

S.F.T.R.F. S.A.
Société Française du Tunnel du Fréjus
S.I.T.A.F. S.p.A.
Società Italiana Traforo Autostradale Fréjus

TRAFORO AUTOSTRADALE DEL FREJUS
GALLERIA DI SICUREZZA
TUNNEL ROUTIER DU FREJUS
GALERIE DE SECURITE

PROGETTO DEFINITIVO 2006
PROJET 2006

IMPIANTO VENTILAZIONE/EQUIPEMENT VENTILATION
Disciplinare descrittivo e prestazionale / Cahier des
charges

LOMBARDI SA
INGENIEURS-CONSEILS



INDICE

	pagina
1. INTRODUZIONE	1
1.1 Oggetto	1
1.2 Scopo	1
2. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	2
2.1 Tipologia e qualità delle apparecchiature	2
2.2 Fornitura impianti	2
2.3 Acceleratori	3
2.4 Ventilatori	5
2.4.1 Ventilatori nelle centrali di ventilazione "E" ed "F"	5
2.4.2 Ventilazione dei rifugi	10
2.4.3 Ventilazione dei by-pass	11
2.4.4 Ventilazione nelle stazioni tecniche	12
2.5 Circuiti d'acqua di raffreddamento	15
2.6 Serrande	17
2.6.1 Serrande tipo farfalla per ventilatori nelle centrali "E" ed "F"	17
2.6.2 Serrande di regolazione della pressione	18
2.6.3 Serrande di chiusura	18
2.6.4 Serrande manuali	19
2.6.5 Serrande tagliafuoco	20
2.7 Silenziatori nelle centrali "E" ed "F"	21
2.8 Equipaggiamento di montaggio e manutenzione, centrali "E" e "F"	21
2.8.1 Carroponte	21
2.8.2 Botole	22
2.8.3 Deflettori nelle centrali "E" ed "F"	22
2.9 Equipaggiamento di misura	22
2.9.1 Sensori monossido di carbonio	22
2.9.2 Sensori d'opacità	23
2.9.3 Sensori di temperatura	23
2.9.4 Sensori flusso dell'aria	23
2.9.5 Sensori differenza di pressione	23
2.9.6 Caratteristiche minime	24
2.10 Quadri elettrici	24

2.10.1	Generalità	24
2.10.2	Caratteristiche principali	25
2.10.3	Protezione e comando motori	26
2.10.4	Interruttori automatici	26
2.10.5	Contattori	27
2.10.6	Relè di protezione	27
2.10.7	Trasformatori di corrente e di tensione	27
2.10.8	Limitatori di sovratensione	27
2.10.9	Circuiti ausiliari	28
2.10.10	Strumenti	28
2.10.11	Conduttori	28
2.10.12	Morsetti di connessione	29
2.10.13	Accessori	29
2.11	Cavi elettrici BT	29
2.12	Accessori	30
3.	CONDIZIONI D'INSTALLAZIONE	31
3.1	Generalità	31
3.2	Coordinazione	31
3.3	Accesso al cantiere	32
3.4	Lavori in galleria	32
4.	PRESCRIZIONI	32
4.1	Documentazione	32
4.1.1	Fase preparatoria alla fornitura	33
4.1.2	Fase preparatoria all'installazione	33
4.1.3	Fase successiva all'installazione	33
4.2	Etichettatura	34
4.3	Prove	34
4.3.1	Prove prima dell'esecuzione	34
4.3.2	Prove dopo l'esecuzione	35
4.4	Accettazione dei lavori	35
5.	GARANZIE	36
6.	PARTI DI RICAMBIO	36

TABLE DES MATIERES

	page
1. INTRODUCTION	37
1.1 Objet	37
1.2 But	37
2. CARACTERISTIQUES DES MATERIELS	38
2.1 Typologie et qualité des appareils	38
2.2 Fourniture équipement	38
2.3 Accélérateurs	39
2.4 Ventilateurs	41
2.4.1 Ventilateurs dans les usines de ventilation "E" et "F"	41
2.4.2 Ventilateurs des abris	46
2.4.3 Ventilateurs des by-pass	47
2.4.4 Ventilation dans les stations techniques	47
2.5 Circuits d'eau de refroidissement	51
2.6 Trappes/Registres	52
2.6.1 Registres à papillon pour ventilateurs dans les usines "E" et "F"	52
2.6.2 Trappes de régulation de la pression	53
2.6.3 Trappes de fermeture	54
2.6.4 Trappes manuelles	54
2.6.5 Trappes coupe feu	56
2.7 Silencieux dans les centrales "E" et "F"	57
2.8 Equipement de montage et maintenance, centrales "E" et "F"	57
2.8.1 Cric sur monorail	57
2.8.2 Trappe sous ventilateur	58
2.9 Déфлекteurs dans les centrales "E" et "F"	58
2.10 Equipement de mesure	58
2.10.1 Capteurs de monoxyde de charbon	58
2.10.2 Capteurs d'opacité	59
2.10.3 Capteurs de température	59
2.10.4 Mesure de l'écoulement d'air	59
2.10.5 Mesure de la pression différentielle	59
2.10.6 Exigences	60
2.11 Tableaux électriques	60

2.11.1 Généralités	60
2.11.2 Caractéristiques principales	61
2.11.3 Protection et commande moteurs	62
2.11.4 Interrupteurs automatiques	62
2.11.5 Contacteurs	62
2.11.6 Relais de protection	63
2.11.7 Transformateurs de courant et de tension	63
2.11.8 Limiteurs de surtension	63
2.11.9 Circuits auxiliaires	63
2.11.10 Instrumentation	64
2.11.11 Conducteurs	64
2.11.12 Borniers de connexion	64
2.11.13 Accessoires	64
2.12 Câbles électriques BT	65
2.13 Accessoires	66
3. CONDITIONS D'INSTALLATION	67
3.1 Généralités	67
3.2 Coordination	67
3.3 Accès au chantier	67
3.4 Travaux dans la galerie	68
4. PRESCRIPTIONS	68
4.1 Documentation	68
4.1.1 Phase préparatoire à la fourniture	68
4.1.2 Phase préparatoire à l'installation	69
4.1.3 Phase successive à l'installation	69
4.2 Étiquetage	69
4.3 Essais	70
4.3.1 Essais avant l'exécution	70
4.3.2 Essais après l'exécution	71
4.4 Acceptation des travaux	71
5. GARANTIES	71
6. PIECES DE RECHANGE	72

1. INTRODUZIONE

1.1 Oggetto

Il Traforo autostradale del Fréjus collega il Piemonte con la Savoia (Bardonecchia - Modane), sull'asse Torino - Lione. La circolazione si svolge in maniera bi-direzionale su una larghezza carrabile di 9 metri e una lunghezza di 12'868 metri. La galleria di sicurezza parallela sarà realizzata ad una distanza di ca. 50 m dal Traforo autostradale. Un totale di 34 rifugi saranno realizzati (in media uno ogni 367 m) tra il Traforo e la galleria.

Nell'ambito della costruzione galleria di sicurezza, è prevista la realizzazione dell'impianto di ventilazione.

L'installazione dovrà assicurare la ventilazione necessaria nella galleria di sicurezza, nei rifugi, by-pass e nelle stazioni tecniche sia in caso di esercizio normale che in caso d'incendio.

1.2 Scopo

Il presente documento ha lo scopo di indicare le prescrizioni per la realizzazione dell'impianto di ventilazione in oggetto.

Tali prescrizioni non dovranno essere in alcun caso considerate limitative al corretto espletamento dell'oggetto di fornitura: l'Appaltatore provvederà ad effettuare attività complementari considerate necessarie per assicurare miglioramenti nella qualità del prodotto.

Il presente disciplinare integra ma non sostituisce tutti i requisiti di legge che possono essere di più rigorosa applicazione.

Vengono inoltre richiamati i disegni, gli schemi e la relazione tecnica alle quali atenersi nella costruzione ed esecuzione dei lavori.

2. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

2.1 Tipologia e qualità delle apparecchiature

Tutte le apparecchiature ed i materiali che saranno impiegati nei lavori, dovranno corrispondere a quanto stabilito nelle leggi e regolamenti ufficiali vigenti in materia, ed essere conformi per metodologia di fabbricazione, qualità e prestazioni, alle specifiche tecniche ed al complesso di Norme CEI, IEC, UNI, UNEL e NF.

Tutte le apparecchiature elettriche ed i materiali impiegati, sia che costituiscano parte di un assemblaggio complesso o che siano utilizzate in modo autonomo, dovranno essere dotati, dove applicabile, di Marchio IMQ o altro equivalente del Paese di origine; se soggette alle direttive BT dovranno inoltre disporre di marcatura CE.

Le apparecchiature dovranno essere prodotte in regime di qualità UNI ISO 9001 e dovranno, comunque, essere della migliore qualità reperibile in commercio in funzione alla loro specifica destinazione d'uso e in conformità alle specifiche tecniche di seguito descritte.

2.2 Fornitura impianti

La fornitura dell'impianto di ventilazione in oggetto nel presente disciplinare dovrà essere del tipo "chiavi in mano" e pertanto saranno a carico dell'Appaltatore tutte le attività necessarie per rendere l'impianto perfettamente funzionante e completo in ogni sua parte, quindi di ventilatori, di serrande e di quadri di protezione e regolazione.

Il materiale impiegato deve essere identico ed uniforme per l'intera fornitura. Eventuali differenze rispetto alle specifiche devono essere espressamente segnalate nell'offerta.

2.3 Acceleratori

Settanta acceleratori dovranno essere installati a coppie nella galleria di sicurezza ad ogni mezzeria tra due rifugi.

Esigenze generali

Gli acceleratori dovranno essere concepiti in maniera semplice e robusta. Inoltre essi devono poter resistere alle condizioni aggressive della galleria per l'intera durata di vita di 20 anni senza riduzioni della sicurezza durante l'esercizio.

Per garantire una resistenza termica elevata, un certificato di un organo indipendente deve essere presentato provando il loro buon funzionamento durante 120 minuti a 200°C.

Gli acceleratori dovranno essere dimensionati per un esercizio a funzionamento reversibile. In caso d'urgenza la direzione di spinta dell'aria deve essere cambiata entro 15 secondi.

Cassa di alloggiamento

La cassa di alloggiamento e la sospensione del motore fanno parte di una costruzione saldata. Una morsettiera esterna è fissata alla cassa di alloggiamento con un grado di protezione IP65 e provvista di un'entrata per il cavo d'alimentazione elettrica. Il cavo proveniente dalla morsettiera dovrà essere collegato al motore, questa operazione dovrà essere effettuata in officina.

La cassa di alloggiamento e i silenziatori dovranno essere fabbricati in acciaio S235JR o simile, zincato secondo ISO 1462 (min 50µm) e ricoperto di RAL 7030 (min 100 µm).

Silenziatori

I silenziatori sono dotati un profilo aerodinamicamente ottimizzato, saldato al mantello esterno. La lamiera bucherellata è di acciaio INOX. Tra la lamiera e il mantello esterno si trova una lana minerale fonoassorbente non infiammabile.

Girante

La girante è fabbricata in lega leggera resistente alla corrosione. La girante è montata direttamente sull'albero del motore. L'angolo di calettamento delle pale deve essere regolabile all'arresto del motore.

La girante deve essere equilibrata dinamicamente secondo le esigenze G2, 5 dell'ISO 1940.

Motore elettrico

Il motore elettrico è ad induzione asincrono, trifase, a gabbia di scoiattolo. Il raffreddamento del motore dovrà essere dimensionato secondo le norme B.S. 4999:1972 e IEC 34-6. L'isolazione è di classe H e il grado di protezione è IP55 secondo le norme B.S. 4999:1972 e IEC 34-5.

I cuscinetti dovranno essere selezionati secondo ISO281-L10 per una durata di vita di almeno 40'000 ore. Il motore dovrà essere dimensionato in modo che la sua potenza sull'asse equivalga o superi la potenza di punta assorbita dalla girante. Il motore deve garantire il suo funzionamento a 200°C per la durata di 2 ore.

Dispositivo anticaduta

Se l'attacco dell'acceleratore al plafone dovesse cedere, esso è assicurato contro la caduta sulla carreggiata tramite dei dispositivi specifici, composti da catene o cavi in acciaio INOX. Questi dispositivi sono fissati indipendentemente al plafone e realizzato con dei componenti in 1.4529 (gancio, perno).

Dispositivo di misura

- In caso di caduta, l'alimentazione elettrica sarà interrotta con un interruttore dedicato comandato dal segnale proveniente dal sensore di distacco.
- In caso di forti vibrazioni, l'alimentazione elettrica sarà interrotta con un interruttore comandato dal segnale proveniente dal rilevatore di vibrazioni posato sulla cassa di alloggiamento.

Caratteristiche principali

- Direzione di spinta: reversibile
- Distanza tra coppie di acceleratori: 370 m;
- Spinta statica: 750 N;
- Densità di riferimento: 1.05 kg/m³;
- Tensione: 400 V / 50 Hz / 3F;
- Potenza del motore: 25 kW;
- Diametro esterno: 1000 mm;
- Diametro girante: 800 mm;

- Insonorizzazione: 75 dB(A) a 10m nel cono 45°, campo libero;
- Lunghezza: 3800 mm;
- Resistenza termica a 200°C: 120 min;
- Protezione anticaduta a 450°C: 120 min.

2.4 Ventilatori

2.4.1 Ventilatori nelle centrali di ventilazione "E" ed "F"

Nelle centrali di ventilazione E ed F dovranno essere installati 4 ventilatori, 2 per centrale, di tipo assiale con girante direttamente accoppiata al motore elettrico.

Un ventilatore è composto da una cassa di alloggiamento contenente un motore elettrico. La girante è montata direttamente sull'asse del motore. Essa ruota nella cassa, la distanza tra le pale e la cassa deve essere la più piccola possibile.

Delle pale in alluminio non sono ammesse a causa dell'alta resistenza termica richiesta di 400°C della durata di 2 ore.

Girante

La girante è composta principalmente da:

- Pale in lega a fuso sferico, o in acciaio INOX;
- Mozzo per le pale in lega a fuso sferico, o in acciaio INOX.

L'angolo di calettamento delle pale è regolabile sia quando il ventilatore è fermo sia quando è in movimento; tramite una trasmissione idraulica integrata nel mozzo.

Smontaggio di una pala

Nella cassa è prevista un'apertura per poter effettuare delle ispezioni, questo permette un facile smontaggio delle pale.

Sistema di regolazione dell'angolo delle pale

Un sistema idraulico è previsto per ciascun ventilatore, esso fornisce dell'olio filtrato ad una data pressione. L'olio passa attraverso dei tubi ed un sistema

d'alimentazione rotativo all'interno del mozzo, dove si trova il cilindro idraulico che permette la regolazione dell'angolo delle pale.

