

Regione Autonoma Friuli - Venezia Giulia

DIREZIONE REGIONALE DELLA VIABILITA' E DEI TRASPORTI

Legge 21 dicembre 2001 n. 443 (c.d. "Legge obiettivo")
Primo Programma Nazionale Infrastrutture Strategiche
Intesa Generale Quadro Ministero Infrastrutture e Trasporti - Regione Autonoma
Friuli - Venezia Giulia

F.V.G. 3 NODO E HUB INTERPORTUALE DI TRIESTE

**F.V.G. 3.2 PENETRAZIONE NORD DI TRIESTE: COLLEGAMENTO IN GALLERIA
DA PROSECCO AL PORTO VECCHIO E SOTTOPASSO DELLA CITTA'
PER RIALLACCIO ALLA GRANDE VIABILITA' TRIESTINA.**

SOGGETTO AGGIUDICATORE: REGIONE AUTONOMA FRIULI-VENEZIA GIULIA
Progettazione preliminare affidata in avvalimento al Dipartimento di ingegneria civile
dell'Università degli Studi di Trieste con atto rep. n.7905 dd.19.12.2002

PROGETTO PRELIMINARE



Dipartimento di Ingegneria Civile
Università degli Studi di Trieste



Il Progettista:

Prof. Ing. Aurelio Marchionna

Il Responsabile del procedimento

Prof. Ing. Roberto Carrus

Collaboratori:

**Dott. Ing. Paolo Perco
Dott. Ing. Paola Capon
Dott. Ing. Giovanni Longo
Dott. Ing. Stefano Moratto
Dott. Ing. Alberto Robba**

Consulenti:

**Alpina S.p.A.
Studio Ing. Pierpaolo Ferrante
Geotecnica Progetti S.p.A.
Soil S.r.l.
Studio Prof. Ass. Ingg. Ferro e Cerioni
Prof. Ing. Sascia Canale**

Geologia:

**Soil S.r.l.
Dott.Geol. Aldo Battaglia
Dott.Geol. Fabio Staffini**

Data

Febbraio 2003

Titolo elaborato:

Scala:

-

**RELAZIONE TECNICA
IMPIANTI TECNOLOGICI**

Revisioni:

00

Codice

I 2 802

PENETRAZIONE NORD DI TRIESTE

PROGETTO PRELIMINARE

RELAZIONE TECNICA

IMPIANTI TECNOLOGICI

Torino, lì Febbraio 2003

INDICE

1. PREMESSA.....	9
2. SOLUZIONI PROPOSTE PER GLI IMPIANTI TECNOLOGICI DELLE GALLERIE PER LA PENETRAZIONE NORD.....	11
2.1. IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA NELLE GALLERIE	11
2.1.1. <i>Galleria Intervalliva</i>	11
2.1.2. <i>Galleria Autostradale</i>	13
2.2. IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE	15
2.3. IMPIANTO DI SEGNALETICA.....	17
2.4. IMPIANTO DI CONTROLLO ATMOSFERICO E DEL TRAFFICO.....	18
2.5. IMPIANTO DI RILEVAZIONE INCENDIO	18
2.6. IMPIANTO ESTINZIONE INCENDIO AD ACQUA.....	19
2.7. IMPIANTO TVCC CON IMPIANTO DI RILEVAZIONE AUTOMATICA DI INCIDENTI (D.A.I.)	20
2.8. IMPIANTO SOS	20
2.9. IMPIANTO DI RADIOTRASMISSIONE.....	21
2.10. IMPIANTO PER L'ESERCIZIO DEI LUOGHI SICURI E DEI BY-PASS DI COMUNICAZIONE FRA I DUE FORNICI	21
2.11. IMPIANTI ELETTRICI.....	22
2.12. IMPIANTO DI GESTIONE TECNICA CENTRALIZZATO (G.T.C.).....	24
3. DATI PER LA PROGETTAZIONE - PRESCRIZIONI E PRESTAZIONI PREVISTE PER GLI IMPIANTI	26
3.1. IMPIANTO DI VENTILAZIONE	26
3.1.1. <i>Dati geometrici della galleria:</i>	26
3.1.2. <i>Condizioni di traffico</i>	27
3.1.3. <i>Velocità di progetto</i>	32
3.1.4. <i>Casistiche esaminate</i>	33
3.1.5. <i>Valori base e valori ammessi di emissione di inquinanti CO, fumi (particolato), NOx</i>	33
3.2. CALCOLO DELLE PORTATE DI ARIA DI VENTILAZIONE.....	46
4. CALCOLO DELLE CADUTE DI PRESSIONE.....	58

