

Veicoli EURO 6	0%
Veicoli EURO 5	18%
Veicoli EURO 4	16%
Veicoli EURO 3	33%
Veicoli EURO 2	11%
Veicoli EURO 1	5%
Veicoli Pre EURO	16%

(\*) Consistenza del parco veicolare dedotto da report annuale ISTAT/ACI anno 2011 riferiti alla regione Liguria

**CALCOLO EFFETTIVE EMISSIONI CON FATTORI CORRETTIVI (\*\*)**

**FATTORE CO VEICOLI LEGGERI A BENZINA**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[g/h]
Valore fattori q EURO 5	9,60		[g/h]
Valore fattori q EURO 4	9,60		[g/h]
Valore fattori q EURO 3	10,04		[g/h]
Valore fattori q EURO 2	14,50		[g/h]
Valore fattori q EURO 1	19,39		[g/h]
Valore fattori q Pre EURO	168,66		[g/h]
<b>Q</b>	<b>4,678</b>	<b>0,000</b>	<b>[mc/h]</b>

**FATTORE CO VEICOLI LEGGERI DIESEL**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[g/h]
Valore fattori q EURO 5	0,84		[g/h]
Valore fattori q EURO 4	0,90		[g/h]

**FATTORE OP VEICOLI LEGGERI DIESEL**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[mq/h]
Valore fattori q EURO 5	0,14		[mq/h]
Valore fattori q EURO 4	1,46		[mq/h]

Valore fattori q EURO 3	1,07		[g/h]	Valore fattori q EURO 3	1,22		[mq/h]
Valore fattori q EURO 2	9,64		[g/h]	Valore fattori q EURO 2	2,26		[mq/h]
Valore fattori q EURO 1	11,22		[g/h]	Valore fattori q EURO 1	2,96		[mq/h]
Valore fattori q Pre EURO	16,91		[g/h]	Valore fattori q Pre EURO	2,54		[mq/h]
<b>Q</b>	<b>0,550</b>	<b>0,000</b>	<b>[mc/h]</b>	Fattore rotolamento	1,32	-	[mq/h]
				<b>Q</b>	<b>515,39</b>	<b>0,00</b>	<b>[mq/h]</b>

**FATTORE CO MEZZI PESANTI**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[g/h]
Valore fattori q EURO 5	17,27		[g/h]
Valore fattori q EURO 4	17,17		[g/h]
Valore fattori q EURO 3	44,16		[g/h]
Valore fattori q EURO 2	33,68		[g/h]
Valore fattori q EURO 1	51,95		[g/h]
Valore fattori q Pre EURO	78,59		[g/h]
<b>Q</b>	<b>0,666</b>	<b>0,000</b>	<b>[mc/h]</b>

**FATTORE OP MEZZI PESANTI**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[mq/h]
Valore fattori q EURO 5	3,06		[mq/h]
Valore fattori q EURO 4	2,96		[mq/h]
Valore fattori q EURO 3	24,82		[mq/h]
Valore fattori q EURO 2	12,69		[mq/h]
Valore fattori q EURO 1	49,26		[mq/h]
Valore fattori q Pre EURO	61,38		[mq/h]
Fattore rotolamento	4,89	4,89	[mq/h]
<b>Q</b>	<b>529,77</b>	<b>0,00</b>	<b>[mq/h]</b>

(\*\*) Fonte: ROAD TUNNELS: VEHICLE EMISSION AND AIR DEMAND FOR VENTILATION - PIARC 2012

**PORTATE D'ARIA**

**PORTATE TOTALI INQUINATI**

	Corsia 1	Corsia 2	
<b>CO</b>	<b>5,89</b>	<b>0,00</b>	<b>[mc/h]</b>
<b>OP</b>	<b>1045,16</b>	<b>0,00</b>	<b>[mq/h]</b>

$$Q_{CO} = [(Q_{CO,IV} \times f_n) / 3600] \times D \times (10^6 / CO_{lim}) \times L$$

dove:

$Q_{CO,IV}$  = emissione base CO  
 $f_n$  = fattore di altitudine  
 $D$  = densità veicoli per km  
 $CO_{lim}$  = limite ammesso inquinamento  
 $L$  = lunghezza galleria

**PORTATE TOTALI DI RINNOVO**

<b>CO</b>	<b>19,58</b>	<b>[mc/s]</b>
<b>OP</b>	<b>41,47</b>	<b>[mc/s]</b>

$$Q_r = [(Q_{f,IV} \times f_n)] \times D \times (1/K_{lim}) \times L$$

dove:

$Q_{f,IV}$  = emissione base fumi  
 $f_n$  = fattore di altitudine  
 $D$  = densità veicoli per km  
 $K_{lim}$  = limite ammesso inquinamento  
 $L$  = lunghezza galleria

**PORTA MAX**

	<b>41,47</b>	<b>[mc/s]</b>

**CALCOLO PRESSIONI/SPINTE**

	Corsia 1	Corsia 2	
Portata aria necessaria	41,47		[mc/s]
Velocità dell'aria necessaria	0,84		[m/s]
Portata aria per effetto pistone	48,87		[mc/s]
Velocità dell'aria effetto pistone	0,99		[m/s]
Direzione dell'aria senso di marcia	Corsia 1		
Margine di sicurezza	1		
Numero di Reynolds e scabrezza relativa	413923		
Fattore di attrito	0,18		[mm]
Sezione appar.pc	0,025		
Sezione appar. LVD	1,00		[mq]
Sezione appar. veicolo pesante	5,20		[mq]
Fattori di calcolo	-1		
Effetto pistone VL	-28,36		[Pa]
Effetto pistone LVD	0		[Pa]
Effetto pistone VP	-147,46		[Pa]
Cadute di pressione meteo	80		[Pa]
Cadute di pressione effetto camino	3,21		[Pa]
Cadute di pressione moto aria	6,21		[Pa]
Cadute totali di pressione	-86,40		[Pa]
Spinta totale	-4250,88		[N]

**Spinta totale richiesta**

[N]

Galleria autoventilata

**CALCOLO VENTILATORI**

<b>Caratteristiche JET-FANS</b>		
Diametro girante	1.250	[mm]
Portata nominale	36,7	[mc/s]
Velocità nominale	29,9	[m/s]
Spinta teorica nominale	1.320	[N]
Potenza massima assorbita	37	[kW]
<b>Caratteristiche di esercizio</b>		
Rendimento di spinta	(funz. Ordin.)	(funz. Revers.)
	95%	88%
Rendimento di installazione	95%	95%
Rendimento intero sistema	100%	100%
Spinta effettiva di esercizio		[N]

**Numero JET-FANS necessari**

Galleria autoventilata

**GALLERIA FONTANABUONA - dir. A12**  
**CALCOLO VENTILAZIONE SANITARIA - TRAFFICO BLOCCATO (v=0 km/h)**

DATI GALLERIA			DATI TERMOIGORMETRICI		
Tipo galleria	Urbana/Extraurbana		Temperatura esterna	15,00	[°C]
	Monodirezionale			288,15	[K]
Nr. Corsie	1		Umidità relativa esterna	50	[%]
Lunghezza fornice	2.550	[m]	Altitudine	183,50	[m s.l.m.]
Sezione	49	[mq]	Pressione ambiente	990,50	[mbar]
Perimetro	28	[m]	Densità aria esterna	1,194	[kg/mc]
Diametro idraulico	7,05	[m]	Viscosità dinamica	1,72E-05	[Pas]
Scabrezza equivalente	0,025	[m]	Viscosità Cinematica	1,44E-05	[mq/s]
Quota portale alto	207,00	[m]			
Quota portale basso	160,00	[m]			
Differenza di quota	47,00	[m]			
Quota media	183,50	[m]			
	Corsia 1	Corsia 2			
Pendenza media misurata	-1,84%				

**DATI TRAFFICO**

TGM (Traffico Giornaliero Mezzi)	14.500	[vei/giorno]
TOM (Traffico Orario Mezzi)	580	[vei/h]
TP (Traffico di Picco)	1.305	[vei/h]
	Corsia 1	Corsia 2
TGM per corsia	14.500	[vei/giorno]
Traffico orario	580	[vei/h/corsia]
Traffico orario max	1.305	[vei/h/corsia]
Percent. Mezzi pesanti	9%	
Percent. veicoli leggeri Diesel	44%	
Percent. veicoli leggeri Benzina	47%	