Cassa di alloggiamento del ventilatore e della girante

La cassa di alloggiamento è composta di un mantello esteriore e di un tubo all'interno, tra i due si trovano dei deflettori a valle della girante. Il motore elettrico è integrato nel tubo interno. Ogni ventilatore dispone di un sistema di raffreddamento esterno, questo per proteggere il motore del sistema ed il sistema idraulico in caso di temperature elevate. L'aria di raffreddamento passa attraverso dei incavi all'interno dei deflettori.

La cassa di alloggiamento lunga copre totalmente il gruppo motore-girante ed è realizzata in acciaio dolce, secondo le norme EN10111. Tutte le parti dovranno essere fissate mediante saldatura continua. Al termine delle lavorazioni meccaniche, la cassa di alloggiamento dovrà essere zincata a bagno caldo secondo le norme ISO 1459, 1460 e 1461 ove appropriato, ovvero non meno di 0.45 kg/m^2 di zinco a cui corrisponde uno spessore di $60 \text{ }\mu\text{m}$.

Per facilitare la lubrificazione regolare, gli ingrassatori per i cuscinetti del motore dovranno essere riportati all'esterno della cassa di alloggiamento, tramite dei collegamenti adatti a resistere alle temperature d'esposizione in situazioni d'emergenza. Gli ingrassatori dovranno essere a sfera per una lubrificazione a pistola.

Per alimentare il motore sarà necessaria una scatola morsettiera esterna secondo la norma IEC 34-5 fissata alla cassa, con protezione meccanica IP55 e provvista di entrate per il passaggio dei cavi di alimentazione elettrica.

Unità ventilatore-motore

Le forze assiali e radiali della girante sono compensati dalle pale a rotolo del motore. La cassa di alloggiamento del ventilatore in lamiera zincata e verniciata è completamente divisa orizzontalmente e avvitata con delle bride in maniera che la parte superiore possa essere smontata. Questo permette di cambiare in modo semplice un motore oppure la girante completa.

Motore elettrico

Motore elettrico ad induzione asincrono, trifase, a gabbia di scoiattolo, totalmente chiuso e costruito secondo le norme B.S. 5000:1975 e I.E.C. 34-1. Il raffreddamento del motore dovrà essere secondo le norme B.S. 4999:1972 e I.E.C.34-6. Isolamento in classe F e grado di protezione IP55 secondo le norme B.S. 4999:1972 e IEC 34-5. I cuscinetti dovranno essere del tipo a sfera o a rulli, e dovranno essere selezionati secondo ISO281-L10 a cui corrisponde una vita media di 100.000 ore. Il motore dovrà essere dimensionato in modo tale che la potenza resa all'asse sia uguale o superiore alla potenza di picco assorbita dalla girante. Il servizio dovrà essere continuo con temperature da un minimo di -20°C fino ad un massimo di +400°C durante 2 ore. Le finiture superficiali dovranno essere ottenute mediante zincatura a caldo per immersione dopo la lavorazione, secondo le norme B.S. 729:1971, Parte 1, con 0,45 kg/m² di zinco a cui corrisponde uno spessore di 60 µm.

Stabilità di funzionamento

Il ventilatore deve avere una stabilità di funzionamento elevata e non deve in alcun punto di funzionamento o durante l'accensione, entrare in un regime di pompaggio/instabilità aerodinamico.

Prestazioni aerodinamico

Le prestazioni aerodinamiche del ventilatore dovranno essere garantite in accordo con le norme ISO 5801, paragrafo 29.2f.

I punti di funzionamento rappresentati in Tabella 2.1 e Tabella 2.2 dovranno essere garantiti.

Strumenti di misura

Presso i ventilatori sono installati dei sensori standard, che comprendono in particolare:

- Misure della portata, pressione e temperatura dell'aria;
- Misure della vibrazione;
- Detezione di instabilità aerodinamiche;
- Misure di temperatura, tensione e corrente dei motori.

Esigenze di funzionamento

- Possibilità di funzionamento continuo per un periodo illimitato con qualsiasi velocità, senza surriscaldamento o altre perturbazioni;
- Resistenza termica fino a 400 °C per un periodo di 2 ore;
- Almeno 4 avviamenti all'ora a grande velocità;
- Il tempo di avviamento per raggiungere il 90% della portata massima non deve superare i 60 secondi.

Accessori

Gli accessori seguenti dovranno essere compresi nelle forniture per ciascun ventilatore:

- Piedi di supporto a squadra realizzati in acciaio dolce di spessore adeguato e zincato a caldo dopo la lavorazione. Il sistema di fissaggio dei piedi di supporto dovrà essere realizzato in modo tale da permettere la movimentazione dei ventilatori qualora si renda necessario lo smontaggio per manutenzione o revisione; deve esserci la possibilità di calare in basso i ventilatori dalle bozze predisposte;
- Molle antivibranti in acciaio, da interporre fra i piedi di supporto del ventilatore e i muri di sostegno laterali;
- Giunti antivibranti completo di 2 controflangie in acciaio dolce zincato rifinito con verniciatura epossidica, soffietto flessibile per alte temperature e clips di serraggio;
- Deflettori a valle della girante costruito in acciaio dolce zincato a caldo dopo la fabbricazione.
- Boccaglio di aspirazione realizzato in acciaio dolce zincato a caldo dopo la lavorazione;
- Filetto di protezione realizzato in acciaio dolce zincato dopo la fabbricazione;
- Isolazione termica del ventilatore per evitare un surriscaldamento del locale;

Sistema di raffreddamento secondario del ventilatore per garantire il funzionamento a 400 °C per 2 ore, tramite ad acqua diretta oppure in modo combinato aria/acqua.

Caratteristiche principali

I ventilatori dovranno avere le caratteristiche seguenti:

- Diametro girante: ca. 1'800 mm;
- Diametro mozzo: ca. 1'250 mm;
- Diametro deflettore: ca. 2'300 mm;
- Lunghezza profilo-deflettore: ca. 7'000 mm;
- Potenza motore: 650 kW;
- Alimentazione: 690V / 50Hz / 3F;
- Classe isolamento: F;
- Temperatura: 400° C per 120 min.

Regime d'esercizio (velocità d'aria in galleria in caso di e- strazione massiva)	Portata volumetrica d'estrazione massi- va a 1.05 kg/m ³	Portata volume- trica ventilatori a 0.79 kg/m ³	Rapporto di pressione to- tale	Potenza (rendimento elet- trico/ aerodiami- co 75%)
2 ventilatori (3 m/s et 1 m/s)	2 x 90.0 m ³ /s	2 x 120 m ³ /s	3'664 Pa	2 x 586 kW
2 ventilatori (3 m/s et 1 m/s)	2 x 90.0 m ³ /s	2 x 120 m ³ /s	1'300 Pa	2 x 208 kW
2 ventilatori (1.5 m/s et 1 m/s)	2 x 56.5 m ³ /s	2 x 75 m ³ /s	2'306 Pa	2 x 230 kW
2 ventilatori (1.5 m/s et 1 m/s)	2 x 56.5 m ³ /s	2 x 75 m ³ /s	508 Pa	2 x 51 kW
1 ventilatore (3 m/s et 1 m/s)*0.65	1 x 117.0 m ³ /s	1 x 156.0 m ³ /s	2'542 Pa	1 x 529 kW
1 ventilatore (3 m/s et 1 m/s)*0.65	1 x 117.0 m ³ /s	1 x 156.0 m ³ /s	707 Pa	1 x 147 kW

Tabella 2.1: Punti di funzionamento per i ventilatori d'estrazione massiva della nuova centrale B.

Regime d'esercizio (velocità d'aria in galleria in caso di e- strazione massiva)	Portata volumetrica d'estrazione massi- va a 1.05 kg/m ³	Portata volume- trica ventilatori a 0.79 kg/m ³	Rapporto di pressione to- tale	Potenza (rendimento elet- trico/ aerodina- mico 75%)
2 ventilatori (3 m/s et 1 m/s)	2 x 90.0 m ³ /s	2 x 120 m ³ /s	2'130 Pa	2 x 341 kW
2 ventilatori (3 m/s et 1 m/s)	2 x 90.0 m ³ /s	2 x 120 m ³ /s	1'036 Pa	2 x 166 kW
2 ventilatori (1.5 m/s et 1 m/s)	2 x 56.5 m ³ /s	2 x 75 m ³ /s	1'291 Pa	2 x 129 kW
2 ventilatori (1.5 m/s et 1 m/s)	2 x 56.5 m ³ /s	2 x 75 m ³ /s	390 Pa	2 x 39 kW
1 ventilatore (3 m/s et 1 m/s)*0.65	1 x 117.0 m ³ /s	1 x 156.0 m ³ /s	1'496 Pa	1 x 311 kW
1 ventilatore (3 m/s et 1 m/s)*0.65	1 x 117.0 m ³ /s	1 x 156.0 m ³ /s	579 Pa	1 x 120 kW

Tabella 2.2: Punti di funzionamento per i ventilatori d'estrazione massiva della nuova centrale C.

2.4.2 Ventilazione dei rifugi

La ventilazione dei rifugi è prevista con un gruppo ventilante formato da due ventilatori centrifughi funzionanti uno in riserva all'altro, con le seguenti caratteristiche:

- Tipo: radiale;
- Accoppiamento: diretto;
- Portata, punto 1: 0.7 m³/s;
- Pressione statica, punto 1: 1'400 Pa;
- Portata, punto 2: 1.4 m³/s;
- Pressione statica, punto 2: 600 Pa;
- Potenza nominale: 3.0 kW;
- Alimentazione: 400V / 50Hz / 3F;
- Velocità di rotazione: variabile con inverter;
- Cassa: in acciaio inox;
- Morsettiera: IP55;
- Girante: in alluminio;
- Calibrazione girante: su due assi secondo G 2.5 DIN ISO 1940;

- Grado protezione motore: IP54;
- Classe isolamento: B;
- Temperatura: -30° C / +40° C.

Il gruppo ventilante dovrà inoltre comprendere:

- Un giunto flessibile per ogni ventilatore;
- Una serranda di regolazione in acciaio inox per ogni ventilatore, DN 400, completa di motore elettrico a 230 Vac;
- Un canale in acciaio inox opportunamente sagomato per il convogliamento dell'aria alla serranda tagliafuoco posta nella parete divisoria tra la galleria di sicurezza ed il rifugio;
- Una griglia in acciaio inox fissata in corrispondenza della serranda tagliafuoco;
- Un misuratore di flusso in corrispondenza della serranda tagliafuoco.

2.4.3 Ventilazione dei by-pass

La ventilazione dei by-pass è prevista con un ventilatore centrifugo avente le seguenti caratteristiche:

- Tipo: radiale;
- Accoppiamento: diretto;
- Portata: 0.46 m³/s;
- Pressione statica: 1'400 Pa;
- Potenza nominale: 1.5 kW;
- Alimentazione: 400V / 50 Hz / 3F;
- Velocità di rotazione: variabile con inverter;
- Cassa: in acciaio inox;
- Morsettiera: IP55;
- Girante: in alluminio;
- Calibrazione girante: su due assi secondo G 2.5 DIN ISO 1940;
- Grado protezione motore: IP54;
- Classe isolamento: B;
- Temperatura: -30° C / +40° C.

Il sistema di ventilazione dovrà inoltre comprendere:

- Un giunto flessibile per ogni ventilatore;
- Una serranda di apertura/chiusura in acciaio inox per ogni ventilatore, DN 400, completa di motore elettrico a 230 Vac;
- Un canale in acciaio inox opportunamente sagomato per il convogliamento dell'aria alla serranda tagliafuoco posta nella parete divisoria tra la galleria di sicurezza ed il rifugio;
- Una griglia in acciaio inox fissata in corrispondenza della serranda tagliafuoco;
- Un misuratore di flusso in corrispondenza del ventilatore.

2.4.4 Ventilazione nelle stazioni tecniche

Immissione aria fresca

Per la ventilazione delle stazioni tecniche interne alla galleria di sicurezza, dovrà essere installato un apparecchio monoblocco per posa a pavimento, costituito da:

- Un ventilatore a velocità variabile;
- Una macchina frigorifera raffreddata ad acqua;
- Una batteria elettrica per il riscaldamento;
- Un filtro per l'aria;
- Una serranda di regolazione ed una tagliafuoco;
- Sonde e dispositivo di regolazione.

Il monoblocco dovrà garantire il mantenimento delle seguenti condizioni ambientali all'interno dei locali tecnici:

- Temperatura max. 28°C ;
- Umidità relativa max. 88% .

Le parti che costituiscono l'apparecchio monoblocco dovranno avere le seguenti caratteristiche:

Ventilatore

- Volume del flusso d'aria: $3.3\text{ m}^3/\text{s}$;

- Pressione: 1000 Pa;
- Potenza: 5.5 kW;
- Alimentazione: 400V / 50Hz / 3F;
- Velocità di rotazione: variabile con inverter;
- Grado di protezione: IP55;
- Classe isolamento: F.

Batteria raffreddante con machina frigorifera:

- Costruzione: acciaio inox;
- Potenza compressore 20 kW;
- Potenza pompa di acqua 0.5 kW;
- Potenza termica di raffreddamento 40 kW;
- Temperatura dell'aria in entrata: 30° C (60% umidità relativa);
- Temperatura dell'aria in uscita: 23° C (82% umidità relativa);
- Temperatura dell'acqua in entrata: 25° C;
- Temperatura dell'acqua in uscita: 35° C;
- Portata d'acqua: da 0 a 5.2 m³/h.

Batteria riscaldante

- Temperatura dell'aria in entrata: 15° C
- Temperatura dell'aria in uscita: 20° C;
- Potenza elettrica: da 0 a 19 kW.

Considerato lo spazio a disposizione per l'installazione, il monoblocco non dovrà avere dimensioni superiori a:

- Larghezza: 1'400 mm;
- Lunghezza: 5'000 mm;
- Altezza: 1'400 mm.

Il monoblocco dovrà essere fornito con i seguenti accessori necessari al completo funzionamento:

- Giunto flessibile sul ventilatore;
- Serranda tagliafuoco e serranda di regolazione in acciaio inox complete di attuatore elettrico a 230 Vac;
- Filtro per l'aria di classe F7;
- Sensori di pressione, di temperatura e di umidità;

- Dispositivo di misura della portata;
- Dispositivo di regolazione;
- Raccordi alle tubazioni di mandata e di scarico dell'acqua;
- Collegamenti elettrici di alimentazione e segnalazione.

Un quadro elettrico per il comando, il controllo e la protezione del monoblocco dovrà essere compreso nella fornitura. Il quadro, provvisto di regolatori di frequenza (inverter) per la modulazione della velocità di rotazione del ventilatore e del compressore, dovrà essere installato nel locale BT della stazione tecnica.

I canali di immissione dell'aria dal monoblocco verso i locali tecnici dovranno essere realizzati in acciaio inox e sospesi alla volta delle stazioni tecniche mediante idonei supporti in acciaio inox fissati alla muratura.

I canali dovranno essere forniti completi di manicotti di misura, coperchi di revisione e placchette di indicazione della funzione.

Sui canali dovranno essere fissate delle griglie in acciaio inox a regolazione manuale.