4.1. CALCOLO DELLA VELOCITÀ CRITICA DELL'ARIA IN CASO DI INCENDIO	59
5. DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI VENTILAZIONE.....	64
5.1. GALLERIA AUTOSTRADALE.....	64
5.2. GALLERIA INTERVALLIVA	64
6. IMPIANTO DI VENTILAZIONE.....	66
6.1. CRITERI PER LA PROGETTAZIONE DELL'IMPIANTO DI VENTILAZIONE.....	66
6.1.1. <i>Descrizione del sistema di ventilazione della galleria intervalliva</i>	66
6.1.2. <i>Descrizione del sistema di ventilazione della galleria autostradale</i>	69
6.2. VENTILATORI AD INDUZIONE IN GALLERIA.....	71
6.3. CENTRALE ED IMPIANTI DI VENTILAZIONE.....	76
6.3.1. <i>Centrale CV1 in località G.V.T. (Rif. Tav. I1003-I1004)</i>	76
6.3.2. <i>Centrale CV2 in località Boschetto (Rif. Tav. I1005; I1006)</i>	80
6.3.3. <i>Centrale CV3 in località Viale Miramare (Rif. Tav. I1007; I1008)</i>	83
6.3.4. <i>Centrale CV4 in località S.P.1 del Carso (V. Tav. I1009; I1010)</i>	86
6.4. IMPIANTI DI VENTILAZIONE DELLE VIE DI FUGA E DEI BY-PASS CARRABILI.....	88
6.5. CABINE ELETTRICHE DELLE CENTRALI CV1, CV2, CV3, CV4.....	91
7. CABINE ELETTRICHE IN GALLERIA (V. TAV. I1026÷I1036).....	98
8. IMPIANTO DI ESTRAZIONE ARIA VIZIATA E FUMI DALLA GALLERIA	103
8.1. PREMessa	103
8.1.1. <i>Modalità di funzionamento dell'impianto di estrazione dei fumi</i>	103
8.1.2. <i>Funzionamento in estrazione fumi da incendio</i>	104
9. DESCRIZIONI ULTERIORI DEI COMPONENTI DEGLI IMPIANTI.....	107
9.1. QUADRI ELETTRICI E TRASFORMATORI DI POTENZA	107
9.2. QUADRI DI BASSA TENSIONE.....	108
9.3. CAVI ELETTRICI, TUBAZIONI E CANALI PORTACAVI, CAVI IN CANALINA.....	109
9.4. SERRANDE DI INTERCETTAZIONE IN CENTRALE ED IN GALLERIA	110
9.5. GRU A PONTE.....	112