**VELOCITA' DI PROGETTO**

	Corsia 1	Corsia 2	
Mezzi pesanti	0		[km/h]
Veicoli leggeri	0		[km/h]
Nr. mezzi pesanti	0		[vei/h]
Nr. veicoli leggeri diesel	0		[vei/h]
Nr. veicoli leggeri benzina	0		[vei/h]
Densità mezzi pesanti	11		[vei/km]
Densità veicoli leggeri diesel	53		[vei/km]
Densità veicoli leggeri benzina	58		[vei/km]
Nr. mezzi pesanti in galleria	28		[vei]
Nr. veicoli leggeri diesel in galleria	136		[vei]
Nr. veicoli leggeri benzina in galleria	148		[vei]

**COMPOSIZIONE PARCO VEICOLI PER NORMATIVE EURO (STIMA) E CALCOLO EMISSIONI PER GRUPPO A (\*)**

Anno di riferimento calcolo	2015
<b>Composizione parco veicoli per normative EURO (*)</b>	
Veicoli EURO 6	0%
Veicoli EURO 5	18%
Veicoli EURO 4	16%
Veicoli EURO 3	33%
Veicoli EURO 2	11%
Veicoli EURO 1	5%
Veicoli Pre EURO	16%

(\*) Consistenza del parco veicolare dedotto da report annuale ISTAT/ACI anno 2011 riferiti alla regione Liguria

**CALCOLO EFFETTIVE EMISSIONI CON FATTORI CORRETTIVI (\*\*)**

**FATTORE CO VEICOLI LEGGERI A BENZINA**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[g/h]
Valore fattori q EURO 5	1,30		[g/h]
Valore fattori q EURO 4	1,30		[g/h]
Valore fattori q EURO 3	1,48		[g/h]
Valore fattori q EURO 2	1,51		[g/h]
Valore fattori q EURO 1	2,21		[g/h]
Valore fattori q Pre EURO	130,83		[g/h]
<b>Q</b>	<b>2,771</b>	<b>0,000</b>	<b>[mc/h]</b>

**FATTORE CO VEICOLI LEGGERI DIESEL**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[g/h]
Valore fattori q EURO 5	0,58		[g/h]
Valore fattori q EURO 4	0,62		[g/h]

**FATTORE OP VEICOLI LEGGERI DIESEL**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[mq/h]
Valore fattori q EURO 5	0,09		[mq/h]
Valore fattori q EURO 4	1,18		[mq/h]

Valore fattori q EURO 3	0,84		[g/h]	Valore fattori q EURO 3	1,50		[mq/h]
Valore fattori q EURO 2	2,18		[g/h]	Valore fattori q EURO 2	3,10		[mq/h]
Valore fattori q EURO 1	4,29		[g/h]	Valore fattori q EURO 1	3,29		[mq/h]
Valore fattori q Pre EURO	6,46		[g/h]	Valore fattori q Pre EURO	2,82		[mq/h]
<b>Q</b>	<b>0,206</b>	<b>0,000</b>	<b>[mc/h]</b>	Fattore rotolamento	-	-	[mq/h]
				<b>Q</b>	<b>122,26</b>	<b>0,00</b>	<b>[mq/h]</b>

**FATTORE CO MEZZI PESANTI**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[g/h]
Valore fattori q EURO 5	6,99		[g/h]
Valore fattori q EURO 4	6,93		[g/h]
Valore fattori q EURO 3	14,04		[g/h]
Valore fattori q EURO 2	18,92		[g/h]
Valore fattori q EURO 1	32,49		[g/h]
Valore fattori q Pre EURO	78,62		[g/h]
<b>Q</b>	<b>0,364</b>	<b>0,000</b>	<b>[mc/h]</b>

**FATTORE OP MEZZI PESANTI**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[mq/h]
Valore fattori q EURO 5	4,04		[mq/h]
Valore fattori q EURO 4	4,04		[mq/h]
Valore fattori q EURO 3	8,08		[mq/h]
Valore fattori q EURO 2	8,51		[mq/h]
Valore fattori q EURO 1	51,94		[mq/h]
Valore fattori q Pre EURO	69,09		[mq/h]
Fattore rotolamento	0,00	0,00	[mq/h]
<b>Q</b>	<b>290,13</b>	<b>0,00</b>	<b>[mq/h]</b>

(\*\*) Fonte: ROAD TUNNELS: VEHICLE EMISSION AND AIR DEMAND FOR VENTILATION - PIARC 2012

**PORTATE D'ARIA**

**PORTATE TOTALI INQUINATI**

	Corsia 1	Corsia 2	
<b>CO</b>	<b>3,34</b>	<b>0,00</b>	<b>[mc/h]</b>
<b>OP</b>	<b>412,38</b>	<b>0,00</b>	<b>[mq/h]</b>

$$Q_{CO} = [(Q_{CO,i.v.} \times f_h) / 3600] \times D \times (10^6 / CO_{lim}) \times L$$

dove:

$Q_{CO,i.v.}$  = emissione base CO  
 $f_h$  = fattore di altitudine  
 $D$  = densità veicoli per km  
 $CO_{lim}$  = limite ammesso inquinamento  
 $L$  = lunghezza galleria

**PORTATE TOTALI DI RINNOVO**

<b>CO</b>	<b>7,77</b>	<b>[mc/s]</b>
<b>OP</b>	<b>12,73</b>	<b>[mc/s]</b>

$$Q_r = [(Q_{f,i.v.} \times f_h)] \times D \times (1/K_{lim}) \times L$$

dove:

$Q_{f,i.v.}$  = emissione base fumi  
 $f_h$  = fattore di altitudine  
 $D$  = densità veicoli per km  
 $K_{lim}$  = limite ammesso inquinamento  
 $L$  = lunghezza galleria

**PORTA MAX**

	<b>12,73</b>	<b>[mc/s]</b>

**CALCOLO PRESSIONI/SPINTE**

	Corsia 1	Corsia 2	
Portata aria necessaria	12,73		[mc/s]
Velocità dell'aria necessaria	0,26		[m/s]
Portata aria per effetto pistone	-		[mc/s]
Velocità dell'aria effetto pistone	-		[m/s]
Direzione dell'aria senso di marcia	Corsia 1		
Margine di sicurezza	1		
Numero di Reynolds e scabrezza relativa	127025		
Fattore di attrito	0,18		[mm]
Sezione appar.pc	0,025		
Sezione appar LVD	1,00		[mq]
Sezione appar. veicolo pesante	5,20		[mq]
Fattori di calcolo	-1		
Resistenza VL	0,23		[Pa]
Resistenza LVD	0		[Pa]
Resistenza VP	1,20		[Pa]
Cadute di pressione meteo	80		[Pa]
Cadute di pressione effetto camino	3,21		[Pa]
Cadute di pressione moto aria	0,42		[Pa]
Cadute totali di pressione	85,06		[Pa]
Spinta totale	4185,06		[N]
<b>Spinta totale richiesta</b>	<b>6277,59</b>		<b>[N]</b>

(maggiorata secondo indicazioni circolare interministeriale francese n° 2000- 63 del 25 Agosto del 2000)

**CALCOLO VENTILATORI**

Caratteristiche JET-FANS		
Diametro girante	1.250	[mm]
Portata nominale	36,7	[mc/s]
Velocità nominale	29,9	[m/s]
Spinta teorica nominale	1.320	[N]
Potenza massima assorbita	37	[kW]
<b>Caratteristiche di esercizio</b>	<i>(funz. Ordin.)</i>	<i>(funz. Revers.)</i>
Rendimento di spinta	95%	88%
Rendimento di installazione	95%	95%
Rendimento intero sistema	100%	100%
Spinta effettiva di esercizio	1172	1086 [N]

**Numero JET-FANS necessari**

**6**

**GALLERIA FONTANABUONA - dir. A12**  
**CALCOLO VENTILAZIONE DI EMERGENZA**  
**(incendio a 150metri dall'imbocco - espulsione in discesa)**