Espulsione aria viziata

I canali di ripresa dell'aria dai locali tecnici verso la galleria di sicurezza dovranno essere realizzati in acciaio inox e sospesi alla parete delle stazioni tecniche mediante idonei supporti in acciaio inox fissati alla muratura.

I canali dovranno essere forniti completi di manicotti di misura, coperchi di revisione e placchette di indicazione della funzione.

Sui canali dovranno essere fissate delle griglie in acciaio inox a regolazione manuale.

L'espulsione dell'aria riscaldata nella galleria sarà fatto con due ventilatori con le caratteristiche seguenti:

- Numero: 2
- Portata: $2 \times 1.3 \text{ m}^3/\text{s}$;
- Pressione: 150 Pa;
- Potenza: 1.0 kW;
- Alimentazione: 400 V / 50 Hz / 3F;
- Velocità di rotazione: variabile con inverter;

- Grado di protezione: IP55;

Dei regolatori di frequenza (inverter) per la modulazione della velocità di rotazione dei ventilatori di estrazione dell'aria viziata dovranno essere compresi nella fornitura del quadro elettrico di comando e controllo del monoblocco di immissione aria fresca.

Una parte di portata dell'aria viziata è espulsa verso il tunnel al posto della galleria. Sarà quindi necessaria l'installazione di un'unità d'espulsione composta da:

- Un ventilatore assiale a velocità variabile:
 - Portata: 0.85 m³/s;
 - Pressione: 1'400 Pa;
 - Potenza: 2,2 kW;
 - Alimentazione: 400 V / 50 Hz / 3F;
 - Velocità di rotazione: variabile con inverter;
 - Grado di protezione: IP55;
 - Misura della portata

Un regolatore di frequenza (inverter) per la modulazione della velocità di rotazione dei ventilatori di estrazione dell'aria viziata dovrà essere compreso nella fornitura del quadro elettrico di comando e controllo del monoblocco di immissione aria fresca.

2.5 Circuiti d'acqua di raffreddamento

Il calore dissipato nei condensatori delle macchine frigorifere nelle ST e negli scambiatori acqua/aria dei ventilatori di estrazione massiva viene trasmesso a due circuiti d'acqua di raffreddamento nella galleria di sicurezza. Un primo circuito è previsto dal lato francese, mentre un secondo circuito rifornisce le ST dal lato italiano.

Come tubo di mandata, il tubo di aria compressa della fase di costruzione con un diametro interno di 200 mm è riutilizzato (rapporto 6145.2-R-05A). Come tubo di ritorno, invece, un tubo con un diametro esterno di 125 mm ed un diametro interno di 110.2 mm è sufficiente.

Condotti d'acqua di ritorno

- Materiale	PE
- Diametro esterno	125.0 mm
- Diametro interno	110.2 mm
- Pressione ammissibile	PN 16
- Lunghezza complessiva	2 x 5'700 m = 11'400 m

Pompe d'acqua ai portali

Lato Francia :

- Portata d'acqua	23.4 m ³ /h
- Pressione	5.3 bar
- Potenza	6 kW
- Velocità di rotazione	variabile

Lato Italia :

- Portata d'acqua	23.4 m ³ /h
- Pressione	3.0 bar
- Potenza	3.5 kW
- Velocità di rotazione	variabile

2 x torri di raffreddamento (Francia, Italia)

Vengono considerate delle torri di tipo evaporativo per poter raffreddare ad una temperatura inferiore della temperatura esterna in estate.

- Potenza termica	300 kW
- Portata d'acqua	23.4 m ³ /h
- Température d'entrata	35° C
- Température d'uscita	25° C
- Potenza ventilatore	4 kW

I circuiti di raffreddamento dovranno essere forniti con i seguenti accessori necessari al completo funzionamento:

- Sensori di pressione, di temperatura e di umidità;
- Dispositivi di misura della portata;
- Dispositivi di regolazione;
- Raccordi alle tubazioni delle ST e delle centrali di estrazione massiva;

- Collegamenti elettrici di alimentazione e segnalazione.

2.6 Serrande

2.6.1 Serrande tipo farfalla per ventilatori nelle centrali "E" ed "F"

È prevista l'installazione di due serrande apertura/chiusura per ogni ventilatore installato nelle centrali E ed F.

Le serrande di tipo farfalla, in tutti i loro componenti, attuatore compreso, dovranno essere idonee per:

- Trafilamento non superiore a $0,1 \text{ m}^3/\text{s m}^2$ con 2,5 kPa;
- Résistenza termica 400°C durante 2 ore.

Le serrande dovranno essere realizzate in acciaio inox AISI 304 e costituite da:

- Telaio dotato di flange forate su entrambi i lati. La costruzione deve essere rigida per prevenire blocchi o vibrazioni;
- Perni in acciaio inox AISI 304 con movimento su boccole in ottone ad alta resistenza ed autolubrificanti;
- Attuatore elettroidraulico a 2 posizioni on-off, alimentato a 230Vac e dimensionato per circa il doppio della coppia richiesta dalla serranda in condizioni di esercizio. L'attuatore deve essere di tipo a ritorno a molla e deve essere realizzato per garantire l'apertura o la chiusura della serranda anche in caso di avaria o mancanza di alimentazione elettrica all'attuatore stesso. Il posizionamento ed il fissaggio dell'attuatore dovrà permettere una facile ispezione e manutenzione;
- Fine corsa esterno dotato di due serie di contatti indipendenti che danno rispettivamente il segnale di serranda aperta e chiusa. Il fine corsa deve essere dotato di scudo termico;
- Temperatura massima d'esercizio: 400°C durante 2 ore.

Le serrande dovranno avere le seguenti caratteristiche:

- Dimensioni interne: ca. 2'300 mm a valle del deflettore;
ca. 1'800 mm a monte del ventilatore;
- Tempo di apertura / chiusura: < 20 sec.

2.6.2 Serrande di regolazione della pressione

Le serrande per la regolazione della pressione dovranno avere le seguenti caratteristiche:

	Numero	Dimensioni
Rifugio: tra SAS e il traforo	34	1'000 x 600 mm
By-pass : lato traforo	5	700 x 200 mm
ST : lato traforo	1 x 8	700 x 350 mm

Tabella 2.3: Quantità serrande regolazione pressione

- Costruzione: in acciaio inox AISI 304;
- Resistenza termica: 80° C;
- Temperatura nominale: 60° C;
- Sostegni esterni: in acciaio inox;
- Alimentazione: 230 Vac;
- Pressione max. serranda chiusa: +/- 2'000 Pa;
- Azionamento elettrico fino a: +/- 2'000 Pa;
- Trafilamento: 0.1 m³/s a m² con 2'000 Pa.

Dovranno essere fornite complete di accessori di fissaggio in acciaio inox e cavi di alimentazione e segnalazione al quadro elettrico.

2.6.3 Serrande di chiusura

Le serrande tagliafuoco dovranno avere le seguenti caratteristiche:

	Numero	Dimensioni
By-pass: lato galleria, uscita d'aria	5	200 x 200 mm
By-pass : lato galleria, entrata d'aria	5	200 x 200 mm
ST :	2 x 8	550 x 350 mm
ST :	1 x 8	450 x 350 mm
ST :	2 x 8	550 x 500 mm

Tabella 2.4: Quantità serrande di chiusura

- Costruzione: in acciaio inox AISI 304;
- Resistenza termica: 80° C;
- Temperatura nominale: 60° C;
- Sostegni esterni: in acciaio inox;
- Alimentazione: 230 Vac;
- Pressione max. serranda chiusa: +/- 2'000 Pa;
- Azionamento elettrico fino a: +/- 2'000 Pa;
- Trafilamento: 0.1 m³/s a m² con 2'000 Pa.

Dovranno essere fornite complete di accessori di fissaggio in acciaio inox e cavi di alimentazione e segnalazione al quadro elettrico.

2.6.4 Serrande manuali

Le serrande manuali dovranno avere le seguenti caratteristiche:

	Numero	Dimensioni
ST :	7 x 8	300 x 350 mm
ST :	3 x 8	550 x 350 mm
ST :	1 x 8	800 x 500 mm
ST :	1 x 8	550 x 800 mm
ST :	2 x 8	350 x 450 mm
ST :	1 x 8	300 x 450 mm

- Costruzione: in acciaio inox AISI 304;
- Resistenza termica: 80° C;
- Temperatura nominale: 60° C;
- Sostegni esterni: in acciaio inox;
- Trafilamento: 0.1 m³/s a m² con 1'000 Pa.

Dovranno essere fornite complete di accessori di fissaggio in acciaio inox.

2.6.5 Serrande tagliafuoco

Le serrande tagliafuoco dovranno avere le caratteristiche seguenti:

	Numero	Dimensioni
Rifugio: tra il traforo e il rifugio	34	1'000 x 600 mm
Rifugio: tra il rifugio e la SAS	34	1'000 x 600 mm
Rifugio: tra il SAS e il traforo	34	1'000 x 600 mm
By-pass: lato galleria, entrata aria	5	500 x 400 mm
By-pass: lato galleria, uscita aria	5	200 x 200 mm
By-pass: lato traforo	5	700 x 200 mm
ST :	4 x 8	200 x 200 mm
ST :	1 x 8	200 x 250 mm
ST :	3 x 8	200 x 300 mm
ST :	1 x 8	200 x 350 mm
ST :	1 x 8	200 x 400 mm
ST :	1 x 8	200 x 600 mm
ST :	1 x 8	200 x 1200 mm
ST :	4 x 8	350 x 350 mm
ST :	6 x 8	350 x 500 mm
ST :	1 x 8	350 x 550 mm
ST :	5 x 8	350 x 600 mm
ST :	4 x 8	350 x 700 mm
ST :	2 x 8	350 x 1100 mm
ST :	1 x 8	DN 630

Tabella 2.5: Quantità serrande tagliafuoco

- Costruzione: in acciaio inox AISI 304;
- Certificazione: AEAI;
- Alimentazione: 230 Vac.

Dovranno essere equipaggiati con:

- Servomotore;
- Apparecchio di connessione e trasmissione dei segnali;
- Dispositivo di protezione termoelettrico.

Le serrande dovranno essere equipaggiate di un sistema di comando e di controllo integrato THC e dovranno essere adatti a interrompere l'incendio nel sistema di ventilazione e di climatizzazione. Esse dovranno essere equipaggiate con gli accessori per il fissaggio in acciaio inox e con i cavi d'alimentazione e segnale.

2.7 Silenziatori nelle centrali "E" ed "F"

L'attenuazione acustica dei ventilatori nelle centrali di ventilazione E ed F dovrà essere effettuata mediante silenziatori da installare tra la presa d'aria e il lato aspirante dei ventilatori.

I silenziatori saranno costituiti da setti fonoassorbenti di spessore 200 mm, installati in fila a distanze di 200 mm l'uno dall'altro. Dovranno avere un'altezza pari a quella del locale d'installazione (circa 4'000 mm) ed una lunghezza di 1'400 mm e aventi profilo aerodinamico alle estremità.

I setti dovranno essere realizzati in acciaio inox AISI 304 e costituiti da un telaio micronervato di spessore 8/10. All'interno del telaio dovranno essere inseriti i materiali fonoassorbenti in classe 0 di densità 60 kg/m^3 , protetti da un velo di vetro; il tutto trattenuto da una lamiera microstirata di spessore 8/10 in acciaio AISI 304.

I setti acustici dovranno avere la stessa resistenza termica dei ventilatori d'estrazione dei fumi. Essi dovranno resistere a 400°C per 2 ore.

2.8 Equipaggiamento di montaggio e manutenzione, centrali "E" e "F"

2.8.1 Carroponte

In ogni sala dove vengono montati i ventilatori, dovrà esserci un carroponte in volta sopra ogni ventilatore, che permette di sollevare e calare i ventilatori e gli accessori (serrande, sistemi idraulici, ecc.).

- Percorso: ca. 9 m;
- Grado di protezione: IP 55;
- Carico: 20'000 kg;

- Temperatura d'esercizio: -20/+50° C.

2.8.2 Botole

I ventilatori nelle stazioni tecniche si trovano al piano superiore rispetto la carreggiata. Una botola permette lo spostamento dei ventilatori. La botola si potrà chiudere tramite delle coperture in metallo che possono essere spostate con il carroponte.

- Numero: 4
- Dimensioni: 3.50 x 6.00 m;
- Temperatura d'esercizio: -20 / +50° C;
- Temperatura massima: 400° C.

2.8.3 Deflettori nelle centrali "E" ed "F"

A valle di ciascun ventilatore d'estrazione dei fumi, la corrente d'aria deve seguire una curva a 90° prima d'entrare nel cunicolo di collegamento ai pozzi aria viziata. Per limitare la perdita di carico sono previsti dei deflettori metallici presso la curva.

- Resistenza all'ambiente aggressivo (gas di scarico, acqua e umidità, elettrocorrosione);
- Temperatura d'esercizio: -20 / 400° C.

2.9 Equipaggiamento di misura

2.9.1 Sensori monossido di carbonio

- 6 pz., al centro di ogni settore;
- Valori di soglia pre-allarme e allarme, programmabili a distanza;
- Resistenza all'ambiente aggressivo (gas di scarico, acqua e umidità, elettrocorrosione);
- Temperatura d'esercizio: -20 / 50° C;
- Apparecchi suddivisi in due parti: Sonda per la misura nella galleria e unità di controllo nel rifugio più vicino.

2.9.2 *Sensori d'opacità*

- 6 pz., al centro di ogni settore;
- Valori di soglia pre-allarme e allarme, programmabili a distanza;
- Resistenza all'ambiente aggressivo (gas di scarico, acqua e umidità, elettrocorrosione);
- Temperatura d'esercizio: -20 / 50° C;

Apparecchi suddivisi in due parti: Sonda per la misura nella galleria e unità di controllo nel rifugio più vicino.

2.9.3 *Sensori di temperatura*

- 6 pz., al centro di ogni settore;
- Valori di soglia pre-allarme e allarme, programmabili a distanza;
- Resistenza all'ambiente aggressivo (gas di scarico, acqua e umidità, elettrocorrosione);
- Temperatura d'esercizio: -20 / 50° C;

Apparecchi suddivisi in due parti: Sonda per la misura nella galleria e unità di controllo nel rifugio più vicino.

2.9.4 *Sensori flusso dell'aria*

- 6 pz., in corrispondenza ai portali, ed ad entrambi le entrate delle centrali "E" ed "F";
- Valori di soglia pre-allarme e allarme, programmabili a distanza;
- Resistenza all'ambiente aggressivo (gas di scarico, acqua e umidità, elettrocorrosione);
- Temperatura d'esercizio: -20 / 50° C;

Apparecchi suddivisi in due parti: Sonda per la misura nella galleria e unità di controllo nel rifugio più vicino.

2.9.5 *Sensori differenza di pressione*

- 34+5+8= 47 pz., tra ogni rifugio e il traforo, tra ogni by-pass e il traforo, tra ogni ST e il traforo;
- Temperatura d'esercizio: -20 / 50° C.