9.6. MODALITÀ DI MISURA DEL CO (OSSIDO DI CARBONIO), DI OP (OPACITÀ DELL'ARIA) E DELL'NO (OSSIDO DI AZOTO).....	113
9.7. MISURATORE DI DIREZIONE E DI VELOCITÀ DELL'ARIA IN GALLERIA.....	114
9.8. SISTEMA DI CONTEGGIO DEI VEICOLI IN INGRESSO ED IN USCITA DALLA GALLERIA.....	115
10. IMPIANTO DI ESTINZIONE INCENDI AD ACQUA (V. TAV. ...)	117
10.1. CENTRALI ANTINCENDIO.....	119
10.2. RETI DISTRIBUTIVE IMPIANTI ANTINCENDIO AD ACQUA.....	122
11. IMPIANTO SOS (V. TAV. I1015)	126
12. SISTEMA DI ALLARME INCENDIO (V. TAV. I1015)	129
12.1. SISTEMA DI RILEVAZIONE INCENDIO NELLE GALLERIE.....	129
12.2. IMPIANTO DI RILEVAZIONE INCENDIO NELLE CENTRALI E NELLE CABINE.....	130
13. IMPIANTO TELECAMERE A CIRCUITO CHIUSO E RILEVAZIONE AUTOMATICA DI INCIDENTE (V. TAV. I1015)	132
13.1. IMPIANTO TVCC.....	132
13.2. RILEVAZIONE AUTOMATICA DI INCIDENTE (D.A.I.).....	134
14. IMPIANTO RADIO PER COPERTURA GALLERIA	136
14.1. ARCHITETTURA DEL SISTEMA PREVISTO.....	136
14.2. CONFIGURAZIONE E COSTITUZIONE DELLA RETE.....	136
14.3. SISTEMA RADIANTE E CAVI DI TRASMISSIONE.....	137
14.4. MODALITÀ OPERATIVE.....	139
15. IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE (V. TAV. I1016-I1017)	140
15.1. REGOLAZIONE LUMINOSA.....	141
15.2. LINEE DI ALIMENTAZIONE DELL'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE.....	141
15.3. MISURATORE DI LUMINANZA.....	142
15.4. AMPLIFICATORE - ATTUATORE.....	142
15.5. REGOLATORE DI FLUSSO LUMINOSO PER CIRCUITI DI RINFORZO E CIRCUITO BASE.....	143
15.6. IMPEDENZE LIMITATRICI.....	143

16. IMPIANTO DI SEGNALETICA (V. TAV. I1015).....	145
17. IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE NELLE CENTRALI DI VENTILAZIONE.....	147
18. SISTEMA DI GESTIONE TECNICA CENTRALIZZATA (G.T.C.) (V. TAV. I1037; I1038).....	150
18.1. TIPOLOGIA E REQUISITI DELL'IMPIANTO.....	150
18.1.1. <i>Acquisizione dei dati ambientali ed elettrici.....</i>	<i>151</i>
18.1.2. <i>Elaborazione dei dati in base ai parametri di funzionamento.....</i>	<i>153</i>
18.1.3. <i>Attuazione e comando di dispositivi ed utenze</i>	<i>156</i>
18.2. ARCHITETTURA E COMPOSIZIONE DELL'IMPIANTO.....	157
18.3. APPARECCHIATURE COSTITUENTI L'IMPIANTO.....	162
18.3.1. <i>Controllore Principale</i>	<i>162</i>
18.3.2. <i>Controllori Secondari.....</i>	<i>162</i>
18.3.3. <i>Sistema di supervisione.....</i>	<i>163</i>
18.3.4. <i>Apparecchiature locali di comando e controllo.....</i>	<i>163</i>
18.3.5. <i>Sistema di comunicazione</i>	<i>164</i>
18.4. MODALITÀ DI FUNZIONAMENTO DEL SISTEMA DI TELECONTROLLO	164