DATI GALLERIA			DATI TERMOIGORMETRICI		
Tipo galleria	Monodirezionale		Temperatura esterna	15	[°C]
Nr. Corsie	1			288,15	[K]
Lunghezza fornice	2.550	[m]	Altitudine	183,50	[m s.l.m.]
Sezione	49,2	[mq]	Pressione ambiente	990,50	[mbar]
Perimetro	27,9	[m]	Densità aria esterna	1,201	[kg/mc]
Altezza massima in chiave	8,15	[m]	Viscosità dinamica	1,72E-05	[Pas]
Diametro idraulico	7,05	[m]	Viscosità Cinematica	1,43E-05	[mq/s]
Scabrezza equivalente	0,025	[m]			
Quota portale alto	207,0	[m]			
Quota portale basso	160,0	[m]			
Differenza di quota	47,0	[m]			
Quota media	183,5	[m]			
Pendenza media	1,84%	[%]			

DATI TRAFFICO			
TGM - Traffico medio giornaliero	14500		[vei/gg]
TOM - Traffico orario medio	580		[vei/h]
TP - Traffico di punta	1305		[vei/h]
	Corsia 1	Corsia 2	
TGM	14500	0	[vei/gg]
TOM	580	0	[vei/h]
TP	1305	0	[vei/h]
Mezzi pesanti	9%	0%	
LDV	0,0%	0%	
Veicoli leggeri	91%	0%	
Lunghezza media veicolo	8,2	0,0	[m]

CARATTERISTICHE INCENDIO			
Potenza termica di rif.	30		[MW]
Velocità di progetto	3		[m/s]
Progressiva sezione incendio	150,0		[m]
Lunghezza tratto freddo galleria	150,0		[m]
Lunghezza tratto caldo galleria	2.400,3		[m]
Altezza base fiamma	0,00		[m]
			Temperatura mix caldo 400,45 [K]
			Densità caldo 0,866 [kg/mc]
			Velocità aria tratto caldo 4,2 [m/s]
			Viscosità dinamica 2,38E-05 [Pas]
			Viscosità Cinematica 2,75E-05 [mq/s]

CALCOLO PRESSIONI/SPINTE			
	Corsia Fredda	Corsia Calda	
Traffico bloccato	SI		
% occupazione corsia	100%		
Tempo intervento per blocco traffico	5 minuti		
Nr.veicoli leggeri corsia bloccata	17		[vei]
Nr.veicoli LDV corsia bloccata	0		[vei]
Nr.veicoli pesanti corsia bloccata	2		[vei]
Sezione appar.pc	1,20		[mq]
Sezione appar LVD	0,00		[mq]
Sezione appar. veicolo pesante	5,98		[mq]
Portata d'aria necessaria	147,6		[mc/s]
RE	1.478.898		
Espulsione fumi in discesa	SI		
Espulsione fumi in salita	-		
Pendenza	-1,8%		
Fattore di attrito	0,025		
Perdita di carico VL	2,20		[Pa]
Perdita di carico LVD	0,00		[Pa]
Perdita di carica VP	1,08		[Pa]
Cadute di pressione a focolaio	13,05		[Pa]
Cadute di pressione meteo	80,00		[Pa]
Cadute di pressione camino	9,08		[Pa]
Cadute di pressione moto aria	79,66		[Pa]
Coefficiente di sicurezza	1,08		
Cadute di pressione totali	199,9		[Pa]
Spinta totale necessaria	9.833		[N]

(perdita al camino calcolata secondo direttiva austriaca)

CALCOLO VENTILATORI			
Caratteristiche JET-FANS			
Diametro girante	1.250		[mm]
Portata nominale	36,7		[mc/s]
Velocità nominale	29,9		[m/s]
Spinta teorica nominale	1.320		[N]
Potenza massima assorbita	37		[kW]

Caratteristiche di esercizio		
	Tratto freddo	Tratto caldo
Rendimento di spinta	90%	85%
Rendimento di installazione	95%	95%
Rendimento intero sistema	100%	100%
Spinta effettiva di esercizio	1.013	824

Numero JET-FANS necessari	12
Numero minimo installabile	13
Numero jet-fans installati	16

TOTALE SPINTA NOMINALE RICHIESTA	TOTALE SPINTA NOMINALE INSTALLATA
15.840 [N]	21.120 [N]



**GALLERIA FONTANABUONA - dir. A12**  
**CALCOLO VENTILAZIONE DI EMERGENZA**  
(incendio a metà galleria - espulsione in discesa)

DATI GALLERIA			DATI TERMOIGORMETRICI		
Tipo galleria	Monodirezionale		Temperatura esterna	15	[°C]
Nr. Corsie	1			288,15	[K]
Lunghezza fornice	2.550	[m]	Altitudine	183,50	[m s.l.m.]
Sezione	49,2	[mq]	Pressione ambiente	990,50	[mbar]
Perimetro	27,9	[m]	Densità aria esterna	1,201	[kg/mc]
Altezza massima in chiave	8,15	[m]	Viscosità dinamica	1,72E-05	[Pas]
Diametro idraulico	7,05	[m]	Viscosità Cinematica	1,43E-05	[mq/s]
Scabrezza equivalente	0,025	[m]			
Quota portale alto	207,0	[m]			
Quota portale basso	160,0	[m]			
Differenza di quota	47,0	[m]			
Quota media	183,5	[m]			
Pendenza media	1,84%	[%]			
DATI TRAFFICO					
TGM - Traffico medio giornaliero	14500	[vei/gg]			
TOM - Traffico orario medio	580	[vei/h]			
TP - Traffico di punta	1305	[vei/h]			
	Corsia 1	Corsia 2			
TGM	14500	0			[vei/gg]
TOM	580	0			[vei/h]
TP	1305	0			[vei/h]
Mezzi pesanti	9%	0%			
LDV	0,0%	0%			
Veicoli leggeri	91%	0%			
Lunghezza media veicolo	8,2	0,0			[m]
CARATTERISTICHE INCENDIO					
Potenza termica di rif.	30	[MW]	Temperatura mix caldo	400,45	[K]
Velocità di progetto	3	[m/s]	Densità caldo	0,866	[kg/mc]
Progressiva sezione incendio	1.275,2	[m]	Velocità aria tratto caldo	4,2	[m/s]
Lunghezza tratto freddo galleria	1.275,2	[m]	Viscosità dinamica	2,38E-05	[Pas]
Lunghezza tratto caldo galleria	1.275,2	[m]	Viscosità Cinematica	2,75E-05	[mq/s]
Altezza base fiamma	0,00	[m]			
CALCOLO PRESSIONI/SPINTE					
	Corsia Fredda	Corsia Calda			
Traffico bloccato	SI				
% occupazione corsia	70%				
Tempo intervento per blocco traffico	5 minuti				
Nr.veicoli leggeri corsia bloccata	99				[vei]
Nr.veicoli LDV corsia bloccata	0				[vei]
Nr.veicoli pesanti corsia bloccata	10				[vei]
Sezione appar.pc	1,20				[mq]
Sezione appar LVD	0,00				[mq]
Sezione appar. veicolo pesante	5,98				[mq]
Portata d'aria necessaria	147,6				[mc/s]
RE	1.478.898				
Espulsione fumi in discesa	SI				
Espulsione fumi in salita	-				
Pendenza	-1,8%				
Fattore di attrito	0,025				
Perdita di carico VL	13,04				[Pa]
Perdita di carico LVD	0,00				[Pa]
Perdita di carica VP	6,43				[Pa]
Cadute di pressione a focolaio	13,05				[Pa]
Cadute di pressione meteo	80,00				[Pa]
Cadute di pressione camino	48,41				[Pa]
Cadute di pressione moto aria	71,26				[Pa]
Coefficiente di sicurezza	1,10				
Cadute di pressione totali	255,4				[Pa]
Spinta totale necessaria	12.566				[N]
CALCOLO VENTILATORI					
Caratteristiche JET-FANS					
Diametro girante	1.250				[mm]
Portata nominale	36,7				[mc/s]
Velocità nominale	29,9				[m/s]
Spinta teorica nominale	1.320				[N]
Potenza massima assorbita	37				[kW]
	Tratto freddo	Tratto caldo			
Rendimento di spinta	90%	85%			
Rendimento di installazione	95%	95%			
Rendimento intero sistema	100%	100%			
Spinta effettiva di esercizio	1.013	824			[N]
Numero JET-FANS necessari	15				
Numero minimo installabile	16				
Numero jet-fans installati	16				
TOTALE SPINTA NOMINALE RICHIESTA		TOTALE SPINTA NOMINALE INSTALLATA			
19.800 [N]		21.120 [N]			

(perdita al camino calcolata secondo direttiva austriaca)