2.9.6 Caratteristiche minime

Grandezze misurate	Fascia di misura	Precisione delle misure
Velocità e direzione flusso dell'aria	-12 a +12 m/s	+/- 0.1 m/s +/- 1% del valore misurato
Opacità in esercizio normale	0 a 0.015 m ⁻¹	+/- 0.0005 m ⁻¹
CO	0 a 250 ppm	0 à 60 ppm : +/- 5 ppm 60 à 250 ppm : +/- 15 ppm
Temperatura	-40 a 50 °C	+/- 1 °C
Pressione differenziale	-1000 a 2000 Pa	+/- 20 Pa +/- 1% del valore misurato

Tabella 2.6: Caratteristiche minime per gli strumenti di misura.

2.10 Quadri elettrici

2.10.1 Generalità

I ventilatori e le serrande dovranno essere alimentati e protetti da appositi quadri elettrici, da installare nelle stazioni tecniche e nei rifugi.

I quadri, le singole apparecchiature ed i componenti dovranno essere realizzati in conformità alle relative norme, assumendo che:

- Le condizioni normali di servizio siano quelle previste dalle Norme EN 60439-1 e IEC 439-1;
- Le apparecchiature installate e le sbarre siano rispondenti ai valori nominali previsti per i carichi da alimentare;
- Le sbarre derivate per l'alimentazione di più circuiti siano riferite alla somma delle correnti nominali dei carichi più il 25% della corrente nominale del carico di maggior corrente nominale.

I quadri saranno di tipo Motor Control Center, predisposti per permettere l'ampliamento su entrambi i lati. Anche le sbarre saranno forate e predisposte per futuri ampliamenti.

Avranno un sistema modulare a cassette estraibili destinati al comando, controllo e protezione delle utenze. Le operazioni di inserzione ed estrazione dei cassette estraibili e l'accessibilità al vano cavi in entrata ed in uscita dovrà essere possibile dal fronte, senza pericolo di contatto con eventuali parti in tensione, per permettere l'installazione del quadro contro parete.

2.10.2 Caratteristiche principali

I materiali dovranno avere caratteristiche adatte al luogo d'installazione, alle condizioni di servizio e di trasporto. Sarà massimizzato l'uso di materiali di serie e normalizzati, reperibili sul mercato.

I quadri dovranno essere costruiti con progetto meccanico, involucro e grado di protezione in accordo alle prescrizioni previste dalla Norma EN 60439-1. In ogni caso dovranno essere garantiti i seguenti gradi di protezione minimi:

- IP 3X: lati verticali; eventuali aperture di aerazione o drenaggio (schermati internamente con reti o lamiere forate per prevenire l'ingresso di insetti);
- IP 4X: lato superiore e superfici non verticali;
- IP 2X: diaframmi interni.

Ogni quadro dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- Struttura: autoportante con rinforzi nei punti deboli;
- Fissaggio: su controtelaio a pavimento;
- Involucro: lamiere di acciaio trattate e protette;
- Colorazione: RAL 7035;
- Ingresso cavi: dal basso, con piastre asportabili non forate;
- Segregazione: suddivisioni interne con barriere o diaframmi;
- Sbarre: in rame elettrolitico, adatte a sopportare sollecitazioni meccaniche ed elettriche per c.c.;
- Tensione di esercizio: 400-230V 3F+N;
- Tensione di isolamento: 1 kV;
- Frequenza nominale: 50 Hz;
- Stato del neutro: connesso a terra (sistema TN-S).

I quadri dovranno essere predisposti per una totale telegestione (contatti puliti in morsettiera per controllo a distanza di interruttori e contattori).

Le apparecchiature di potenza dovranno avere caratteristiche elettriche in accordo alle normative di riferimento. Se non diversamente precisato, avranno il circuito principale con tensione nominale di isolamento almeno pari a quella del quadro, e potere d'interruzione superiore al massimo valore ammissibile della corrente di corto circuito.

2.10.3 Protezione e comando motori

I ventilatori delle centrali di ventilazione E ed F saranno gestiti da appositi regolatori di frequenza (inverter), per i quali si rimanda al successivo paragrafo 1.1.

Per tutti gli altri ventilatori dovranno essere previsti dispositivi di avviamento diretto, per la marcia, l'arresto e la protezione contro i sovraccarichi, costituiti da contattori e relé termici diretti, conformi alla norma EN 60947-4-1. La categoria di impiego dei contattori dovrà essere di tipo AC3 per motori con rotore a gabbia in servizio continuo e discontinuo.

Per tutte le partenze motori dovrà essere previsto il comando locale e remoto, con la possibilità di segnalazioni, blocchi e consensi a distanza. I dispositivi diretti di protezione dovranno essere di tipo a riarmo manuale.

La protezione contro i corto circuiti dovrà essere realizzata a mezzo di interruttori automatici di categoria A, coordinati con i contattori.

2.10.4 Interruttori automatici

Dovranno essere conformi alla norma EN 60947-2 e previsti con potere d'interruzione di servizio superiore al massimo valore ammissibile della corrente di corto circuito presunta, sia per gli interruttori generali che per quelli secondari di ogni quadro elettrico. Ove previsti, i relé differenziali applicati agli interruttori automatici dovranno essere di tipo a soglia fissa o a tarature regolabili e comprese tra 0,01 e 3A, con tempi di intervento regolabili e compresi tra 0,25 e 5 secondi.

2.10.5 Contattori

Dovranno essere conformi alla norma EN 60947-4-1. Saranno di tipo in aria e di tipo compatto. La tensione di rilascio della bobina in c.a. non dovrà essere superiore al 65% e non inferiore al 30% della tensione nominale.

2.10.6 Relè di protezione

Dovranno essere conformi alla Norma IEC 255, mentre quelli integrati con gli interruttori automatici saranno rispondenti alle Norme EN 60947-2. I relè termici diretti di sovraccarico saranno bimetallici, tripolari, provvisti di protezione contro la mancanza di fase ed al ripristino manuale. Dovranno essere regolabili mediante dispositivo graduato ed operare almeno su un contatto in scambio. L'intervento a regime termico (a caldo) dovrà avvenire approssimativamente per valori di corrente maggiori o uguali a $\frac{1}{4}$ del corrispondente valore di intervento a freddo, cioè con relè a temperatura ambiente.

2.10.7 Trasformatori di corrente e di tensione

I trasformatori di corrente (TA) dovranno essere conformi alla norma IEC 185 e quelli di tensione (TV) alla norma IEC 186. Dovranno avere tensione nominale di isolamento e di funzionamento uguale a quella del quadro; saranno di tipo inscatolato con isolamento in aria o resina.

I trasformatori di corrente dovranno essere adatti a resistere alle sollecitazioni termiche e dinamiche relative alla tenuta al corto circuito del quadro.

2.10.8 Limitatori di sovratensione

Sia i circuiti di potenza sia quelli elettronici e di telecomunicazione dovranno essere protetti dagli effetti delle sovratensioni di origine atmosferica e di manovra, mediante l'installazione di idonei limitatori.

Tali apparecchiature dovranno essere provviste di dispositivo di distacco (con segnalazione ottica), per disconnettere il limitatore in caso di guasto, e di contatto per telesegnalazione.

I limitatori, con i relativi fusibili di sezionamento, dovranno essere installati entro apposite cassette omologate in grado di sopportare gli sforzi elettrodinamici in occasione di scariche dirette o ravvicinate.

2.10.9 Circuiti ausiliari

Le alimentazioni ausiliarie dovranno essere a 230 V 50 Hz. Tutte le apparecchiature ausiliarie dovranno essere conformi alla Norma EN 60947-5, adatte per servizio continuo.

Le apparecchiature ausiliarie dovranno avere una tensione nominale di isolamento uguale a quella del sistema elettrico in cui sono inserite; le apparecchiature direttamente derivate dal sistema elettrico di potenza, dovranno avere una tensione di isolamento uguale a quella del quadro.

2.10.10 Strumenti

Tutti gli strumenti dovranno avere classe di precisione 1,5 o superiore. Dovranno essere adatti per montaggio sul fronte del quadro, in versione da incasso con attacchi posteriori.

2.10.11 Conduttori

La sezione dei conduttori impiegati per la connessione dovrà essere dimensionata in accordo ai valori minimi e massimi prescritti dalla Norma EN 60439-1. In ogni caso dovranno essere rispettate le seguenti sezioni minime:

- 2,5 mm²: circuiti di potenza ed amperometrici;
- 1 mm²: connessioni ausiliarie;
- 1 mm²: interconnessioni delle logiche elettroniche di controllo;
- 1,5 mm²: altri conduttori.

2.10.12 Morsetti di connessione

I morsetti di connessione, sia principali che ausiliari, dovranno essere adatti per il tipo e il materiale dei conduttori previsti, con isolante in melanina od altra plastica ad alta intensità, in accordo alle norme EN 60947-7-1.

I morsetti non facenti parte delle singole apparecchiature dovranno essere di tipo ad elementi componibili montati su profilati normalizzati e raggruppati in morsettiere identificate con un codice riportato su un'apposita targhetta.

2.10.13 Accessori

Ogni quadro dovrà essere dotato di:

- Resistenza anticondensa controllata da termostato;
- Ventilazione interna controllata da termostato;
- Illuminazione interna;
- Golfari di sollevamento;
- Profilati di appoggio ed accessori per il fissaggio;
- Schema elettrico in apposita tasca predisposta;
- Targhe in lastre di materiale plastico autoadesive o fissate con viti e con scritte incise, riportanti:
 - Dati generali (identificativi dl fornitore);
 - Sigla esterna del quadro, ubicata sul fronte;
 - Sigla del circuito o utenza esterna;
 - Sigla dell'apparecchiatura interna o in vista, per ogni apparecchiatura principale e ausiliaria;
 - Raccomandazioni prevenzione infortuni.

2.11 Cavi elettrici BT

Tutti i cavi impiegati nella realizzazione dell'impianto in oggetto dovranno essere rispondenti all'unificazione UNEL ed alle norme costruttive stabilite dal CEI.

In particolare saranno impiegati:

- Cavi flessibili per energia unipolari e multipolari FTG10(O)M1-RF-31-22 isolati in gomma HEPR ad alto modulo, sotto guaina a base di elastomero reticolato di qualità M1, per tensione di esercizio fino a 1 kV, resistenti al fuoco secondo CEI 20-36 / IEC 331, non propaganti l'incendio e la fiamma secondo CEI 20-22 II e CEI 20-35, con assenza di gas corrosivi in caso d'incendio secondo CEI 20-37 I e CEI 20-38, a ridottissima emissione di fumi e gas tossici e corrosivi secondo CEI 20-37 parti 1, 2 e 3 e CEI 20-38.
- Cavi flessibili per energia e segnalazioni multipolari schermati N1VC7V-K isolati in PVC speciale di qualità R2, sotto guaina in PVC speciale di qualità RZ, schermatura antiparassita tramite due nastri di rame, per tensione di esercizio fino a 1 kV, non propaganti l'incendio secondo CEI 20-22 II e CEI 20-14, a ridotta emissione di fumi e gas tossici e corrosivi secondo CEI 20-37 parti 1, 2 e 3.

La sezione dei cavi dovrà rispondere al dimensionamento stabilito in funzione dei seguenti parametri:

- Portata dei cavi con riferimento al valore ammesso dalla Norma IEC 364-5-523, dalle Norme CEI UNEL 35024/1 e 35026 e dalla tabella UNEL 35023-70;
- Condizione di posa più restrittiva nello sviluppo della linea;
- Temperatura ambiente di 30 °C;
- Caduta di tensione non superiore al 5%.
- Dovrà essere rispettata la colorazione dei conduttori secondo le prescrizioni normative: giallo-verde per i conduttori di protezione, blu chiaro per i conduttori di neutro, altri colori per i conduttori di fase.

Nei tratti verticali ed inclinati i cavi dovranno essere fissati alla passerella mediante legatura.

2.12 Accessori

Per la giunzione e derivazione dei cavi elettrici dovranno essere impiegati i seguenti sistemi:

- Giunti di derivazione in amalgama di gel con involucro in materiale plastico autoestinguente e non propagante l'incendio, stagni all'immersione in ac-

qua, classe d'isolamento II, connessioni riaccessibili anche dopo lunghi periodi di esercizio.

In alternativa:

- Cassette in materiale metallico con imbrocchi a tenuta e morsettiera componibile, grado di protezione minimo IP 54.

Per il supporto e il fissaggio delle apparecchiature previste, dovrà essere impiegato materiale in acciaio INOX AISI 304.

3. CONDIZIONI D'INSTALLAZIONE

3.1 Generalità

Nella formazione dei prezzi, l'Appaltatore dovrà tenere conto di tutte le difficoltà di realizzazione, di lavoro, di accessi, di traffico, meteorologiche (basse temperature), altezza ridotta, ecc.

E' da prevedersi che i lavori dovranno essere svolti su più turni.

3.2 Coordinazione

Lo svolgimento dei lavori avverrà secondo le modalità di coordinazione definite dalla direzione lavori, che provvederà ad organizzare le necessarie riunioni a cui dovranno partecipare tutte le imprese che intervengono in galleria.

Durante le riunioni verranno definite le regole di comportamento del personale sul cantiere, la tenuta, gli orari di lavoro, il lavoro contemporaneo con altri appaltatori, lo sgombero delle proprie attrezzature dal cantiere e dai locali di magazzino.

La coordinazione delle modalità di passaggio dei cavi dovrà essere sottoposta alla direzione lavori, quindi l'impresa potrà iniziare i lavori di posa solo previa approvazione degli schemi di passaggio cavi.

3.3 Accesso al cantiere

L'accesso al cantiere e lo sgombero sarà regolamentato ed avverrà secondo le modalità concordate con la direzione lavori. Esso potrà essere inoltre limitato, in seguito alle particolari condizioni di gestione della galleria di sicurezza.

3.4 Lavori in galleria

L'Appaltatore dovrà essere dotato di idonea attrezzatura e mezzi d'opera per svolgere tutte le lavorazioni legate all'installazione dell'impianto di ventilazione in conformità alle norme di sicurezza vigenti.

Sarà responsabilità dell'appaltatore dare la necessaria istruzione tecnica al personale impiegato per l'esecuzione dei lavori previsti.

Il personale impiegato dovrà inoltre essere informato sulle norme di sicurezza da rispettare dal momento dell'entrata sul cantiere fino all'abbandono del medesimo. In caso di condizioni d'esercizio particolari del traforo, il personale dovrà abbandonare la galleria nel minor tempo possibile.

In ogni caso qualsiasi intervento che richieda interferenze con la normale gestione del Traforo dovrà essere preventivamente concordato con la Direzione Lavori e la Società di gestione.

4. PRESCRIZIONI

4.1 Documentazione

La documentazione tecnica dovrà essere redatta in lingua francese e italiana e costituirà parte integrante della fornitura.

Gli elaborati planimetrici, indicanti i percorsi dei cavi elettrici e di strumentazione, nonché il posizionamento delle apparecchiature, saranno eseguiti e forniti su base Autocad in formato .dwg, o almeno nel formato .dxf.