ELENCO TAVOLE

- I1001 - GALLERIA INTERVALLIVA - SCHEMA FUNZIONALE IMPIANTI DI CONTROLLO E VENTILAZIONE
- I1002 - GALLERIA AUTOSTRADALE - SCHEMA FUNZIONALE IMPIANTI DI CONTROLLO E VENTILAZIONE
- I1003 - CENTRALE DI VENTILAZIONE CV1 – PIANTA
- I1004 - CENTRALE DI VENTILAZIONE CV1 – SEZIONE A-A
- I1005 - CENTRALE DI VENTILAZIONE CV2 – PIANTA
- I1006 - CENTRALE DI VENTILAZIONE CV2 – SEZIONE A-A
- I1007 - CENTRALE DI VENTILAZIONE CV3 – PIANTA CENTRALE DI VENTILAZIONE – PIANTA EDIFICIO DI PERTINENZA CENTRALE
- I1008 - CENTRALE DI VENTILAZIONE CV3 – SEZIONE A-A
- I1009 - CENTRALE DI VENTILAZIONE CV4 – PIANTA
- I1010 - CENTRALE DI VENTILAZIONE CV4 – SEZIONE A-A
- I1011 - VENTILAZIONE BY-PASS PEDONABILI (RIFUGI) E CARRABILI
PIANTE E SEZIONI
- I1012 - CABINA ELETTRICA TIPO - PIANTE E SEZIONE
- I1013 - GALLERIA INTERVALLIVA - TIPICO PIANTA DI UN TRONCO DI CANNA CON INTERVENTI VARI E SEZIONI TIPICHE CON IMPIANTI

- I1014 - GALLERIA AUTOSTRADALE - TIPICO PIANTA DI UN TRONCO DI CANNA CON INTERVENTI VARI E SEZIONI TIPICHE CON IMPIANTI
- I1015 - TIPICO SCHEMA FUNZIONALE IMPIANTI TVCC E D.A.I., RADIO, RIVELAZIONE INCENDIO, ANTINCENDIO, SOS E SEGNALETICA IN GALLERIA
- I1016 - GALLERIA INTERVALLIVA E SVINCOLI - TIPICO SCHEMA FUNZIONALE IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE
- I1017 - GALLERIA AUTOSTRADALE - TIPICO SCHEMA FUNZIONALE IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE
- I1018 - PIANTA, SCHEMA CENTRALE ANTINCENDIO E SCHEMA FUNZIONALE DISTRIBUZIONE IN GALLERIA - TIPICO
- I1019 - SCHEMA GENERALE DISTRIBUZIONE ANTINCENDIO
- I1020 - UNIFILARE DI PRINCIPIO DISTRIBUZIONE RETE M.T . 1
- I1021 - UNIFILARE DI PRINCIPIO DISTRIBUZIONE RETE M.T . 2
- I1022 - SCHEMA A BLOCCHI DISTRIBUZIONE ELETTRICA CENTRALE CV1
- I1023 - SCHEMA A BLOCCHI DISTRIBUZIONE ELETTRICA CENTRALE CV2
- I1024 - SCHEMA A BLOCCHI DISTRIBUZIONE ELETTRICA CENTRALE CV3
- I1025 - SCHEMA A BLOCCHI DISTRIBUZIONE ELETTRICA CENTRALE CV4
- I1026 - GALLERIA INTERVALLIVA - SCHEMA A BLOCCHI DISTRIBUZIONE ELETTRICA VALIDO PER CABINE 1I/3I/6I/7I/11I/13I

- I1027 - GALLERIA INTERVALLIVA - SCHEMA A BLOCCHI DISTRIBUZIONE ELETTRICA VALIDO PER CABINA 2I
- I1028 - GALLERIA INTERVALLIVA - SCHEMA A BLOCCHI DISTRIBUZIONE ELETTRICA VALIDO PER CABINA 4I
- I1029 - GALLERIA INTERVALLIVA - SCHEMA A BLOCCHI DISTRIBUZIONE ELETTRICA VALIDO PER CABINA 5I
- I1030 - GALLERIA INTERVALLIVA - SCHEMA A BLOCCHI DISTRIBUZIONE ELETTRICA VALIDO PER CABINA 8I
- I1031 - GALLERIA INTERVALLIVA - SCHEMA A BLOCCHI DISTRIBUZIONE ELETTRICA VALIDO PER CABINA 9I
- I1032 - GALLERIA INTERVALLIVA - SCHEMA A BLOCCHI DISTRIBUZIONE ELETTRICA VALIDO PER CABINA 10I
- I1033 - GALLERIA INTERVALLIVA - SCHEMA A BLOCCHI DISTRIBUZIONE ELETTRICA VALIDO PER CABINA 12I
- I1034 - GALLERIA AUTOSTRADALE - SCHEMA A BLOCCHI DISTRIBUZIONE ELETTRICA VALIDO PER CABINE 1A/2A/3A/4A/5A
- I1035 - GALLERIA AUTOSTRADALE - SCHEMA A BLOCCHI DISTRIBUZIONE ELETTRICA VALIDO PER CABINA 6A
- I1036 - GALLERIA AUTOSTRADALE - SCHEMA A BLOCCHI DISTRIBUZIONE ELETTRICA VALIDO PER CABINE 7A/8A
- I1037 - GALLERIA INTERVALLIVA - SCHEMA FUNZIONALE SISTEMA DI CONTROLLO
- I1038 - GALLERIA AUTOSTRADALE - SCHEMA FUNZIONALE SISTEMA DI CONTROLLO