**GALLERIA FONTANABUONA - dir. A12**  
**CALCOLO VENTILAZIONE DI EMERGENZA**  
(incendio a 150metri dall'uscita - espulsione in discesa)

DATI GALLERIA			DATI TERMOIGORMETRICI		
Tipo galleria	Monodirezionale		Temperatura esterna	15	[°C]
Nr. Corsie	1			288,15	[K]
Lunghezza fornice	2.550	[m]	Altitudine	183,50	[m s.l.m.]
Sezione	49,2	[mq]	Pressione ambiente	990,50	[mbar]
Perimetro	27,9	[m]	Densità aria esterna	1,201	[kg/mc]
Altezza massima in chiave	8,15	[m]	Viscosità dinamica	1,72E-05	[Pas]
Diametro idraulico	7,05	[m]	Viscosità Cinematica	1,43E-05	[mq/s]
Scabrezza equivalente	0,025	[m]			
Quota portale alto	207,0	[m]			
Quota portale basso	160,0	[m]			
Differenza di quota	47,0	[m]			
Quota media	183,5	[m]			
Pendenza media	1,84%	[%]			
DATI TRAFFICO					
TGM - Traffico medio giornaliero	14500	[vei/gg]			
TOM - Traffico orario medio	580	[vei/h]			
TP - Traffico di punta	1305	[vei/h]			
	Corsia 1	Corsia 2			
TGM	14500	0			[vei/gg]
TOM	580	0			[vei/h]
TP	1305	0			[vei/h]
Mezzi pesanti	9%	0%			
LDV	0,0%	0%			
Veicoli leggeri	91%	0%			
Lunghezza media veicolo	8,2	0,0			[m]
CARATTERISTICHE INCENDIO					
Potenza termica di rif.	30	[MW]	Temperatura mix caldo	400,45	[K]
Velocità di progetto	3	[m/s]	Densità caldo	0,866	[kg/mc]
Progressiva sezione incendio	2.400,3	[m]	Velocità aria tratto caldo	4,2	[m/s]
Lunghezza tratto freddo galleria	2.400,3	[m]	Viscosità dinamica	2,38E-05	[Pas]
Lunghezza tratto caldo galleria	150,0	[m]	Viscosità Cinematica	2,75E-05	[mq/s]
Altezza base fiamma	0,00	[m]			
CALCOLO PRESSIONI/SPINTE					
	Corsia Fredda	Corsia Calda			
Traffico bloccato	SI				
% occupazione corsia	37%				
Tempo intervento per blocco traffico	5 minuti				
Nr.veicoli leggeri corsia bloccata	99				[vei]
Nr.veicoli LDV corsia bloccata	0				[vei]
Nr.veicoli pesanti corsia bloccata	10				[vei]
Sezione appar.pc	1,20				[mq]
Sezione appar LVD	0,00				[mq]
Sezione appar. veicolo pesante	5,98				[mq]
Portata d'aria necessaria	147,6				[mc/s]
RE	1.478.898				
Espulsione fumi in discesa	SI				
Espulsione fumi in salita	-				
Pendenza	-1,8%				
Fattore di attrito	0,025				
Perdita di carico VL	13,04				[Pa]
Perdita di carico LVD	0,00				[Pa]
Perdita di carica VP	6,43				[Pa]
Cadute di pressione a focolaio	13,05				[Pa]
Cadute di pressione meteo	80,00				[Pa]
Cadute di pressione camino	48,41				[Pa]
Cadute di pressione moto aria	62,86				[Pa]
Coefficiente di sicurezza	1,10				
Cadute di pressione totali	246,2				[Pa]
Spinta totale necessaria	12.111				[N]
CALCOLO VENTILATORI					
Caratteristiche JET-FANS					
Diametro girante	1.250				[mm]
Portata nominale	36,7				[mc/s]
Velocità nominale	29,9				[m/s]
Spinta teorica nominale	1.320				[N]
Potenza massima assorbita	37				[kW]
	Tratto freddo	Tratto caldo			
Rendimento di spinta	90%	85%			
Rendimento di installazione	95%	95%			
Rendimento intero sistema	100%	100%			
Spinta effettiva di esercizio	1.013	824			[N]
Numero JET-FANS necessari	15				
Numero minimo installabile	16				
Numero jet-fans installati	16				
TOTALE SPINTA NOMINALE RICHIESTA		TOTALE SPINTA NOMINALE INSTALLATA			
19.800 [N]		21.120 [N]			

**GALLERIA FONTANABUONA - dir. VAL FONTANABUONA**  
**CALCOLO VENTILAZIONE SANITARIA - TRAFFICO FLUIDO (v=60 km/h)**

DATI GALLERIA			DATI TERMOIGORMETRICI		
Tipo galleria	Urbana/Extraurbana		Temperatura esterna	15,00	[°C]
	Monodirezionale			288,15	[K]
Nr. Corsie	1		Umidità relativa esterna	50	[%]
Lunghezza fornice	2.550	[m]	Altitudine	183,50	[m s.l.m.]
Sezione	49	[mq]	Pressione ambiente	990,50	[mbar]
Perimetro	28	[m]	Densità aria esterna	1,194	[kg/mc]
Diametro idraulico	7,05	[m]	Viscosità dinamica	1,72E-05	[Pas]
Scabrezza equivalente	0,025	[m]	Viscosità Cinematica	1,44E-05	[mq/s]
Quota portale alto	207,00	[m]			
Quota portale basso	160,00	[m]			
Differenza di quota	47,00	[m]			
Quota media	183,50	[m]			
	Corsia 1	Corsia 2			
Pendenza media misurata	1,84%				

**DATI TRAFFICO**

TGM (Traffico Giornaliero Mezzi)	14.500	[vei/giorno]
TOM (Traffico Orario Mezzi)	580	[vei/h]
TP (Traffico di Picco)	1.305	[vei/h]
	Corsia 1	Corsia 2
TGM per corsia	14.500	[vei/giorno]
Traffico orario	580	[vei/h/corsia]
Traffico orario max	1.305	[vei/h/corsia]
Percent. Mezzi pesanti	9%	
Percent. veicoli leggeri Diesel	44%	
Percent. veicoli leggeri Benzina	47%	

**VELOCITA' DI PROGETTO**

	Corsia 1	Corsia 2	
Mezzi pesanti	60		[km/h]
Veicoli leggeri	60		[km/h]
Nr. mezzi pesanti	117		[vei/h]
Nr. veicoli leggeri diesel	570		[vei/h]
Nr. veicoli leggeri benzina	618		[vei/h]
Densità mezzi pesanti	2		[vei/km]
Densità veicoli leggeri diesel	10		[vei/km]
Densità veicoli leggeri benzina	10		[vei/km]
Nr. mezzi pesanti in galleria	5		[vei]
Nr. veicoli leggeri diesel in galleria	24		[vei]
Nr. veicoli leggeri benzina in galleria	26		[vei]

**COMPOSIZIONE PARCO VEICOLI PER NORMATIVE EURO (STIMA) E CALCOLO EMISSIONI PER GRUPPO A (\*)**

Anno di riferimento calcolo **2015**

**Composizione parco veicoli per normative EURO (\*)**

Veicoli EURO 6	0%
Veicoli EURO 5	18%
Veicoli EURO 4	16%
Veicoli EURO 3	33%
Veicoli EURO 2	11%
Veicoli EURO 1	5%
Veicoli Pre EURO	16%

(\*) Consistenza del parco veicolare dedotto da report annuale ISTAT/ACI anno 2011 riferiti alla regione Liguria

**CALCOLO EFFETTIVE EMISSIONI CON FATTORI CORRETTIVI (\*\*)**

**FATTORE CO VEICOLI LEGGERI A BENZINA**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[g/h]
Valore fattori q EURO 5	24,44		[g/h]
Valore fattori q EURO 4	24,44		[g/h]
Valore fattori q EURO 3	49,55		[g/h]
Valore fattori q EURO 2	54,67		[g/h]
Valore fattori q EURO 1	149,96		[g/h]
Valore fattori q Pre EURO	472,82		[g/h]
<b>Q</b>	<b>2,400</b>	<b>0,000</b>	<b>[mc/h]</b>

**FATTORE CO VEICOLI LEGGERI DIESEL**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[g/h]
Valore fattori q EURO 5	1,40		[g/h]
Valore fattori q EURO 4	1,50		[g/h]