Nel caso in cui sia preferibile per l'appaltatore utilizzare un programma diverso da Autocad, lo stesso diventerà automaticamente oggetto della fornitura e di una adeguata istruzione.

L'appaltatore, oltre alla descrizione accurata della fornitura, dovrà fornire la documentazione di seguito elencata:

4.1.1 Fase preparatoria alla fornitura

- Programma della fornitura;
- Piano di controllo qualità per la fornitura completo delle prove e procedure di collaudo;
- Certificati di collaudo e di conformità dei materiali;
- Elenco e piano di emissione degli elaborati;
- Elenco apparecchiature per i singoli sistemi;
- Lista e programma ordini sub-fornitori;
- Scheda tecnica di tutti i componenti principali (compresi i disegni dimensionali);
- Rapporti di test e prove di costruzione e durata di vita dei prodotti;
- Verifica del dimensionamento cavi;
- Verifica del coordinamento delle protezioni.

4.1.2 Fase preparatoria all'installazione

- Planimetrie con percorso cavi e canalizzazioni;
- Schemi elettrici funzionali e di cablaggio;
- Schemi di interconnessione e distribuzione.

4.1.3 Fase successiva all'installazione

- Manuali e bollettini tecnici contenenti:
 - Principi di funzionamento;
 - Montaggio, taratura e messa in servizio;
 - Attrezzi e strumenti necessari;
 - Istruzione per manutenzioni e individuazione guasti.
- Documentazione as-built contenente:
 - Procedure di taratura;
 - Piano e programma di manutenzione.

- Elenco parti di ricambio per cinque anni con disegni e prezzi.

4.2 Etichettatura

L'Appaltatore sarà tenuto ad eseguire l'identificazione dei componenti dell'impianto secondo le modalità definite dalla direzione lavori.

Pertanto tutte le apparecchiature dovranno essere identificabili con apposite etichette. In particolar modo, per i cavi elettrici, le etichette dovranno essere poste ad interdistanza non superiore a 50 m ed in corrispondenza di cambi di direzione (pozzetti, curve 90°, salite/discese).

4.3 Prove

Di seguito si elencano le prove che l'Appaltatore dovrà eseguire, per quanto applicabili, sui singoli componenti e sull'intero impianto. Tale elenco comprende unicamente prove a livello terreno (0). L'appaltatore sarà comunque tenuto a partecipare, quando convocato dalla direzione lavori, alle prove globali di funzionamento a livello superiore (supervisione).

Nel caso in cui una qualsiasi delle seguenti prove indichi la presenza di un difetto, tale prova e ogni altra prova precedente che possa essere stata influenzata dal difetto segnalato dovranno essere ripetute dopo l'eliminazione del difetto stesso.

I metodi di prova elencati nel presente paragrafo costituiscono metodi di riferimento; è ammesso l'uso di altri metodi di prova, purché essi forniscano risultati altrettanto validi.

4.3.1 Prove prima dell'esecuzione

- Prove sui ventilatori:
 - Prova di stress sul mozzo della girante dopo la saldatura e prima delle lavorazioni meccaniche;
 - Esame radioscopico e/o radiografico ai raggi X delle parti in alluminio secondo le norme ASTM - grado E155 per controllare l'eventuale presenza di occlusioni gassose interne al getto;

- Bilanciatura del ventilatore secondo i livelli richiesti dalle norme ISO 14694, i pesi di bilanciamento dovranno essere equamente fissati su entrambi i lati della girante; la bilanciatura dovrà essere di tipo statico in modo da soddisfare gli standard di vibrazione secondo le norme ISO 1940.
- Prove sui materiali secondo le Norme di prodotto:
 - Controllo del cablaggio dei quadri elettrici;
 - Controllo dei dispositivi di protezione;
 - Controllo grado di protezione;
 - Controllo tenuta d'isolazione dei cavi elettrici;
 - Controllo propagazione incendio cavi elettrici;
 - Controllo emissione fumi cavi elettrici in caso d'incendio;
- Prove speciali su componenti soggetti a norme specifiche.

4.3.2 Prove dopo l'esecuzione

- Esame a vista, da effettuare con l'intero impianto fuori tensione;
- Misure di portata e di pressione;
- Prova della continuità dei conduttori di protezione, compresi i conduttori equipotenziali principali e supplementari;
- Misura della resistenza di isolamento dell'impianto elettrico;
- Verifica della separazione dei circuiti;
- Verifiche aerauliche;
- Prove di funzionamento.

4.4 Accettazione dei lavori

L'accettazione dei lavori avverrà tramite un processo di scioglimento delle riserve emesse dalla direzione lavori.

5. GARANZIE

L'Appaltatore dovrà garantire che i materiali inclusi nella fornitura siano nuovi, che corrispondano alle caratteristiche riportate nelle specifiche, che siano di qualità, che la fabbricazione sia effettuata a regola d'arte, usando tecnologie di produzione consolidate.

L'appaltatore dovrà intervenire a proprio carico per effettuare tutti gli interventi che si rendano necessari in caso di mancato ottenimento delle prestazioni previste. In caso di non ottenimento dei valori garantiti, la direzione lavori dovrà avere la facoltà di rifiutare la fornitura.

6. PARTI DI RICAMBIO

Dovranno essere incluse nella fornitura le parti di ricambio per l'esercizio degli impianti. L'appaltatore dovrà fornire piani esplicativi della lista dei ricambi, che permettano la corretta identificazione di ogni parte nella sua rispettiva posizione di assemblaggio (viste esplose).

Per le parti di ricambio di attrezzatura e/o strumenti non prodotte dal fornitore, dovrà essere indicato il sub-fornitore ed eventuali rappresentanti di riferimento.

Il fornitore dovrà garantire la fornitura dei ricambi originali o simili per 10 anni.

1. INTRODUCTION

1.1 Objet

Le Tunnel routier du Fréjus relie le Piémont à la Savoie (Bardonnèche-Modane), sur l'axe Turin - Lyon. La circulation s'y fait de manière bidirectionnelle sur une largeur de chaussée de 9 mètres et sur une longueur de 12'868 mètres.

Dans le but de sécuriser ultérieurement l'exploitation du tunnel, une galerie de sécurité sera réalisée parallèlement (à une distance d'environ 50 m) au tunnel routier. Des abris, 34 en total, seront réalisés dans les rameaux réalisés environ tous les 367 m entre la galerie et le tunnel routier.

Dans le cadre de la construction de la galerie de sécurité, la réalisation de l'équipement de ventilation est prévue.

L'équipement devra assurer la ventilation nécessaire dans la galerie de sécurité, les abris, les by-pass et les stations techniques, soit en cas d'exploitation normale, soit en cas d'incendie.

1.2 But

Le présent document a pour objet d'indiquer les prescriptions pour la réalisation de l'installation de ventilation en objet.

Ces prescriptions ne devront en aucun cas être considérées limitatives pour l'exécution correcte de l'objet de la fourniture: L'Entrepreneur pourvoira à effectuer les activités complémentaires jugées nécessaires pour assurer des améliorations de la qualité du produit.

Le présent cahier des charges intègre mais ne se substitue pas à toutes les conditions légales qui peuvent être plus rigoureuse.

En outre, il renvoie aux plans, aux schémas et à la note technique auxquels se conformer pendant la construction et l'exécution des travaux.

2. CARACTERISTIQUES DES MATERIELS

2.1 Typologie et qualité des appareils

Tous les appareils et les matériels qui seront utilisés pendant les travaux, devront correspondre à ce qui a été établi dans les lois et les réglementations officielles en vigueur en la matière et être conformes, pour la méthodologie de fabrication, la qualité et les prestations, aux spécifications techniques et à l'ensemble des Normes CEI, IEC, UNI, UNEL et NF.

Tous les appareils électriques et les matériels utilisés, qu'ils constituent une partie d'un assemblage complexe ou qu'ils soient utilisés de façon autonome, devront être dotés, le cas échéant, de certification IMQ ou l'équivalent du pays d'origine; s'ils sont sujets aux directives BT, ils devront en plus disposer de certification CE.

Les appareils devront être produits selon la réglementation de qualité UNI ISO 9001 et devront néanmoins être de la meilleure qualité disponible sur le marché en fonction de son utilisation et selon les dispositions des spécifications techniques décrites par la suite.

2.2 Fourniture équipement

La fourniture de l'équipement de ventilation en objet dans ce cahier des charges devra être de type « clés en main » et seront donc à la charge de l'Entrepreneur toutes les activités nécessaires pour rendre l'équipement parfaitement fonctionnel et complet pour chacune de ses composantes, c'est-à-dire avec ventilateurs, trappes, tableaux de protection et réglage.

Le matériel utilisé doit être le même et uniformisé pour l'ensemble de la fourniture. Des différences par rapport aux spécifications doivent être signalées explicitement dans l'offre.

2.3 Accélérateurs

Soixante-dix accélérateurs devront être installés en couples de deux dans la galerie de sécurité chaque fois à mi-distance entre deux abris.

Exigences générales

Les accélérateurs doivent être conçus d'une manière simple et robuste. En outre, ils doivent pouvoir résister aux conditions agressives dans la galerie pendant leur durée de vie de 20 ans sans perturbations et sans réduction de la sécurité en exploitation.

Afin de garantir une résistance thermique élevée, un certificat d'une institution indépendant doit être présenté attestant leur bon fonctionnement pendant 120 minutes à 200°C.

Les accélérateurs doivent être dimensionnés pour un fonctionnement avec poussée dans le deux sens. En cas d'urgence, la direction de soufflage peut être changée en pas plus que 15 seconds.

Boitier

Le boitier et la suspension centrique du moteur est une construction soudée. Une boîte bornier extérieure est fixée au boitier, avec degré de protection IP65 et pourvue d'entrées pour le chemin des câbles d'alimentation électrique. Le câblage depuis le bornier jusqu'au moteur électrique devra être exécuté en usine.

Le boitier et les silencieux sont produits en acier S235JR ou similaire, zingué selon ISO 1462 (min 50 µm) et recouvert RAL 7030 (min 100 µm).

Silencieux

Les silencieux sont dotés d'une buse d'entrée aérauliquement optimisé, soudé continuellement avec le manteau extérieur. La tôle trouée est faite en acier INOX. Entre cette tôle et le manteau extérieur se trouve une laine minérale insonorisante et non inflammable.

Roue à ailettes

La roue est fabriquée en fonte légère résistante à la corrosion. Le montage de la roue se fait directement sur l'arbre du moteur. L'angle de calage des ailettes est ajustable à l'arrêt.

La roue doit être équilibré dynamiquement selon l'exigence G2,5 de l'ISO 1940.

Moteur électrique

Moteur électrique à induction asynchrone, triphasé, à cage. Le refroidissement du moteur devra être selon les normes B.S. 4999 :1972 et I.E.C.34-6. Isolation en classe H et degré de protection IP55 selon les normes B.S. 4999 :1972 et IEC 34-5. Les paliers devront être sélectionnés selon ISO281-L10 pour une durée de vie d'au moins 40'000 heures. Le moteur devra être dimensionné de sorte que la puissance à l'axe soit égale ou supérieure à la puissance de pointe absorbée par la roue à ailettes. L'exploitation devra être assurée pour des températures depuis un minimum de -20°C jusqu'à un maximum de +200°C pendant 2 heures.

Dispositif antichute

Si la suspension au plafond devait cesser, l'accélérateur est assuré contre la chute sur la chaussée par un dispositif spécifique, composé des chaînes ou câbles en acier INOX, qui de leur côté sont fixés de manière indépendante au plafond. Cette fixation doit être réalisée par des composants en 1.4529 (crochets, cheville).

Equipement de mesure

- En cas de chute (attrapée par le dispositif sur-mentionné), l'alimentation électrique est disjonctée par un interrupteur dédié.
- En cas de fortes vibrations, l'alimentation électrique est disjonctée selon le signal d'un détecteur de vibration monté sur le boîtier.

Characteristics principales

- | | |
|------------------------|------------------------|
| - Direction de poussée | réversible |
| - Distance entre pairs | 370 m |
| - Poussée statique | 750 N |
| - Densité de référence | 1.05 kg/m ³ |
| - Tension | 400 V / 50 Hz / 3F |
| - Puissance du moteur | 25 kW |

- Diamètre extérieur	1000	mm
- Diamètre roue	800	mm
- Insonorisation	75 dB(A) à 10 m sous 45° en champ libre	
- Longueur	3800	mm
- Resistance thermique à 200° C	120	min
- Protection contre la chute à 450° C	120	min

2.4 Ventilateurs

2.4.1 Ventilateurs dans les usines de ventilation "E" et "F"

Quatre ventilateurs devront être installés dans les usines de ventilation E et F, deux par centrale, de type axial avec roue à ailettes directement couplée au moteur électrique.

Un ventilateur consiste en un boîtier avec moteur électrique intégré. La roue à aubes est montée sur l'axe du moteur. La roue tourne dans une boîte travaillée à l'intérieur. Cette élaboration est effectuée mécaniquement afin de maintenir la fente entre roue et boîte la plus petite possible.

Des aubes en aluminium ne sont pas admises à cause de la résistance thermique requise de 400° C pendant 2 heures.

Roue à aubes

La roue consiste principalement :

- des aubes en fonte sphérique ou acier INOX.
- d'un moyeu pour les aubes en fonte sphérique ou acier INOX.

L'angle de calage des aubes est réglable en marche et à l'arrêt par un entraînement hydraulique intégré dans le moyeu.

Démontage d'une aube

Dans le boîtier de roue des aubes, une porte d'inspection est prévue. Après son ouverture, des aubes peuvent être démontées aisément.

Système de calage des aubes

Une centrale hydraulique est pourvue pour chaque ventilateur, qui fournit de l'huile filtrée à une pression donnée. Cette huile passe par des conduites et des tuyaux ainsi qu'un système d'alimentation rotatif à l'intérieur du moyeu, dans lequel se trouve un cylindre hydraulique, qui permet d'ajuster l'angle des aubes.

Boitier du ventilateur et de la roue

Le boîtier est composé d'un manteau extérieur et d'un tube intérieur, muni des aubes directrices entre les deux en aval de la roue. Le moteur électrique est intégré dans le tube intérieur.

Chaque ventilateur dispose d'un système de refroidissement externe afin de protéger son moteur et le système hydraulique en cas d'événement des températures élevées. L'air de refroidissement passe à travers des aubes directrices creuses.

Le caisson de logement est réalisé en acier doux, selon les normes EN10111. Toutes les parties devront être fixées par soudure continue. Au terme des travaux mécaniques, le caisson de logement devra être zingué à bain chaud selon les normes ISO 1459, 1460 et 1461 où cela est approprié, c'est-à-dire au moins de 0.45 kg/m² de zinc correspondant à une épaisseur d'environ 60 µm.

Pour faciliter la lubrification régulière, les graisseurs des paliers moteur devront être reportés à l'extérieur de la caisse de logement par des raccords aptes à résister aux températures d'exploitation en situation d'urgence et avec des graisseurs à sphère pour lubrification au pistolet.