1. PREMESSA

Il sistema di gallerie stradali proposto per la Città di Trieste e denominato “Penetrazione Nord” si compone di due gallerie, ciascuna a due fornici, di cui la prima, denominata Penetrazione Nord autostradale ha direzione Nord (imbocco svincolo A4) - Sud (Viale Miramare) e la seconda, denominata galleria intervalliva, collega la zona di Viale Miramare con la zona di svincolo della Grande Viabilità Triestina (GVT).

La galleria intervalliva ha una lunghezza di ≈ 9600 m (fornice 1 da Viale Miramare a GVT) e di ≈ 9600 m (fornice 2 da GVT a Viale Miramare) con interposto un viadotto di ≈ 200 m e la galleria autostradale ha una lunghezza di ≈ 6100 (fornice 1 da svincolo A4 a innesto galleria intervalliva verso Viale Miramare) e di ≈ 6300 m (fornice 2 da innesto galleria intervalliva da Viale Miramare a Svincolo A4).

Le due gallerie sono collegate mediante svincoli per cui è possibile percorrere in modo continuo le gallerie da Nord (Imbocco svincolo A4) alla GVT o viceversa, senza uscire all’aperto.

Il tutto costituisce quindi un sistema continuo di gallerie a due fornici per una lunghezza di circa 16 km; con gli svincoli di collegamento fra le due gallerie e quelli intermedi di ingresso e di uscita il sistema di galleria ha una lunghezza di oltre 23 km.

Ogni fornice è costituito da due corsie di percorrenza (marcia normale e di sorpasso) e da una corsia per fermate di emergenza.

Nel seguito di questa relazione tecnica vengono esposti gli impianti tecnologici, ritenuti necessari sia alla gestione che alla sicurezza di esercizio della galleria.

Per la progettazione preliminare degli impianti tecnologici sono state tenute in conto le raccomandazioni date dal PIARC (Permanent International Associations of Road Congresses), nonché le normative emanate in campo europeo in questi ultimi tempi od in corso di approvazione ai fini della gestione e della sicurezza di esercizio per le gallerie stradali.

I principali impianti, che vengono pertanto proposti per il sistema della Penetrazione Nord sono :

- 1.1 Impianto di ventilazione meccanica per la mandata di aria esterna e per l’estrazione dell’aria viziata o di fumi, questi ultimi generati da incendi in galleria.

- 1.2 Impianto di illuminazione su più circuiti con rinforzi agli imbocchi;
- 1.3 Impianto di segnaletica orizzontale e verticale;
- 1.4 Impianto di controllo atmosferico e del traffico;
- 1.5 Impianto di rivelazione di incendio;
- 1.6 Impianto di estinzione incendio ad acqua;
- 1.7 Impianto di televisione a circuito chiuso (T.V.c.c.) con impianto di rilevazione automatica di incidenti (D.A.I.);
- 1.8 Impianto telefonico e di richiesta di soccorso (SOS);
- 1.9 Impianto di radiotrasmissione;
- 1.10 Impianto per l'esercizio dei luoghi sicuri (rifugi) e dei by-pass di comunicazione fra i due fornici;
- 1.11 Impianti elettrici di alimentazione da rete nazionale per il funzionamento normale e mediante gruppi elettrogeni per il funzionamento in emergenza.