**FATTORE OP VEICOLI LEGGERI DIESEL**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[mq/h]
Valore fattori q EURO 5	1,18		[mq/h]
Valore fattori q EURO 4	11,61		[mq/h]

Valore fattori q EURO 3	1,79		[g/h]	Valore fattori q EURO 3	14,81		[mq/h]
Valore fattori q EURO 2	13,19		[g/h]	Valore fattori q EURO 2	28,53		[mq/h]
Valore fattori q EURO 1	15,36		[g/h]	Valore fattori q EURO 1	37,41		[mq/h]
Valore fattori q Pre EURO	23,15		[g/h]	Valore fattori q Pre EURO	32,20		[mq/h]
<b>Q</b>	<b>0,129</b>	<b>0,000</b>	<b>[mc/h]</b>	Fattore rotolamento	7,90	-	[mq/h]
				<b>Q</b>	<b>624,36</b>	<b>0,00</b>	<b>[mq/h]</b>

**FATTORE CO MEZZI PESANTI**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[g/h]
Valore fattori q EURO 5	129,53		[g/h]
Valore fattori q EURO 4	129,02		[g/h]
Valore fattori q EURO 3	111,25		[g/h]
Valore fattori q EURO 2	95,81		[g/h]
Valore fattori q EURO 1	123,16		[g/h]
Valore fattori q Pre EURO	214,87		[g/h]
<b>Q</b>	<b>0,383</b>	<b>0,000</b>	<b>[mc/h]</b>

**FATTORE OP MEZZI PESANTI**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[mq/h]
Valore fattori q EURO 5	13,54		[mq/h]
Valore fattori q EURO 4	13,40		[mq/h]
Valore fattori q EURO 3	49,54		[mq/h]
Valore fattori q EURO 2	58,94		[mq/h]
Valore fattori q EURO 1	117,83		[mq/h]
Valore fattori q Pre EURO	191,43		[mq/h]
Fattore rotolamento	29,33	29,33	[mq/h]
<b>Q</b>	<b>326,28</b>	<b>0,00</b>	<b>[mq/h]</b>

(\*\*) Fonte: ROAD TUNNELS: VEHICLE EMISSION AND AIR DEMAND FOR VENTILATION - PIARC 2012

**PORTATE D'ARIA**

**PORTATE TOTALI INQUINATI**

	Corsia 1	Corsia 2	
<b>CO</b>	<b>2,91</b>	<b>0,00</b>	<b>[mc/h]</b>
<b>OP</b>	<b>950,64</b>	<b>0,00</b>	<b>[mq/h]</b>

$$Q_{CO} = [(Q_{CO,i.v.} \times f_h) / 3600] \times D \times (10^6 / CO_{lim}) \times L$$

dove:

$Q_{CO,i.v.}$  = emissione base CO  
 $f_h$  = fattore di altitudine  
 $D$  = densità veicoli per km  
 $CO_{lim}$  = limite ammesso inquinamento  
 $L$  = lunghezza galleria

**PORTATE TOTALI DI RINNOVO**

<b>CO</b>	<b>13,55</b>		<b>[mc/s]</b>
<b>OP</b>	<b>52,81</b>		<b>[mc/s]</b>

$$Q_r = [(Q_{f,i.v.} \times f_h)] \times D \times (1/K_{lim}) \times L$$

dove:

$Q_{f,i.v.}$  = emissione base fumi  
 $f_h$  = fattore di altitudine  
 $D$  = densità veicoli per km  
 $K_{lim}$  = limite ammesso inquinamento  
 $L$  = lunghezza galleria

**PORTA MAX**

	<b>52,81</b>		<b>[mc/s]</b>

**CALCOLO PRESSIONI/SPINTE**

	Corsia 1	Corsia 2	
Portata aria necessaria	52,81		[mc/s]
Velocità dell'aria necessaria	1,07		[m/s]
Portata aria per effetto pistone	50,16		[mc/s]
Velocità dell'aria effetto pistone	1,02		[m/s]
Direzione dell'aria senso di marcia	Corsia 1		
Margine di sicurezza	1		
Numero di Reynolds	527083		
e scabrezza relativa	0,18		[mm]
Fattore di attrito	0,025		
Sezione appar.pc	1,00		[mq]
Sezione appar. LVD			[mq]
Sezione appar. veicolo pesante	5,20		[mq]
Fattori di calcolo	-1		
Effetto pistone VL	-170,15		[Pa]
Effetto pistone LVD	0		[Pa]
Effetto pistone VP	-884,77		[Pa]
Cadute di pressione meteo	80		[Pa]
Cadute di pressione effetto camino	-3,21		[Pa]
Cadute di pressione moto aria	7,25		[Pa]
Cadute totali di pressione	-970,88		[Pa]
<b>Spinta totale richiesta</b>			<b>[N]</b>

Galleria autoventilata

**CALCOLO VENTILATORI**

Caratteristiche JET-FANS			
Diametro girante	1.250	[mm]	
Portata nominale	36,7	[mc/s]	
Velocità nominale	29,9	[m/s]	
Spinta teorica nominale	1.320	[N]	
Potenza massima assorbita	37	[kW]	
<b>Caratteristiche di esercizio</b>	<i>(funz. Ordin.)</i>	<i>(funz. Revers.)</i>	
Rendimento di spinta	95%	88%	
Rendimento di installazione	95%	95%	
Rendimento intero sistema	100%	100%	
Spinta effettiva di esercizio			[N]

Numero JET-FANS necessari

Galleria autoventilata

**GALLERIA FONTANABUONA - dir. VAL FONTANABUONA**  
**CALCOLO VENTILAZIONE SANITARIA - TRAFFICO CONGESTIONATO (v=10 km/h)**

DATI GALLERIA			DATI TERMOIGORMETRICI		
Tipo galleria	Urbana/Extraurbana		Temperatura esterna	15,00	[°C]
Nr. Corsie	Monodirezionale			288,15	[K]
Lunghezza fornice	2.550	[m]	Umidità relativa esterna	50	[%]
Sezione	49	[mq]	Altitudine	183,50	[m s.l.m.]
Perimetro	28	[m]	Pressione ambiente	990,50	[mbar]
Diametro idraulico	7,05	[m]	Densità aria esterna	1,194	[kg/mc]
Scabrezza equivalente	0,025	[m]	Viscosità dinamica	1,72E-05	[Pas]
Quota portale alto	207,00	[m]	Viscosità Cinematica	1,44E-05	[mq/s]
Quota portale basso	160,00	[m]			
Differenza di quota	47,00	[m]			
Quota media	183,50	[m]			
	Corsia 1	Corsia 2			
Pendenza media misurata	1,84%				

**DATI TRAFFICO**

TGM (Traffico Giornaliero Mezzi)	14.500	[vei/giorno]
TOM (Traffico Orario Mezzi)	580	[vei/h]
TP (Traffico di Picco)	1.305	[vei/h]
	Corsia 1	Corsia 2
TGM per corsia	14.500	[vei/giorno]
Traffico orario	580	[vei/h/corsia]
Traffico orario max	1.305	[vei/h/corsia]
Percent. Mezzi pesanti	9%	
Percent. veicoli leggeri Diesel	44%	
Percent. veicoli leggeri Benzina	47%	

**VELOCITA' DI PROGETTO**

	Corsia 1	Corsia 2	
Mezzi pesanti	10		[km/h]
Veicoli leggeri	10		[km/h]
Nr. mezzi pesanti	117		[vei/h]
Nr. veicoli leggeri diesel	570		[vei/h]
Nr. veicoli leggeri benzina	618		[vei/h]
Densità mezzi pesanti	12		[vei/km]
Densità veicoli leggeri diesel	57		[vei/km]
Densità veicoli leggeri benzina	62		[vei/km]
Nr. mezzi pesanti in galleria	30		[vei]
Nr. veicoli leggeri diesel in galleria	145		[vei]
Nr. veicoli leggeri benzina in galleria	157		[vei]

**COMPOSIZIONE PARCO VEICOLI PER NORMATIVE EURO (STIMA) E CALCOLO EMISSIONI PER GRUPPO A (\*)**

Anno di riferimento calcolo **2015**

**Composizione parco veicoli per normative EURO (\*)**

Veicoli EURO 6	0%
Veicoli EURO 5	18%
Veicoli EURO 4	16%
Veicoli EURO 3	33%
Veicoli EURO 2	11%
Veicoli EURO 1	5%
Veicoli Pre EURO	16%