Une boîte bornier extérieure selon la norme IEC 34-5 est fixée à la caisse, avec degré de protection IP55 et pourvue d'entrées pour le chemin des câbles d'alimentation électrique. Le câblage depuis le bornier jusqu'au moteur électrique devra être exécuté en usine.

Unité ventilateur-moteur

Les forces axiales et radiales de la roue sont compensées par les paliers à rouleau du moteur.

Le boîtier du ventilateur en tôle zingué et peint est complètement divisé horizontalement et vissé avec brides d'une manière, que la partie supérieure peut être

démontée. Ceci permet entre autre de changer simplement un moteur et/ou une roue complète.

Moteur électrique

Moteur électrique à induction asynchrone à deux vitesses, triphasé, à cage d'écureuil, totalement fermé et construit selon les normes B.S. 5000 :1975 et I.E.C 34-1. Le refroidissement du moteur devra être selon les normes B.S. 4999 :1972 et I.E.C.34-6. Isolation en classe F et degré de protection IP55 selon les normes B.S. 4999 :1972 et IEC 34-5. Les paliers devront être du type à sphère ou à rouleaux, et devront être sélectionnés selon ISO281-L10 pour une durée de vie moyenne de 100'000 heures. Le moteur devra être dimensionné de sorte que la puissance à l'axe soit égale ou supérieure à la puissance de pointe absorbée par la roue à ailettes. L'exploitation devra être assurée pour des températures depuis un minimum de -20°C jusqu'à un maximum de +400°C pendant 2 heures. Les finitions superficielles devront être obtenues par zingage à chaud par immersion après exécution, selon les normes B.S. 729 :1971, paragraphe 1, avec 0.45 kg/m² de zinc correspondant à une épaisseur d'environ 60 µm.

Stabilité de fonctionnement

Le ventilateur doit avoir une stabilité de fonctionnement élevée et ne doit en aucun point de fonctionnement ou durant le démarrage entrer dans un régime de pompage/instabilité aéraulique.

Prestations aérauliques

Les prestations aérauliques du ventilateur devront être garanties en accord avec les normes ISO 5801, clause 29.2f.

Les points de fonctionnement listés en Tab. 2.1 et Tab. 2.2 doivent être garantis.

Equipement de mesure

Les ventilateurs disposeront de capteurs standards, comprenant en particulier :

- Mesure de débit, pression et température d'air;
- Mesure de vibration;
- Détection d'instabilité aérodynamique;
- Mesure de température, tension et courant des moteurs.

Exigences opérationnelles

- Possibilité d'une opération continue pour une période illimitée à chaque vitesse, sans surchauffe ou autres perturbations.
- Résistance thermique à 400°C pendant 2 heures.
- Au moins 4 démarrages par heure à grande vitesse.
- Temps de démarrage jusqu'à 90% du débit requis en 60 sec.

Accessoires

Les accessoires suivants devront être compris dans la fourniture pour chaque ventilateur:

- pieds de soutien à équerre réalisés en acier doux d'épaisseur adéquate et zingué à chaud après fabrication. Le système de fixation des pieds de soutien devra être réalisé au but de permettre le passage des ventilateurs lors du démontage pour l'entretien ou la révision; les ventilateurs devront pouvoir être descendus vers le bas par les trappes prédisposées.
- Ressorts antivibrations en acier, entre les pieds du support du ventilateur et les murs de soutien latéraux.
- Joints antivibrations à installer aux deux extrémités de la caisse moteur, comprenant 2 contre-flasques en acier doux zingué à chaud après fabrication, soufflet flexible pour hautes températures et clips de serrage;
- Diffuseur en aval du ventilateur réalisée en acier doux zingué à chaud après fabrication.
- Bouche d'aspiration réalisée en acier doux zingué à chaud après fabrication;
- Filet de protection réalisé en acier doux zingué après fabrication ;
- Isolation thermique du ventilateur pour éviter un surchauffe de son local.
- Système de refroidissement secondaire du ventilateur pour garantir le fonctionnement à 400°C pendant deux heures ou bien par refroidissement à eau directe ou bien par un système combiné air/eau.

Characteristics principales

Les ventilateurs devront avoir les caractéristiques suivantes:

- | | |
|---|------------------|
| – Diamètre de la roue | environ 1'800 mm |
| – Diamètre du moyeu | environ 1'250 mm |
| – Diamètre du diffuseur | environ 2'300 mm |
| – Longueur entre buse d'entrée et diffuseur | environ 7'000 mm |

- Puissance électrique moteur 650 kW
- Alimentation 690V / 50 Hz / 3F
- Classe d'isolation F
- Température 400°C pendant 120 min

Régime de fonctionnement (vitesse d'air en galerie en cas d'extraction massive)	Débit volumétrique d'extraction massive à 1.05 kg/m ³	Débit volumétrique ventilateurs à 0.79 kg/m ³	Rapport de pression totale	Puissance (rendement électrique/aéroulque 75%)
2 ventilateurs (3 m/s et 1 m/s)	2 x 90.0 m ³ /s	2 x 120 m ³ /s	3'664 Pa	2 x 586 kW
2 ventilateurs (3 m/s et 1 m/s)	2 x 90.0 m ³ /s	2 x 120 m ³ /s	1'300 Pa	2 x 208 kW
2 ventilateurs (1.5 m/s et 1 m/s)	2 x 56.5 m ³ /s	2 x 75 m ³ /s	2'306 Pa	2 x 230 kW
2 ventilateurs (1.5 m/s et 1 m/s)	2 x 56.5 m ³ /s	2 x 75 m ³ /s	508 Pa	2 x 51 kW
1 ventilateur (3 m/s et 1 m/s)*0.65	1 x 117.0 m ³ /s	1 x 156.0 m ³ /s	2'542 Pa	1 x 529 kW
1 ventilateur (3 m/s et 1 m/s)*0.65	1 x 117.0 m ³ /s	1 x 156.0 m ³ /s	707 Pa	1 x 147 kW

Tab. 2.1: Points de fonctionnement pour les ventilateurs d'extraction massive de la nouvelle centrale B.

Régime de fonctionnement (vitesse d'air en galerie en cas d'extraction massive)	Débit volumétrique d'extraction massive à 1.05 kg/m ³	Débit volumétrique ventilateurs à 0.79 kg/m ³	Rapport de pression totale	Puissance (rendement électrique/aéroulque 75%)
2 ventilateurs (3 m/s et 1 m/s)	2 x 90.0 m ³ /s	2 x 120 m ³ /s	2'130 Pa	2 x 341 kW
2 ventilateurs (3 m/s et 1 m/s)	2 x 90.0 m ³ /s	2 x 120 m ³ /s	1'036 Pa	2 x 166 kW
2 ventilateurs (1.5 m/s et 1 m/s)	2 x 56.5 m ³ /s	2 x 75 m ³ /s	1'291 Pa	2 x 129 kW
2 ventilateurs (1.5 m/s et 1 m/s)	2 x 56.5 m ³ /s	2 x 75 m ³ /s	390 Pa	2 x 39 kW
1 ventilateur (3 m/s et 1 m/s)*0.65	1 x 117.0 m ³ /s	1 x 156.0 m ³ /s	1'496 Pa	1 x 311 kW
1 ventilateur (3 m/s et 1 m/s)*0.65	1 x 117.0 m ³ /s	1 x 156.0 m ³ /s	579 Pa	1 x 120 kW

Tab. 2.2: Points de fonctionnement pour les ventilateurs d'extraction massive de la nouvelle centrale C.

2.4.2 Ventilateurs des abris

La ventilation des abris est prévue avec un groupe de ventilation composé de deux ventilateurs centrifuges, dont un de réserve, ayant les caractéristiques suivantes:

- type radial
- couplage direct
- débit, point 1 0.7 m³/s
- pression statique, point 1 1'400 Pa
- débit, point 2 1.4 m³/s
- pression statique, point 2 600 Pa
- puissance nominale 3.0 kW
- alimentation 400V / 50Hz / 3F
- vitesse de rotation variable par convertisseur
- caisse en acier inox
- bornier IP55
- roue à ailettes en aluminium
- calibration roue à ailettes sur deux axes selon G 2.5 DIN ISO 1940
- degré de protection du moteur IP54
- classe d'isolation B
- température -30°C / +40°C

Le groupe de ventilation devra en plus comprendre:

- un joint flexible pour chaque ventilateur;
- une trappe d'ouverture/fermeture en acier inox pour chaque ventilateur, DN 400, avec moteur électrique à 230 Vac;
- une canalisation en acier inox profilée spécialement pour diriger l'air vers la trappe coupe feu installée dans la parois de séparation entre la galerie de sécurité et l'abri;
- une grille en acier inox fixée en correspondance de la trappe coupe-feu.
- un débitmètre en correspondance de la trappe coupe-feu.

2.4.3 Ventilateurs des by-pass

La ventilation des by-pass est prévue avec un ventilateur centrifuge ayant les caractéristiques suivantes:

- type radial
- couplage direct
- débit 0.46 m³/s
- pression statique 1'400 Pa
- puissance nominale 1.5 kW
- alimentation 400V / 50Hz / 3F
- vitesse de rotation variable par convertisseur
- caisse en acier inox
- bornier IP55
- roue à ailettes en aluminium
- calibration roue à ailettes sur deux axes selon G 2.5 DIN ISO 1940
- degré de protection du moteur IP54
- classe d'isolation B
- température -30°C / +40°C

Le système de ventilation devra en plus comprendre:

- un joint flexible pour le ventilateur;
- une trappe d'ouverture/fermeture en acier inox pour le ventilateur, DN 355, avec moteur électrique à 230 Vac;
- une canalisation en acier inox profilée spécialement pour diriger l'air vers la trappe coupe feu installée dans la parois de séparation entre la galerie de sécurité et l'abri;
- une grille en acier inox fixée en correspondance de la trappe coupe-feu.
- un débitmètre en correspondance du ventilateur.

2.4.4 Ventilation dans les stations techniques

Injection d'air frais

Pour la ventilation des stations techniques à l'intérieur de la galerie de sécurité, il devra être installé un appareil monobloc pour installation au sol, constitué par :

- un ventilateur à vitesse variable;
- un appareil frigorifique refroidi à eau;
- une batterie électrique pour le chauffage;
- un filtre pour l'air;
- une trappe de régulation et une trappe coupe-feu;
- capteurs et dispositif de réglage.

Le monobloc devra garantir le maintien des conditions ambiantes suivantes à l'intérieur des locaux techniques:

- température max. 28°C
- humidité relative max 88%

Les parties qui constituent l'appareil monobloc devront avoir les caractéristiques suivantes:

Ventilateur

- Débit d'air 3.3 m³/s
- Pression 800 Pa
- Puissance 5.5 kW
- Alimentation 400V / 50Hz / 3F
- Vitesse de rotation variable par convertisseur
- Degré de protection IP55
- Classe d'isolation F

Batterie de refroidissement avec appareil frigorifique

- Construction: acier inox
- Puissance compresseur 20 kW
- Puissance pompe d'eau 0.5 kW
- Puissance chaleur de refroidissement 40 kW
- Température de l'air en entrée 30°C (60% humidité relative)
- Température de l'air en sortie 23°C (82% humidité relative)
- Température de l'eau en entrée 25°C
- Température de l'eau en sortie 35°C
- Débit d'eau de 0 à 5.2 m³/h

Batterie chauffante

- Température de l'air en entrée 15°C
- Température de l'air en sortie 20°C
- Puissance électrique de 0 à 19 kW

En considération de l'espace à disposition pour l'installation, le monobloc ne devra pas avoir dimensions supérieures à:

- Largeur 1'400 mm
- Longueur 5'000 mm
- Hauteur 1'400 mm

Le monobloc devra être fourni avec les accessoires suivants, nécessaires pour l'exploitation complète:

- joint flexible sur le ventilateur;
- trappe coupe-feu et trappe d'ouverture/fermeture en acier inox avec moteur électrique à 230 Vac;
- filtre pour l'air de classe F7;
- capteurs de pression, de température et d'humidité;
- débitmètre;
- dispositif de réglage;
- raccordements aux tuyauterie d'arrivée et de décharge de l'eau;
- connexions électriques d'alimentation et de signal

Un tableau électrique pour la commande, le contrôle et la protection du monobloc devra être compris dans la fourniture. Le tableau, équipé des régulateurs de fréquence (convertisseur) pour la modulation de la vitesse de rotation du ventilateur et du compresseur, devra être installé dans le local BT de la station technique.

Les canalisations d'injection de l'air depuis le monobloc vers les locaux techniques devront être réalisées en acier inox et suspendues en voûte des stations techniques par des supports spéciaux en acier inox fixés au parois.

Les canalisations devront être fournies équipées de manchons de mesure, couvercles de révision et plaquettes d'indication de la fonction.

Sur les canalisations devront être fixées des grilles en acier inox à réglage manuel.

Evacuation air vicié

Les canalisations de reprise de l'air depuis les locaux techniques vers la galerie de sécurité devront être réalisées en acier inox et suspendues aux parois des stations techniques par supports spéciaux en acier inox fixés au parois.

Les canalisations devront être fournies équipées de manchons de mesure, couvercles de révision et plaquettes d'indication de la fonction.

Sur les canalisations devront être fixées des grilles en acier inox à régulation manuelle.

L'expulsion de l'air réchauffé vers la galerie de sécurité se fera avec deux ventilateurs, ayant les caractéristiques suivantes:

- Nombre 2
- Débit d'air 2 x 1.3 m³/s
- Pression 150 Pa
- Puissance 1.0 kW
- Alimentation 400V / 50Hz / 3F
- Vitesse de rotation variable par convertisseur
- Degré de protection IP55

Des régulateurs de fréquence (convertisseur) pour la modulation de la vitesse de rotation des ventilateurs d'évacuation de l'air vicié vers la galerie devront être compris dans la fourniture du tableau électrique de commande et contrôle du monobloc d'injection air frais.

Un débit partiel de l'air vicié est expulsé vers le tunnel au lieu de la galerie. Il devra donc être installé une unité d'évacuation composée par :

– un ventilateur axial à vitesse variable

- Débit d'air 0.85 m³/s
- Pression 1'400 Pa
- Puissance 2.2 kW
- Alimentation 400V / 50Hz / 3F
- Vitesse de rotation variable par convertisseur
- Degré de protection IP55
- un débitmètre en correspondance du ventilateur.

Un régulateur de fréquence (convertisseur) pour la modulation de la vitesse de rotation du ventilateur d'évacuation de l'air vicié vers le tunnel devra être compris dans la fourniture du tableau électrique de commande et contrôle du monobloc d'injection air frais.

2.5 Circuits d'eau de refroidissement

La chaleur dissipée par les condensateurs des appareils frigorifiques dans les ST et le refroidissement des ventilateurs de l'extraction massive est transmise à deux circuits d'eau de refroidissement dans la galerie de sécurité. Un circuit est prévu du côté français, tandis que le deuxième circuit asservira les ST du côté italien. Comme tube d'entrée, le tube d'air comprimé de la phase de construction avec un diamètre intérieur de 200 mm est réutilisé (rapport 6145.2-R-05A). Comme tube de retour, par contre, un tube avec un diamètre extérieur de 125 mm et un diamètre inférieur de 110.2 mm est suffisant.