Tutti questi impianti sono eserciti e correlati da un sistema di controllo centralizzato (Gestione Tecnica Centralizzata - G.T.C.), ubicato in un apposito Posto di Controllo Centralizzato (P.C.C.), in grado di gestire il funzionamento della galleria in modo automatico e con la sorveglianza continua di personale specializzato.

2. SOLUZIONI PROPOSTE PER GLI IMPIANTI TECNOLOGICI DELLE GALLERIE PER LA PENETRAZIONE NORD

Viene fornita, nel seguito, una descrizione sintetica degli impianti che vengono proposti per le gallerie della Penetrazione Nord di Trieste, tenuto conto della sua complessità dovuta alla ragguardevole lunghezza, alle dimensioni geometriche, alle pendenze della carreggiata.

2.1. Impianto di ventilazione meccanica nelle gallerie

Per siffatte gallerie a percorrenza unidirezionale, nelle varie condizioni previste di massimo traffico scorrevole, di traffico congestionato e di traffico bloccato, le azioni interferenti dei vari parametri fluidodinamici (resistenze passive, pistonamento dei veicoli, condizioni meteo agli imbocchi) sono tali da richiedere una ventilazione meccanica, di potenza variabile a seconda delle circostanze del traffico e della lunghezza di tronchi ventilati.

Va osservato che le due gallerie hanno una lunghezza notevole e che presentano pendenze rilevanti.

Tenute presenti le raccomandazioni in questo campo, date in sede PIARC, e le normative emanate in questi ultimi tempi in sede CEE od in corso di approvazione, è opportuno installare centrali di ventilazione dell'aria per consentire la ventilazione sanitaria della galleria, nonché per disporre della possibilità di estrazione dei fumi dalla galleria in caso di incendio.

Per una più facile comprensione del sistema di ventilazione previsto per le due gallerie, si faccia riferimento allo schema funzionale allegato alla presente relazione.

2.1.1. Galleria Intervalliva

La galleria intervalliva è a sezione circolare e collega la zona di Viale Miramare con la zona GVT con due fornici a percorrenza inversa.

La galleria è ventilata trasversalmente mediante tre centrali di ventilazione, denominate CV1 (zona GVT), CV2 (zona Boschetto) e CV3 (Zona Viale Miramare). Ciascuna centrale alimenta i fornici di competenza mediante canali AF di immissione dell'aria fresca (AF) disposti al disotto della

sede stradale e mediante canali AV di estrazione dell'aria viziata (AV) disposti in volta alla galleria.

I canali AF distribuiscono l'AF mediante apposite bocchette di mandata disposte con passo di 10 m poco sopra la carreggiata stradale, i canali AV estraggono l'AV mediante serrande motorizzate disposte in volta alla galleria ogni 50 m.

Il canale AV serve anche all'estrazione dei fumi da incendio, come sarà specificato più dettagliatamente nel seguito di questa relazione.

Le centrali di ventilazione suddividono di fatto la galleria in quattro tronchi distinti per la ventilazione, di lunghezza variabile come indicato nelle tavole progettuali.

Ciascun tronco è servito dalla centrale di ventilazione di competenza.

La prima centrale CV1 è sistemata in prossimità della zona di imbocco lato GVT e serve i due fornici del primo tronco. Essa è parzialmente interrata.

La seconda centrale CV2 è interrata al livello dei due fornici e serve i due fornici del secondo tronco ed i due fornici del terzo tronco.

La terza centrale CV3 è sistemata nella zona di Viale Miramare, è parzialmente fuori terra e serve i due fornici del quarto tronco.