(\*) Consistenza del parco veicolare dedotto da report annuale ISTAT/ACI anno 2011 riferiti alla regione Liguria

**CALCOLO EFFETTIVE EMISSIONI CON FATTORI CORRETTIVI (\*\*)**

**FATTORE CO VEICOLI LEGGERI A BENZINA**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[g/h]
Valore fattori q EURO 5	11,77		[g/h]
Valore fattori q EURO 4	11,77		[g/h]
Valore fattori q EURO 3	14,04		[g/h]
Valore fattori q EURO 2	15,64		[g/h]
Valore fattori q EURO 1	20,45		[g/h]
Valore fattori q Pre EURO	189,60		[g/h]
<b>Q</b>	<b>5,387</b>	<b>0,000</b>	<b>[mc/h]</b>

**FATTORE CO VEICOLI LEGGERI DIESEL**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[g/h]
Valore fattori q EURO 5	3,66		[g/h]
Valore fattori q EURO 4	3,91		[g/h]

**FATTORE OP VEICOLI LEGGERI DIESEL**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[mq/h]
Valore fattori q EURO 5	0,38		[mq/h]
Valore fattori q EURO 4	3,62		[mq/h]

Valore fattori q EURO 3	4,68	[g/h]	Valore fattori q EURO 3	4,09	[mq/h]
Valore fattori q EURO 2	10,21	[g/h]	Valore fattori q EURO 2	7,57	[mq/h]
Valore fattori q EURO 1	11,88	[g/h]	Valore fattori q EURO 1	9,96	[mq/h]
Valore fattori q Pre EURO	17,91	[g/h]	Valore fattori q Pre EURO	8,55	[mq/h]
<b>Q</b>	<b>0,815</b>	<b>0,000</b>	Fattore rotolamento	1,32	-
			<b>Q</b>	<b>771,02</b>	<b>0,00</b>

**FATTORE CO MEZZI PESANTI**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[g/h]
Valore fattori q EURO 5	36,67		[g/h]
Valore fattori q EURO 4	36,62		[g/h]
Valore fattori q EURO 3	56,68		[g/h]
Valore fattori q EURO 2	46,89		[g/h]
Valore fattori q EURO 1	66,92		[g/h]
Valore fattori q Pre EURO	104,66		[g/h]
<b>Q</b>	<b>0,966</b>	<b>0,000</b>	<b>[mc/h]</b>

**FATTORE OP MEZZI PESANTI**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[mq/h]
Valore fattori q EURO 5	6,63		[mq/h]
Valore fattori q EURO 4	6,53		[mq/h]
Valore fattori q EURO 3	28,39		[mq/h]
Valore fattori q EURO 2	21,67		[mq/h]
Valore fattori q EURO 1	60,72		[mq/h]
Valore fattori q Pre EURO	90,62		[mq/h]
Fattore rotolamento	4,89	4,89	[mq/h]
<b>Q</b>	<b>677,38</b>	<b>0,00</b>	<b>[mq/h]</b>

(\*\*) Fonte: ROAD TUNNELS: VEHICLE EMISSION AND AIR DEMAND FOR VENTILATION - PIARC 2012

**PORTATE D'ARIA**

**PORTATE TOTALI INQUINATI**

	Corsia 1	Corsia 2	
<b>CO</b>	<b>7,17</b>	<b>0,00</b>	<b>[mc/h]</b>
<b>OP</b>	<b>1448,41</b>	<b>0,00</b>	<b>[mq/h]</b>

$$Q_{CO} = [(Q_{CO,i.v.} \times f_h) / 3600] \times D \times (10^6 / CO_{lim}) \times L$$

dove:

$Q_{CO,i.v.}$  = emissione base CO  
 $f_h$  = fattore di altitudine  
 $D$  = densità veicoli per km  
 $CO_{lim}$  = limite ammesso inquinamento  
 $L$  = lunghezza galleria

**PORTATE TOTALI DI RINNOVO**

<b>CO</b>	<b>23,82</b>	<b>[mc/s]</b>
<b>OP</b>	<b>57,48</b>	<b>[mc/s]</b>

$$Q_r = [(Q_{f,i.v.} \times f_h)] \times D \times (1/K_{lim}) \times L$$

dove:

$Q_{f,i.v.}$  = emissione base fumi  
 $f_h$  = fattore di altitudine  
 $D$  = densità veicoli per km  
 $K_{lim}$  = limite ammesso inquinamento  
 $L$  = lunghezza galleria

<b>PORTA MAX</b>	<b>57,48</b>	<b>[mc/s]</b>
------------------	--------------	---------------

**CALCOLO PRESSIONI/SPINTE**

	Corsia 1	Corsia 2	
Portata aria necessaria	57,48		[mc/s]
Velocità dell'aria necessaria	1,17		[m/s]
Portata aria per effetto pistone	48,87		[mc/s]
Velocità dell'aria effetto pistone	0,99		[m/s]
Direzione dell'aria senso di marcia	Corsia 1		
Margine di sicurezza	1		
Numero di Reynolds	573621		
e scabrezza relativa	0,18		[mm]
Fattore di attrito	0,025		
Sezione appar.pc	1,00		[mq]
Sezione appar. LVD			[mq]
Sezione appar. veicolo pesante	5,20		[mq]
Fattori di calcolo	-1		
Effetto pistone VL	-28,36		[Pa]
Effetto pistone LVD	0		[Pa]
Effetto pistone VP	-147,46		[Pa]
Cadute di pressione meteo	80		[Pa]
Cadute di pressione effetto camino	-3,21		[Pa]
Cadute di pressione moto aria	8,59		[Pa]
Cadute totali di pressione	-90,44		[Pa]
Spinta totale	-4449,86		[N]

**Spinta totale richiesta** [N]

**Galleria autoventilata**

**CALCOLO VENTILATORI**

Caratteristiche JET-FANS		
Diametro girante	1.250	[mm]
Portata nominale	36,7	[mc/s]
Velocità nominale	29,9	[m/s]
Spinta teorica nominale	1.320	[N]
Potenza massima assorbita	37	[kW]

Caratteristiche di esercizio	(funz. Ordin.)	(funz. Revers.)
Rendimento di spinta	95%	88%
Rendimento di installazione	95%	95%
Rendimento intero sistema	100%	100%
Spinta effettiva di esercizio		[N]

**Numero JET-FANS necessari** **Galleria autoventilata**

**GALLERIA FONTANABUONA - dir. VAL FONTANABUONA**  
**CALCOLO VENTILAZIONE SANITARIA - TRAFFICO BLOCCATO (v=0 km/h)**

DATI GALLERIA			DATI TERMOIGORMETRICI		
Tipo galleria	Urbana/Extraurbana		Temperatura esterna	15,00	[°C]
	Monodirezionale			288,15	[K]
Nr. Corsie	1		Umidità relativa esterna	50	[%]
Lunghezza fornice	2.550	[m]	Altitudine	183,50	[m s.l.m.]
Sezione	49	[mq]	Pressione ambiente	990,50	[mbar]
Perimetro	28	[m]	Densità aria esterna	1,194	[kg/mc]
Diametro idraulico	7,05	[m]	Viscosità dinamica	1,72E-05	[Pas]
Scabrezza equivalente	0,025	[m]	Viscosità Cinematica	1,44E-05	[mq/s]
Quota portale alto	207,00	[m]			
Quota portale basso	160,00	[m]			
Differenza di quota	47,00	[m]			
Quota media	183,50	[m]			
	Corsia 1	Corsia 2			
Pendenza media misurata	1,84%				

**DATI TRAFFICO**

TGM (Traffico Giornaliero Mezzi)	14.500	[vei/giorno]
TOM (Traffico Orario Mezzi)	580	[vei/h]
TP (Traffico di Picco)	1.305	[vei/h]
	Corsia 1	Corsia 2
TGM per corsia	14.500	[vei/giorno]
Traffico orario	580	[vei/h/corsia]
Traffico orario max	1.305	[vei/h/corsia]
Percent. Mezzi pesanti	9%	
Percent. veicoli leggeri Diesel	44%	
Percent. veicoli leggeri Benzina	47%	