Conduites d'eau de retour

- Matériaux	PE
- Diamètre extérieur	125.0 mm
- Diamètre intérieur	110.2 mm
- Pression admissible	PN 16
- Longueur	2 x 5'700 m = 11'400 m

Pompes d'eau aux portails

Côté France :

- Débit d'eau	23.4 m ³ /h
- Pression	5.3 bar
- Puissance	6.0 kW
- Vitesse de rotation	variable par convertisseur

Côté Italie :

- Débit d'eau	23.4 m ³ /h
- Pression	3.0 bar
- Puissance	3.5 kW
- Vitesse de rotation	variable par convertisseur

2 x Tours de refroidissement (France, Italie)

Le type considéré ici est évaporatoire afin de pouvoir refroidir à une température inférieure à la température externe en été.

- Puissance thermique	300 kW
- Débit d'eau	23.4 m ³ /h
- Température d'entrée	35° C
- Température de sortie	25° C
- Puissance ventilateur	4 kW

Les circuits de refroidissement devront être fournis avec les accessoires suivants, nécessaires pour l'exploitation complète:

- capteurs de pression, de température et d'humidité;
- débitmètres;
- dispositifs de réglage;
- raccordements aux tuyauterie dans les ST et les centrales d'extraction massive;
- connexions électriques d'alimentation et de signal

2.6 Trappes/Registres

2.6.1 Registres à papillon pour ventilateurs dans les usines "E" et "F"

L'installation de deux registres d'ouverture/fermeture par ventilateur installé dans les usines de ventilation E et F est prévu.

Les registres à papillon devront être certifiés pour :

- Etanchéité de 0.1 m³/s par m² à 2.5kPa.
- Résistance thermique 400° pendant 2 heures.

Les registres devront être réalisés en acier inox AISI 304 et constituées par:

- Châssis équipé de flasques percées sur les deux côtés. La construction doit être rigide pour prévenir les blocages ou les vibrations.
- Pivot en acier inox AISI 304 avec mouvement en laiton à haute résistance et auto lubrifié.

Elles devront être fournies avec accessoires de fixation en acier inox et câbles d'alimentation et de signal au tableau électrique.

2.6.3 Trappes de fermeture

Les trappes de fermeture devront avoir les caractéristiques suivantes :

	Nombre	Dimensions
By-pass : côté galerie, entrée d'air	5	500 x 400 mm
By-pass : côté galerie, sortie d'air	5	200 x 200 mm
ST :	2 x 8	550 x 350 mm
ST :	1 x 8	450 x 350 mm
ST :	2 x 8	550 x 500 mm

- Construction en acier inox AISI 304
- Résistance thermique 80° C
- Température nominale 60° C
- Soutiens extérieurs en acier inox
- Alimentation 230 Vac
- Pression admissible en pos. fermée +/-2000 Pa
- Actionnement électrique jusqu'à +/-2000 Pa
- Etanchéité 0.1 m³/s par m² à 2000 Pa.

Elles devront être fournies avec accessoires de fixation en acier inox et câbles d'alimentation et de signal au tableau électrique.

2.6.4 Trappes manuelles

Les trappes manuelles devront avoir les caractéristiques suivantes :

	Nombre	Dimensions
ST :	7 x 8	300 x 350 mm
ST :	3 x 8	550 x 350 mm
ST :	1 x 8	800 x 500 mm

ST :	1 x 8	550 x 800 mm
ST :	2 x 8	350 x 450 mm
ST :	1 x 8	300 x 450 mm

- Construction en acier inox AISI 304
- Résistance thermique 80° C
- Température nominale 60° C
- Soutiens extérieurs en acier inox
- Etanchéité 0.1 m³/s par m² à 1000 Pa.

Elles devront être fournies avec accessoires de fixation en acier inox.

2.6.5 Trappes coupe feu

Les trappes coupe-feu devront avoir les caractéristiques suivantes :

	Nombre	Dimensions
Abri : entre galerie et abri	34	1'000 x 600 mm
Abri : entre abri et SAS	34	1'000 x 600 mm
Abri : entre SAS et tunnel	34	1'000 x 600 mm
By-pass : côté galerie, entrée d'air	5	500 x 400 mm
By-pass : côté galerie, sortie d'air	5	200 x 200 mm
By-pass : côté tunnel	5	700 x 200 mm
ST :	4 x 8	200 x 200 mm
ST :	1 x 8	200 x 250 mm
ST :	3 x 8	200 x 300 mm
ST :	1 x 8	200 x 350 mm
ST :	1 x 8	200 x 400 mm
ST :	1 x 8	200 x 600 mm
ST :	1 x 8	200 x 1200 mm
ST :	4 x 8	350 x 350 mm
ST :	6 x 8	350 x 500 mm
ST :	1 x 8	350 x 550 mm
ST :	5 x 8	350 x 600 mm
ST :	4 x 8	350 x 700 mm
ST :	2 x 8	350 x 1100 mm
ST :	1 x 8	DN 630

- Construction en acier inox AISI 304
- Certification AEAI
- Alimentation 230 Vac

et devront être équipées de:

- servomoteur;
- appareil de connexion et de transmission des signaux;
- dispositif de protection thermo-électrique.

Les trappes devront être équipées de système de commande et contrôle intégré THC et devront être aptes à interrompre les foyers d'incendie dans les systèmes de ventilation et de climatisation. En plus elles devront être fournies équipées d'accessoires de fixation en acier inox et de câbles d'alimentation et de signal au tableau électrique.

2.7 Silencieux dans les centrales "E" et "F"

L'atténuation acoustique des ventilateurs dans les usines de ventilation E et F devra être effectuée par des silencieux à installer entre l'ouverture d'extraction massive et du côté d'aspiration des ventilateurs.

Les silencieux seront composés par des cloisons absorbeurs phoniques d'épaisseur 200 mm, installés en files espacées de 200 mm l'une de l'autre. Ils devront avoir une hauteur égale à celle du local d'installation (4'000 mm environ) et une longueur d'environ 1'400 mm, avec profil aérodynamique aux extrémités.

Les cloisons devront être réalisées en acier inox AISI 304 et composées par un châssis avec micro-nervures d'épaisseur 8/10. A l'intérieur du châssis devra être installé le matériel d'absorption phonique en classe 0 de densité 60 kg/m³, protégé par une couche en verre; le tout fermé par une tôle micro-étirée d'épaisseur 8/10 en acier AISI 304.

Les cloisons acoustiques devront avoir la même résistance thermique comme les ventilateurs d'extraction massive de 400°C pendant 2 heures.

2.8 Equipement de montage et maintenance, centrales "E" et "F"

2.8.1 Cric sur monorail

Chaque lieu de montage d'un ventilateur est muni d'un cric sur monorail monté en voûte, qui permet de monter/descendre le ventilateur et ses accessoires (registres, system hydraulique, etc.).

– Nombre	4
– Parcours	environ 9 m
– Degrée de protection	IP 55
– Capacité de charge	20'000 kg

- Température d'exploitation -20/+50° C.

2.8.2 Trappe sous ventilateur

Chaque ventilateur est levé depuis le niveau de la chaussée à son lieu de montage à travers une ouverture dans le faux plafond. Cette ouverture est ensuite fermée avec une trappe métallique, qui est pivotée dans son position de fermeture à l'aide du cric.

- Dimension 3.50 x 6.00 m
- Température d'exploitation -20/+50° C
- Température maximale +400° C

2.9 Déflecteurs dans les centrales "E" et "F"

En aval de chaque ventilateur d'extraction massive, le courant d'air doit suivre un coude de 90° avant d'entrer dans la galerie de raccordement. Afin de limiter la perte de charge à cet endroit, des déflecteurs métalliques sont prévus.

- Résistant à l'ambiance agressive (gaz d'échappement, eau et humidité, électro-corrosion).
- Température d'exploitation: -20/+400° C.

2.10 Equipement de mesure

2.10.1 Capteurs de monoxyde de charbon

- Nombre: 6, chaque fois au milieu d'un canton.
- Valeurs de pré-alarme et d'alarme programmable à distance.
- Résistant à l'ambiance agressive (gaz d'échappement, eau et humidité, électro-corrosion)
- Température d'exploitation: -20/+50° C
- Appareils divisés en deux parts : Sonde de mesure à installer dans la galerie et unité d'évaluation dans l'abri le plus proche.

2.10.2 Capteurs d'opacité

- Nombre: 6, chaque fois au milieu d'un canton.
- Valeurs de pré-alarme et d'alarme programmable à distance.
- Résistant à l'ambiance agressive (gaz d'échappement, eau et humidité, électro-corrosion)
- Température d'exploitation: -20/+50°C
- Appareils divisés en deux parts : Sonde de mesure à installer dans la galerie et unité d'évaluation dans l'abri le plus proche.

2.10.3 Capteurs de température

- Nombre: 6, chaque fois au milieu d'un canton.
- Valeurs de pré-alarme et d'alarme programmable à distance.
- Résistant à l'ambiance agressive (gaz d'échappement, eau et humidité, électro-corrosion)
- Température d'exploitation: -20/+50°C
- Appareils divisés en deux parts : Sonde de mesure à installer dans la galerie et unité d'évaluation dans l'abri le plus proche.

2.10.4 Mesure de l'écoulement d'air

- Nombre: 6, en correspondance aux portails ainsi que de chaque côté des centrales E & F
- Valeurs de pré-alarme et d'alarme programmable à distance.
- Résistant à l'ambiance agressive (gaz d'échappement, eau et humidité, électro-corrosion)
- Température d'exploitation: -20/+50°C

2.10.5 Mesure de la pression différentielle

- Nombre: $34+5+8=47$, entre chaque abri et le tunnel, entre chaque by-pass et le tunnel et entre chaque local tampon/SAS des ST et le tunnel.
- Température d'exploitation: -20/+50°C

2.10.6 Exigences

Grandeur mesurée	Domaine de mesure	Précision de la mesure
Vitesse et direction de l'écoulement d'air	-12 à +12 m/s	+/- 0.1 m/s +/- 1% de la valeur mesurée
Opacité en exploitation normale	0 à 0.015 m ⁻¹	+/- 0.0005 m ⁻¹
CO	0 à 250 ppm	0 à 60 ppm : +/- 5 ppm 60 à 250 ppm : +/- 15 ppm
Température	-40 à 50 °C	+/- 1 °C
Pression différentielle	-1000 à 2000 Pa	+/- 20 Pa +/- 1% de la valeur mesurée

Tab. 2.3: Exigences minimales posées aux instruments de mesure.

2.11 Tableaux électriques

2.11.1 Généralités

Les ventilateurs et les trappes devront être alimentées et protégées par des tableaux électriques spéciaux, à installer dans les stations techniques et les abris. Les tableaux, les appareils et les composants devront être réalisés selon les normes correspondantes en assurant que:

- les conditions normales de service soient celles prévues par les normes EN 60439-1 et IEC 439-1;
- les appareils installés et les barres respectent les valeurs nominales prévues pour les charges à alimenter;
- les barres dérivées pour l'alimentation de plusieurs circuits soient rapportées à la somme des courants nominaux des charges plus 25% du courant nominal de la charge ayant le plus grand courant nominal.

Les tableaux seront de type Motor Control Center, prédisposés pour permettre l'extension sur les deux côtés. Aussi les barres seront forées et prédisposées pour les extensions à venir.

Ils auront un système modulaire à tiroir extractibles et l'accessibilité au secteur câbles en entrée et en sortie devra être possible par le front, sans danger de

contact avec des parties sous tension, pour permettre l'installation du tableau contre les parois.

2.11.2 Caractéristiques principales

Les matériels devront avoir des caractéristiques adaptées au lieu d'installation, aux conditions de service et de transport. L'utilisation des matériels de série et normalisés, disponibles sur le marché, sera maximisée.

Les tableaux devront être construits selon un projet mécanique, enveloppe et degré de protection en accord avec les prescriptions prévues par la norme EN 60439-1. En tout cas, les degrés de protection minimum suivants devront être garantis :

- IP 3X: côté verticaux ; éventuelles ouvertures d'aération ou de drainage (protégées à l'intérieur par des filets ou des tôles percées pour prévenir l'entrée des insectes);
- IP 4X: côté supérieur et surfaces non verticales;
- IP 2X: diaphragmes intérieurs.

Chaque tableau devra avoir les caractéristiques suivantes :

- structure auto-portante avec renforts aux points faibles
- fixation sur contre-châssis au sol
- enveloppe tôle en acier traitée et protégée spécialement
- couleur RAL 7035
- entrée des câbles par le bas, par plaques amovibles non percées
- isolement subdivisions internes par barrières ou diaphragmes
- barres en cuivre électrolytique, aptes à supporter les sollicitations mécaniques et électriques pour court circuit
- tension d'exploitation 400-230V 3F+N
- tension d'isolation 1 kV
- fréquence nominale 50 Hz
- état du neutre connecté à terre (système TN-S)

Les tableaux devront être prédisposés pour une télé-gestion totale (contacts propres en bornier pour le contrôle à distance des interrupteurs et contacteurs).

Les appareils de puissance devront avoir des caractéristiques électriques selon les normes de référence. Sauf précision différente, ils auront le circuit principal avec une tension nominale d'isolement au moins égal à celle du tableau, et un pouvoir d'interruption supérieur à la valeur limite maximum du courant de court circuit.

2.11.3 Protection et commande moteurs

Les ventilateurs des usines E et F seront exploités par régulateurs de fréquence (convertisseurs), pour lesquels on renvoie au paragraphe suivant 1.1.

Pour tous les autres ventilateurs, des dispositifs de branchement direct devront être prévus, pour la marche, l'arrêt et la protection contre les surcharges, composés par des disjoncteurs et des relais thermiques directs, en conformité avec la norme EN 60947-4-1. La catégorie d'emploi des disjoncteurs devra être de type AC3 pour moteurs à cage en service continu et discontinu.

Pour tous les départs moteurs les commandes locale et à distance devront être prévues, avec la possibilité de signalisations, blocages et approbations à distance.

Les dispositifs directs de protection devront être de type à réarmement manuel.

La protection contre les courts-circuits devra être réalisée au moyen d'interrupteurs automatiques de catégorie A, coordonnés avec les disjoncteurs.

2.11.4 Interrupteurs automatiques

Les interrupteurs automatiques devront être conformes à la Norme EN 60947-2 et prévus avec pouvoir d'interruption de service supérieur à la valeur limite maximale du courant de court circuit présumée, aussi bien pour les interrupteurs généraux que pour les secondaires de chaque tableau électrique. Lorsqu'ils sont prévus, les relais différentiels appliqués aux interrupteurs automatiques devront être de type à seuil fixe ou à étalonnages réglables et compris entre 0,01 et 3A, avec des temps d'intervention réglable compris dans le domaine entre 0,25 et 5 secondes.