In ogni centrale sono sistemati :

- ventilatori del tipo assiale per la immissione dell'aria fresca (AF);
- ventilatori del tipo assiale per l'estrazione dell'aria viziata (AV) e dei fumi da incendio;
- le prese dell'aria fresca e le torri di espulsione dell'aria viziata nell'esercizio normale e dei fumi in caso di incendio nel tunnel;
- gli impianti elettrici di potenza e di controllo al servizio della centrale;
- l'impianto di climatizzazione delle centrali per fornire condizioni ambientali termiche idonee al funzionamento degli impianti nel corso delle stagioni;
- un locale per il controllo e la regolazione degli impianti di centrale e di galleria.

I ventilatori dell'AF e dell'AV sono 4 per le centrali CV1 e CV3 (due ventilatori in parallelo per ciascun fornice servito), ed 8 per la centrale CV2 (due in parallelo per ciascun tronco di fornice servito).

Su ciascun fornice della galleria sono inoltre previste batterie di ventilatori assiali ad induzione (booster) utilizzati per il controllo della velocità longitudinale nel fornice.

Ciascuna batteria è disposta in volta al disotto del canale di estrazione AV e fumi ed è composta da ventilatori disposti a coppie, opportunamente intervallate lungo il fornice.

Il controllo della velocità longitudinale viene effettuato in modo automatico dal sistema centralizzato di regolazione, a seconda delle diverse situazioni che si possono verificare in caso di incendio o di esigenze della ventilazione sanitaria.

Gli svincoli di ingresso e di uscita dalla galleria sono ventilati con ventilatori assiali ad induzione disposti in volta ai fornici degli svincoli stessi.

Il controllo della ventilazione è fatto dal sistema di G.T.C. dal Posto di Controllo Centralizzato. Il P.C.C. è previsto essere ubicato nella CV3.

2.1.2. Galleria Autostradale

La galleria autostradale è a sezione semicircolare con piedritti e con arco rovescio di base. Essa collega la zona Nord (Svincolo A4) con la zona Sud (Viale Miramare).

La galleria è ventilata longitudinalmente, mediante ventilatori assiali ad induzione disposti a terne in volta alla galleria.

Essa dispone inoltre di un canale di estrazione fumi in caso di incendio.

Stanti la notevole lunghezza della galleria e la sua notevole pendenza, è stata collocata in una zona intermedia (zona S.P. del Carso) una centrale di ventilazione denominata CV4, disposta sotto il piano di campagna.

A questa centrale fanno capo i quattro canali di estrazione fumi da incendio, due per i fornici a monte e due per i fornici a valle della centrale.

Altri due canali di estrazione fumi fanno capo alla centrale CV3, connettendosi ai due canali di estrazione fumi, che pervengono alla CV3 dalla galleria intervalliva.

I canali di estrazione fumi da incendio sono dotati di serrande motorizzate come per la galleria intervalliva. Essi possono anche servire per l'estrazione di tappi di fumo dovuti a circolazione congestionata nei due fornici.

La centrale CV4 è dotata di un impianto di estrazione AV da ciascun fornice e di un impianto di immissione di AF ad effetto induttivo (effetto Saccardo) in ciascun fornice. L'estrazione AV e l'immissione AF avvengono in corrispondenza della centrale CV4.

Nella fattispecie tutto avviene come se la galleria fosse suddivisa in due tronchi per la ventilazione sanitaria ed in tre tronchi per l'estrazione dei fumi.

Nella centrale CV4 sono sistemati :

- ventilatori del tipo assiale per la immissione dell'aria fresca per effetto Saccardo;
- ventilatori del tipo assiale per l'estrazione dei fumi da incendio;
- ventilatori di tipo assiale per l'estrazione dell'aria viziata;
- le prese dell'aria fresca e le torri di espulsione dell'aria viziata nell'esercizio normale e dei fumi in caso di incendio nel tunnel;
- gli impianti elettrici di potenza e di controllo al servizio della centrale;
- l'impianto di climatizzazione delle centrali interrato per fornire condizioni ambientali termiche idonee al funzionamento degli impianti nel corso delle stagioni;
- un locale per il controllo e la regolazione degli impianti di centrale e di galleria.