**VELOCITA' DI PROGETTO**

	Corsia 1	Corsia 2	
Mezzi pesanti	0		[km/h]
Veicoli leggeri	0		[km/h]
Nr. mezzi pesanti	0		[vei/h]
Nr. veicoli leggeri diesel	0		[vei/h]
Nr. veicoli leggeri benzina	0		[vei/h]
Densità mezzi pesanti	11		[vei/km]
Densità veicoli leggeri diesel	53		[vei/km]
Densità veicoli leggeri benzina	58		[vei/km]
Nr. mezzi pesanti in galleria	28		[vei]
Nr. veicoli leggeri diesel in galleria	136		[vei]
Nr. veicoli leggeri benzina in galleria	148		[vei]

**COMPOSIZIONE PARCO VEICOLI PER NORMATIVE EURO (STIMA) E CALCOLO EMISSIONI PER GRUPPO A (\*)**

Anno di riferimento calcolo **2015**

**Composizione parco veicoli per normative EURO (\*)**

Veicoli EURO 6	0%
Veicoli EURO 5	18%
Veicoli EURO 4	16%
Veicoli EURO 3	33%
Veicoli EURO 2	11%
Veicoli EURO 1	5%
Veicoli Pre EURO	16%

(\*) Consistenza del parco veicolare dedotto da report annuale ISTAT/ACI anno 2011 riferiti alla regione Liguria

**CALCOLO EFFETTIVE EMISSIONI CON FATTORI CORRETTIVI (\*\*)**

**FATTORE CO VEICOLI LEGGERI A BENZINA**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[g/h]
Valore fattori q EURO 5	1,30		[g/h]
Valore fattori q EURO 4	1,30		[g/h]
Valore fattori q EURO 3	1,48		[g/h]
Valore fattori q EURO 2	1,51		[g/h]
Valore fattori q EURO 1	2,21		[g/h]
Valore fattori q Pre EURO	130,83		[g/h]
<b>Q</b>	<b>2,771</b>	<b>0,000</b>	<b>[mc/h]</b>

**FATTORE CO VEICOLI LEGGERI DIESEL**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[g/h]
Valore fattori q EURO 5	0,58		[g/h]
Valore fattori q EURO 4	0,62		[g/h]

**FATTORE OP VEICOLI LEGGERI DIESEL**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[mq/h]
Valore fattori q EURO 5	0,09		[mq/h]
Valore fattori q EURO 4	1,18		[mq/h]

Valore fattori q EURO 3	0,84		[g/h]	Valore fattori q EURO 3	1,50		[mq/h]
Valore fattori q EURO 2	2,18		[g/h]	Valore fattori q EURO 2	3,10		[mq/h]
Valore fattori q EURO 1	4,29		[g/h]	Valore fattori q EURO 1	3,29		[mq/h]
Valore fattori q Pre EURO	6,46		[g/h]	Valore fattori q Pre EURO	2,82		[mq/h]
<b>Q</b>	<b>0,206</b>	<b>0,000</b>	<b>[mc/h]</b>	Fattore rotolamento	-	-	[mq/h]
				<b>Q</b>	<b>122,26</b>	<b>0,00</b>	<b>[mq/h]</b>

**FATTORE CO MEZZI PESANTI**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[g/h]
Valore fattori q EURO 5	6,99		[g/h]
Valore fattori q EURO 4	6,93		[g/h]
Valore fattori q EURO 3	14,04		[g/h]
Valore fattori q EURO 2	18,92		[g/h]
Valore fattori q EURO 1	32,49		[g/h]
Valore fattori q Pre EURO	78,62		[g/h]
<b>Q</b>	<b>0,364</b>	<b>0,000</b>	<b>[mc/h]</b>

**FATTORE OP MEZZI PESANTI**

	Corsia 1	Corsia 2	
Valore fattori q EURO 6			[mq/h]
Valore fattori q EURO 5	4,04		[mq/h]
Valore fattori q EURO 4	4,04		[mq/h]
Valore fattori q EURO 3	8,08		[mq/h]
Valore fattori q EURO 2	8,51		[mq/h]
Valore fattori q EURO 1	51,94		[mq/h]
Valore fattori q Pre EURO	69,09		[mq/h]
Fattore rotolamento	0,00	0,00	[mq/h]
<b>Q</b>	<b>290,13</b>	<b>0,00</b>	<b>[mq/h]</b>

(\*\*) Fonte: ROAD TUNNELS: VEHICLE EMISSION AND AIR DEMAND FOR VENTILATION - PIARC 2012

**PORTATE D'ARIA**

**PORTATE TOTALI INQUINATI**

	Corsia 1	Corsia 2	
<b>CO</b>	<b>3,34</b>	<b>0,00</b>	<b>[mc/h]</b>
<b>OP</b>	<b>412,38</b>	<b>0,00</b>	<b>[mq/h]</b>

$$Q_{CO} = [(Q_{CO,i.v.} \times f_h) / 3600] \times D \times (10^6 / CO_{lim}) \times L$$

dove:

$Q_{CO,i.v.}$  = emissione base CO  
 $f_h$  = fattore di altitudine  
 $D$  = densità veicoli per km  
 $CO_{lim}$  = limite ammesso inquinamento  
 $L$  = lunghezza galleria

**PORTATE TOTALI DI RINNOVO**

<b>CO</b>	<b>7,77</b>	<b>[mc/s]</b>
<b>OP</b>	<b>12,73</b>	<b>[mc/s]</b>

$$Q_r = [(Q_{f,i.v.} \times f_h)] \times D \times (1/K_{lim}) \times L$$

dove:

$Q_{f,i.v.}$  = emissione base fumi  
 $f_h$  = fattore di altitudine  
 $D$  = densità veicoli per km  
 $K_{lim}$  = limite ammesso inquinamento  
 $L$  = lunghezza galleria

<b>PORTA MAX</b>	<b>12,73</b>	<b>[mc/s]</b>

**CALCOLO PRESSIONI/SPINTE**

	Corsia 1	Corsia 2	
Portata aria necessaria	12,73		[mc/s]
Velocità dell'aria necessaria	0,26		[m/s]
Portata aria per effetto pistone	-		[mc/s]
Velocità dell'aria effetto pistone	-		[m/s]
Direzione dell'aria senso di marcia	Corsia 1		
Margine di sicurezza	1		
Numero di Reynolds	127025		
e scabrezza relativa	0,18		[mm]
Fattore di attrito	0,025		
Sezione appar.pc	1,00		[mq]
Sezione appar LVD			[mq]
Sezione appar. veicolo pesante	5,20		[mq]
Fattori di calcolo	-1		
Resistenza VL	0,23		[Pa]
Resistenza LVD	0		[Pa]
Resistenza VP	1,20		[Pa]
Cadute di pressione meteo	80		[Pa]
Cadute di pressione effetto camino	-3,21		[Pa]
Cadute di pressione moto aria	0,42		[Pa]
Cadute totali di pressione	78,64		[Pa]
Spinta totale	3869,03		[N]

**Spinta totale richiesta** **5803,54** **[N]** (maggiorata secondo indicazioni circolare interministeriale francese n° 2000- 63 del 25 Agosto del 2000)

**CALCOLO VENTILATORI**

<b>Caratteristiche JET-FANS</b>		
Diametro girante	1.250	[mm]
Portata nominale	36,7	[mc/s]
Velocità nominale	29,9	[m/s]
Spinta teorica nominale	1.320	[N]
Potenza massima assorbita	37	[kW]
<b>Caratteristiche di esercizio</b>		
Rendimento di spinta	(funz. Ordin.) 95%	(funz. Revers.) 88%
Rendimento di installazione	95%	95%
Rendimento intero sistema	100%	100%
Spinta effettiva di esercizio	1172	1086 [N]

**Numero JET-FANS necessari** **5**



**GALLERIA FONTANABUONA - dir. VAL FONTANABUONA**  
**CALCOLO VENTILAZIONE DI EMERGENZA**  
**(incendio a 150metri dall'imbocco - espulsione in salita)**