2.11.5 Contacteurs

Les contacteurs devront être conformes à la Norme EN 60947-4-1. Ils seront de type en air et de type compact. La tension de relâchement de la bobine en c.a. ne devra pas être supérieure à 65% et pas inférieure à 30% de la tension nominale.

2.11.6 Relais de protection

Les relais de protection devront être conformes à la Norme IEC 255, tandis que ceux qui sont intégrés avec les interrupteurs automatiques seront conformes aux Normes EN 60947-2. Les relais thermiques directs de surcharge seront bimétalliques, tripolaires, pourvu de protection contre le manque de phase et à rétablissement manuel. Ils devront être réglables par dispositif gradué et opérer au moins sur un contact en échange. L'intervention à régime thermique (à chaud) devra arriver pour des valeurs de courant supérieures ou égales à $\frac{1}{4}$ de la valeur correspondante d'intervention à froid, c'est-à-dire avec relais à la température ambiante.

2.11.7 Transformateurs de courant et de tension

Les transformateurs de courant (TA) devront être conformes à la Norme IEC 185 et les transformateurs de tension (TV) à la Norme IEC 186. Ils devront avoir une tension nominale d'isolement et de fonctionnement égale à celle du tableau; ils seront de type emboîté avec isolement en air ou en résine.

Les transformateurs de courant devront être aptes à résister aux sollicitations thermiques et dynamiques relatives à la tenue en court circuit du tableau.

2.11.8 Limiteurs de surtension

Les circuits de puissance et les circuits électroniques et de télécommunication devront être protégés pour les effets des surtensions d'origine atmosphérique et de manœuvre, par l'installation de limiteurs adaptés.

De tels appareils doivent être pourvus de dispositif de détachement (avec signalisation optique), pour déconnecter le limiteur en cas de panne, et de contact par télé-signalisation.

Les limiteurs, avec les fusibles de sectionnement correspondants, devront être installés dans des boîtiers spéciaux homologués, aptes à supporter les efforts électrodynamiques en cas de décharges directes ou rapprochées.

2.11.9 Circuits auxiliaires

Les alimentations auxiliaires devront être à 230V 50Hz. Tous les appareils auxiliaires devront être conformes à la Norme EN 60947-5, adaptés pour service continu.

Les appareils auxiliaires devront avoir une tension nominale d'isolement égale à celle du système électrique dans laquelle ils sont insérés; les appareils dérivés directement par le système électrique de puissance devront avoir une tension d'isolement égale à celle du tableau.

2.11.10 Instrumentation

Toute l'instrumentation devra avoir une classe de précision 1,5 ou supérieure. Elle devra être prévue pour assemblage sur le front du tableau, en version encastrée avec points d'attache postérieurs.

2.11.11 Conducteurs

La section des conducteurs employés pour la connexion devra être dimensionnée en accord avec les valeurs minimums et maximums prescrites par la Norme EN 60439-1. En tout cas il faudra respecter les sections minimums suivantes:

- 2,5 mm²: circuits de puissance et ampèrometriques
- 1 mm²: connexions auxiliaires
- 1 mm²: interconnexions des logiques électroniques de contrôle
- 1,5 mm²: autres conducteurs

2.11.12 Borniers de connexion

Les borniers de connexion aussi bien principaux qu'auxiliaires, devront être adaptés pour le type et le matériel des conducteurs prévus, avec isolant en mélanine ou autre plastique à haute intensité, en accord avec les Normes EN 60947-7-1.

Les borniers qui ne font pas partie des appareils devront être de type à éléments, installés sur profilés normalisés et regroupés en borniers identifiés par un code reporté sur une plaquette spéciale.

2.11.13 Accessoires

Chaque tableau devra être équipé de:

- résistance contrôlée par thermostat pour éviter la condensation;
- ventilation intérieure contrôlée par thermostat;
- éclairage intérieur;
- pitons de soulèvement;

- profilé d'appui et accessoires pour la fixation;
- schéma électrique en pochette spéciale prédisposée;
- plaques en feuilles de matière plastique autoadhésives ou fixées par des vis et gravées avec les inscriptions suivantes:
 - données générales (identificateurs du fournisseur);
 - sigle extérieur au tableau, située sur le front;
 - sigle du circuit ou besoin extérieur;
 - sigle de l'appareil intérieur ou visible, pour chaque appareil principal et auxiliaire;
 - recommandations pour prévenir les accidents.

2.12 Câbles électriques BT

Tous les câbles utilisés pour la réalisation des équipements en objet devront répondre à l'unification UNEL et aux normes constructives établies par CEI.

En particulier, seront employés:

- Câbles électriques d'alimentation flexibles unipolaires et multipolaires FTG10(O)M1-RF-31-22 isolés en caoutchouc HEPR à haut module, sous guidage à base d'élastomère réticulé de qualité M1, pour tension d'exploitation pouvant atteindre 1 kV, résistants au feu selon CEI 20-36 / IEC 331, qui ne propagent pas l'incendie et la flamme selon CEI 20-22 II et CEI 20-35, sans dégagement de gaz corrosifs en cas d'incendie selon CEI 20-37 I et CEI 20-38, à émission très réduite de fumées et gaz toxiques et corrosifs selon CEI 20-37 paragraphes 1, 2 et 3 et CEI 20-38.
- Câbles électriques d'alimentation et signaux, flexibles, multipolaires antiparasites N1VC7V-K isolés en PVC spécial de qualité R2, sous guidage en PVC spécial de qualité RZ, antiparasite par 2 rubans de cuivre rouge, pour tension d'exploitation pouvant atteindre 1 kV, qui ne propagent pas l'incendie selon CEI 20-22 II et CEI 20-14, à émission réduite de fumées et gaz toxiques et corrosifs selon CEI 20-37 paragraphes 1, 2 et 3.

La section des câbles devra satisfaire au dimensionnement établi en fonction des paramètres suivants :

- capacité des câbles avec référence aux valeurs admises par la Norme IEC 364-5-523, par les Normes CEI UNEL 35024/1 et 35026 et par le tableau UNEL 35023-70;
- condition d'installation plus restrictive lors du développement de la ligne;
- température ambiante de 30°C;
- chute de tension ne dépassant pas 5 %.

Il faudra que la couleur des conducteurs soit respectée selon les prescriptions normatives: jaune-vert pour les conducteurs de protection, bleu clair pour les conducteurs de neutre, autres couleurs pour les conducteurs de phase.

Dans les tronçons verticaux et inclinés, les câbles devront être fixés au chemin de câbles par ligature.

2.13 Accessoires

Pour la jonction et la dérivation des câbles électriques les systèmes suivants devront être utilisés:

- jonctions de dérivation en mélange de gel avec enveloppe en matière plastique auto-extinctible et qui ne propagent pas l'incendie, étanches pendant immersion dans l'eau, classe d'isolation II, connexions accessibles même après des périodes prolongées d'exploitation;

en alternative:

- boîtiers en matériel métallique avec embouchures à tenue et bornier compatible, degré de protection minimum IP 54.

Pour le support et la fixation de chaque appareil prévu, il faudra utiliser du matériel en acier inox AISI 304.

3. CONDITIONS D'INSTALLATION

3.1 Généralités

Dans le cadre de la formation des prix, l'Entrepreneur devra tenir compte de toutes les difficultés de réalisation, de travail, d'accès, de trafic, météorologiques (basses températures), hauteur réduite, etc.

Il faudra prévoir que les travaux devront se dérouler pendant plusieurs postes de travail.

3.2 Coordination

Le déroulement des travaux sera soumis aux modalités de coordination définies par la Maîtrise d'Œuvre, qui pourvoira à l'organisation des réunions nécessaires où toutes les Entreprises intervenant dans la galerie seront tenues de participer.

Pendant les réunions seront définies les règles de comportement du Personnel du chantier, la tenue, les horaires de travail, le travail contemporain avec les autres Entrepreneurs, le transport des propres outils depuis le chantier et depuis les locaux de stockage.

La coordination des modalités de passage des câbles devra être soumise à la Maîtrise d'œuvre ; l'Entreprise pourra donc débiter les travaux d'installation seulement après approbation préalable des schémas du tracé des câbles.

3.3 Accès au chantier

L'accès au chantier et le transport seront réglementés et seront soumises aux modalités fixées en accord avec la Maîtrise d'Œuvre. De plus ils pourront aussi être limités suite aux conditions particulières de gestion de la galerie de sécurité et du tunnel routier.

3.4 Travaux dans la galerie

L'Entrepreneur devra être équipé de l'outillage approprié et de moyens de travaux pour le déroulement de tous les travaux concernant l'installation de l'équipement d'alimentation en conformité avec les normes de sécurité en vigueur.

Il sera de la responsabilité de l'Entrepreneur de donner l'instruction technique nécessaire au Personnel employé pour l'exécution des travaux prévus.

Le Personnel employé devra en plus être informé sur les normes de sécurité à respecter depuis le moment de l'entrée sur le chantier jusqu'à son abandon.

Suite à des situations particulières de l'exploitation du tunnel, le Personnel devra être préparé à évacuer la galerie dans un délai de temps le plus petit possible.

En tout cas, toute intervention qui empêche l'exploitation normale du tunnel devra être mise au point à l'avance avec la Maîtrise d'Œuvre et les Sociétés d'exploitation.

4. PRESCRIPTIONS

4.1 Documentation

La documentation technique devra être rédigée en langue française et italienne et constituera une partie intégrante de la fourniture.

Les documents planimétriques, indiquant les parcours des câbles électriques et de l'instrumentation, ainsi que le positionnement des appareils seront exécutés et fournis sur base Autocad en format. dwg, ou au moins en format. dxf.

Dans le cas où l'Entrepreneur préfère utiliser un programme différent que Autocad, ce programme deviendra automatiquement objet de la fourniture et d'une instruction adéquate.

Outre la description soignée de la fourniture, l'Entrepreneur devra fournir la documentation décrite par la suite:

4.1.1 Phase préparatoire à la fourniture

- planning de la fourniture;

- plan de contrôle qualité pour la fourniture complète des essais et des procédures de réception;
- certifications d'essai et de conformité des matériels;
- liste et planning d'émission des dossiers;
- liste des appareils pour chaque système;
- liste et planning des ordres aux sub-fournisseurs;
- fiche technique de tous les composants principaux (y compris les dessins dimensionnels);
- rapports de tests et essais de construction et durée de vie des produits;
- contrôle du dimensionnement des câbles;
- contrôle de la coordination des protections.

4.1.2 Phase préparatoire à l'installation

- planimétrie représentant chemins des câbles et canalisations;
- schémas électriques fonctionnels et de câblage;
- schémas d'interconnexion et distribution.

4.1.3 Phase successive à l'installation

- Manuels et bulletins techniques contenant:
 - principes de fonctionnement;
 - assemblage, étalonnage et mise en service;
 - outils et instrumentation nécessaire;
 - instruction pour entretien et identification des pannes.
- Documentation as-built contenant:
 - procédures d'étalonnage;
 - planning d'entretien;
- Liste des pièces de rechange pour cinq ans avec plans et prix.

4.2 Étiquetage

L'entrepreneur sera tenu d'exécuter l'identification des composants de l'équipement selon les modalités définies par la Maîtrise d'Ouvrage.

En conséquence tous les appareils devront être identifiables par des étiquettes appropriées. En particulier, pour les câbles électriques, les étiquettes devront être installées avec un écart qui n'est pas supérieur à 50 m et en correspondance des changements de direction (regards, courbes à 90°, remontées).

4.3 Essais

Par la suite sont énumérés les essais que l'Entrepreneur devra exécuter, le cas échéant, sur chaque composante et sur l'équipement entier. Cette liste comprend uniquement les essais de niveau terrain. L'Entrepreneur sera en tout cas obligé à participer, sur convocation par la Maîtrise d'Œuvre, aux essais globaux de fonctionnement à niveau supérieur (supervision).

Au cas où on constaterait un défaut pendant un essai quelconque, cet essai et tout autre essai exécuté précédemment qui pourrait avoir été influencé par le défaut signalé, devront être répétés après l'élimination du défaut lui-même.

Les méthodes d'essai énumérées dans ce paragraphe constituent des méthodes de référence; il est admis l'utilisation d'autres méthodes d'essai, pour autant qu'elles fournissent des résultats aussi valides.

4.3.1 Essais avant l'exécution

- essais sur les ventilateurs:
 - essai de contraintes sur le moyeu de la roue à ailettes après soudure et avant les réalisations mécaniques
 - examen radioscopique et/ou radiographique au rayons X des pièces en aluminium selon les normes ASTM - degré E155 pour contrôler d'éventuelles occlusions gazeuses intérieures à la coulée;
 - équilibrage du ventilateur selon les niveaux demandés par les normes ISO 14694; les poids d'équilibrage devront être fixés également sur les deux côtés de la roue à ailettes; l'équilibrage devra être de type statique afin de satisfaire aux standards de vibration selon les normes ISO 1940.
- essais sur les matériels selon les Normes de produit:
 - contrôle du câblage des tableaux électriques;
 - contrôle des dispositifs de protection;
 - contrôle du degré de protection;

- contrôle de la tenue d'isolation des câbles électriques;
- contrôle de propagation incendie des câbles électriques;
- contrôle d'émission de fumées des câbles électriques en cas d'incendie;
- essais spéciaux sur composants sujets à des Normes spécifiques.

4.3.2 Essais après l'exécution

- examen visuel, à effectuer avec l'équipement entier hors tension;
- essai de débit et de pression;
- essais de la continuité des conducteurs de protection, y compris les conducteurs équipotentiels principaux et supplémentaires;
- mesure de la résistance d'isolation de l'équipement électrique;
- contrôle de la séparation des circuits;
- contrôles aérodynamiques;
- essais de fonctionnement.

4.4 Acceptation des travaux

L'acceptation des travaux sera avérée par un procès-verbal de levée des réserves émises par la Maîtrise d'Oeuvre.

5. GARANTIES

L'Entrepreneur devra garantir que les matériels inclus dans la fourniture sont neufs, qu'ils correspondent aux caractéristiques reportées dans les spécifications, qu'ils sont de qualité, que la fabrication est effectuée dans les règles de l'art, en utilisant des technologies de production consolidées.

L'Entrepreneur devra intervenir à ses frais pour effectuer toutes les interventions qui se rendent nécessaires en cas de manquement aux prestations prévues. En cas de non-obtention des valeurs garanties, la Maîtrise d'Œuvre devra avoir la possibilité de refuser la fourniture.

6. PIECES DE RECHANGE

Dans la fourniture devront être incluses les pièces de rechange pour l'exploitation des équipements. L'Entrepreneur devra fournir les plans explicatifs de la liste des pièces de rechange, qui permettent le repérage correcte de chaque pièce dans sa position d'assemblage respective (vue explosée).

Pour les pièces de rechange des outils et/ou instrumentations qui ne sont pas produites par le fournisseur, il devra être indiqué le sous-fournisseur et l'éventuel représentant de référence.

Le fournisseur devra garantir la fourniture des pièces de rechange, originales ou équivalentes, pendant 10 ans.