DATI GALLERIA			DATI TERMOIGORMETRICI		
Tipo galleria	Monodirezionale		Temperatura esterna	15	[°C]
Nr. Corsie	1			288,15	[K]
Lunghezza fornice	2.550	[m]	Altitudine	183,50	[m s.l.m.]
Sezione	49,2	[mq]	Pressione ambiente	990,50	[mbar]
Perimetro	27,9	[m]	Densità aria esterna	1,201	[kg/mc]
Altezza massima in chiave	8,15	[m]	Viscosità dinamica	1,72E-05	[Pas]
Diametro idraulico	7,05	[m]	Viscosità Cinematica	1,43E-05	[mq/s]
Scabrezza equivalente	0,025	[m]			
Quota portale alto	207,0	[m]			
Quota portale basso	160,0	[m]			
Differenza di quota	47,0	[m]			
Quota media	183,5	[m]			
Pendenza media	1,84%	[%]			
DATI TRAFFICO					
TGM - Traffico medio giornaliero	14500	[vei/gg]			
TOM - Traffico orario medio	580	[vei/h]			
TP - Traffico di punta	1305	[vei/h]			
	Corsia 1	Corsia 2			
TGM	14500	0			[vei/gg]
TOM	580	0			[vei/h]
TP	1305	0			[vei/h]
Mezzi pesanti	9%	0%			
LDV	0,0%	0%			
Veicoli leggeri	91%	0%			
Lunghezza media veicolo	8,2	0,0			[m]
CARATTERISTICHE INCENDIO					
Potenza termica di rif.	30	[MW]	Temperatura mix caldo	400,45	[K]
Velocità di progetto	3	[m/s]	Densità caldo	0,866	[kg/mc]
Progressiva sezione incendio	150,0	[m]	Velocità aria tratto caldo	4,2	[m/s]
Lunghezza tratto freddo galleria	150,0	[m]	Viscosità dinamica	2,38E-05	[Pas]
Lunghezza tratto caldo galleria	2.400,3	[m]	Viscosità Cinematica	2,75E-05	[mq/s]
Altezza base fiamma	0,00	[m]			
CALCOLO PRESSIONI/SPINTE					
	Corsia Fredda	Corsia Calda			
Traffico bloccato	SI				
% occupazione corsia	100%				
Tempo intervento per blocco traffico	5 minuti				
Nr.veicoli leggeri corsia bloccata	17				[vei]
Nr.veicoli LDV corsia bloccata	0				[vei]
Nr.veicoli pesanti corsia bloccata	2				[vei]
Sezione appar.pc	1,20				[mq]
Sezione appar LVD	0,00				[mq]
Sezione appar. veicolo pesante	5,98				[mq]
Portata d'aria necessaria	147,6				[mc/s]
RE	1.478.898				
Espulsione fumi in discesa	SI				
Espulsione fumi in salita	SI				
Pendenza	1,8%				
Fattore di attrito	0,025				
Perdita di carico VL	2,20				[Pa]
Perdita di carico LVD	0,00				[Pa]
Perdita di carica VP	1,08				[Pa]
Cadute di pressione a focolaio	13,05				[Pa]
Cadute di pressione meteo	80,00				[Pa]
Cadute di pressione camino	-48,41				[Pa]
Cadute di pressione moto aria	79,66				[Pa]
Coefficiente di sicurezza	1,10				
Cadute di pressione totali	140,3				[Pa]
Spinta totale necessaria	6.905				[N]
					(perdita al camino calcolata secondo direttiva austriaca)
CALCOLO VENTILATORI					
Caratteristiche JET-FANS					
Diametro girante	1.250	[mm]			
Portata nominale	36,7	[mc/s]			
Velocità nominale	29,9	[m/s]			
Spinta teorica nominale	1.320	[N]			
Potenza massima assorbita	37	[kW]			
	Tratto freddo	Tratto caldo			
Rendimento di spinta	90%	85%			
Rendimento di installazione	95%	95%			
Rendimento intero sistema	100%	100%			
Spinta effettiva di esercizio	1.013	824			[N]
Numero JET-FANS necessari	8				
Numero minimo installabile	9				
Numero jet-fans installati	13				
TOTALE SPINTA NOMINALE RICHIESTA			TOTALE SPINTA NOMINALE INSTALLATA		
10.560 [N]			17.160 [N]		



**GALLERIA FONTANABUONA - dir. VAL FONTANABUONA**  
**CALCOLO VENTILAZIONE DI EMERGENZA**  
**(incendio a 150metri dall'uscita - espulsione in salita)**

DATI GALLERIA			DATI TERMOIGORMETRICI		
Tipo galleria	Monodirezionale		Temperatura esterna	15	[°C]
Nr. Corsie	1			288,15	[K]
Lunghezza fornice	2.550	[m]	Altitudine	183,50	[m s.l.m.]
Sezione	49,2	[mq]	Pressione ambiente	990,50	[mbar]
Perimetro	27,9	[m]	Densità aria esterna	1,201	[kg/mc]
Altezza massima in chiave	8,15	[m]	Viscosità dinamica	1,72E-05	[Pas]
Diametro idraulico	7,05	[m]	Viscosità Cinematica	1,43E-05	[mq/s]
Scabrezza equivalente	0,025	[m]			
Quota portale alto	207,0	[m]			
Quota portale basso	160,0	[m]			
Differenza di quota	47,0	[m]			
Quota media	183,5	[m]			
Pendenza media	1,84%	[%]			
DATI TRAFFICO					
TGM - Traffico medio giornaliero	14500	[vei/gg]			
TOM - Traffico orario medio	580	[vei/h]			
TP - Traffico di punta	1305	[vei/h]			
	Corsia 1	Corsia 2			
TGM	14500	0			[vei/gg]
TOM	580	0			[vei/h]
TP	1305	0			[vei/h]
Mezzi pesanti	9%	0%			
LDV	0,0%	0%			
Veicoli leggeri	91%	0%			
Lunghezza media veicolo	8,2	0,0			[m]
CARATTERISTICHE INCENDIO					
Potenza termica di rif.	30	[MW]	Temperatura mix caldo	400,45	[K]
Velocità di progetto	3	[m/s]	Densità caldo	0,866	[kg/mc]
Progressiva sezione incendio	2.400,3	[m]	Velocità aria tratto caldo	4,2	[m/s]
Lunghezza tratto freddo galleria	2.400,3	[m]	Viscosità dinamica	2,38E-05	[Pas]
Lunghezza tratto caldo galleria	150,0	[m]	Viscosità Cinematica	2,75E-05	[mq/s]
Altezza base fiamma	0,00	[m]			
CALCOLO PRESSIONI/SPINTE					
	Corsia Fredda	Corsia Calda			
Traffico bloccato	SI				
% occupazione corsia	37%				
Tempo intervento per blocco traffico	5 minuti				
Nr.veicoli leggeri corsia bloccata	99				[vei]
Nr.veicoli LDV corsia bloccata	0				[vei]
Nr.veicoli pesanti corsia bloccata	10				[vei]
Sezione appar.pc	1,20				[mq]
Sezione appar LVD	0,00				[mq]
Sezione appar. veicolo pesante	5,98				[mq]
Portata d'aria necessaria	147,6				[mc/s]
RE	1.478.898				
Espulsione fumi in discesa	SI				
Espulsione fumi in salita	SI				
Pendenza	1,8%				
Fattore di attrito	0,025				
Perdita di carico VL	13,04				[Pa]
Perdita di carico LVD	0,00				[Pa]
Perdita di carica VP	6,43				[Pa]
Cadute di pressione a focolaio	13,05				[Pa]
Cadute di pressione meteo	80,00				[Pa]
Cadute di pressione camino	-9,08				[Pa]
Cadute di pressione moto aria	62,86				[Pa]
Coefficiente di sicurezza	1,10				
Cadute di pressione totali	192,6				[Pa]
Spinta totale necessaria	9.475				[N]
					(perdita al camino calcolata secondo direttiva austriaca)
CALCOLO VENTILATORI					
Caratteristiche JET-FANS					
Diametro girante	1.250	[mm]			
Portata nominale	36,7	[mc/s]			
Velocità nominale	29,9	[m/s]			
Spinta teorica nominale	1.320	[N]			
Potenza massima assorbita	37	[kW]			
	Tratto freddo	Tratto caldo			
Rendimento di spinta	90%	85%			
Rendimento di installazione	95%	95%			
Rendimento intero sistema	100%	100%			
Spinta effettiva di esercizio	1.013	824			[N]
Numero JET-FANS necessari	12				
Numero minimo installabile	13				
Numero jet-fans installati	13				
TOTALE SPINTA NOMINALE RICHIESTA			TOTALE SPINTA NOMINALE INSTALLATA		
15.840 [N]			17.160 [N]		