I ventilatori dell'AF e dell'AV per la centrale CV4 sono dodici, di cui quattro per la mandata AF per effetto Saccardo, quattro per l'estrazione abbinata dei fumi e dell'AV, quattro per la sola estrazione dei fumi.

Il controllo della velocità longitudinale viene effettuato in modo automatico dal sistema centralizzato di regolazione, a seconda delle diverse situazioni che si possono verificare in caso di incendio o di esigenze di ventilazione.

2.2. Impianto di illuminazione

L'impianto di illuminazione nei due fornicci delle due gallerie, intervalliva ed autostradale, è costituito da lampade al sodio ad alta pressione nelle potenze da 100, 150, 250 e 400 W, disposte in apparecchi d'illuminazione adatti per essere installati sui due lati di ciascun fornice.

L'illuminazione di base o permanente è tale da garantire un illuminamento uniforme ed evitare abbagliamenti secondo la normativa vigente.

L'alimentazione dell'illuminazione permanente è su due circuiti trifasi più neutro, posti intercalati tra di loro. La luminanza media sul piano stradale è di $\approx 4 \text{ cd/m}^2$ durante il giorno e di $\approx 2 \text{ cd/m}^2$ durante la notte con rapporto di uniformità diurno superiore a 1/3.

L'illuminazione di base deve essere estesa per tutta la lunghezza dei fornicci ed i due circuiti possono essere alternati nel funzionamento notturno.

In corrispondenza a ciascun imbocco d'entrata di ciascun fornice e per una lunghezza di circa 230 m viene realizzata un'illuminazione di rinforzo. Analogamente una zona di rinforzo, ridotta come luminanza e lunghezza rispetto all'imbocco, viene attuata sull'uscita da ciascun fornice.

L'accensione delle lampade deve avvenire automaticamente, controllata da appositi rilevatori di luminanza, posti all'esterno, prima degli imbocchi.

Vengono installati inoltre un impianto di illuminazione di sicurezza costituito da corpi illuminanti con lampade al sodio da 100W.

In modo analogo è prevista l'illuminazione degli svincoli di ingresso e di uscita; in tal caso gli apparecchi di illuminazione sono disposti in prossimità del centro volta della galleria in singola fila.

Per le centrali viene realizzato con impianto di illuminazione con lampade a ioduri metallici da 250 o 400 W e con lampade fluorescenti da 58 W a seconda degli ambienti.

E' prevista l'illuminazione delle cabine elettriche, del canale di estrazione dei fumi, del canale dell'aria fresca, dei by-pass carrabili e dei rifugi, di tutti i cavedi tecnici posti al di sotto del manto stradale della galleria intervalliva. L'illuminazione in tali ambienti è assicurata mediante corpi illuminanti con tubi fluorescenti da 58 W, alimentati mediante canaline e cavi dedicati.

L'impianto di illuminazione dei fornici è dotato di regolatori del flusso luminoso, montati in corrispondenza dei quadri elettrici di illuminazione.

2.3. Impianto di segnaletica

L'impianto di segnaletica comprende :

- la segnaletica verticale;
- la segnaletica orizzontale;
- la segnaletica luminosa con le linee elettriche di alimentazione e di controllo;
- le attrezzature complementari.

Nella fattispecie la principale segnaletica per il Tunnel è costituita da :

- cartelli riassuntivi dei divieti in galleria;
- cartelli di preavviso semaforo a 200 m dagli imbocchi;
- semafori con controllo dalla G.T.C.;
- pannelli con frecce verdi (via libera) e con croci rosse (obbligo di fermata) per ogni corsia;
- stazioni meteorologiche, una per ogni ingresso-uscita dalla galleria.
- plot luminosi all'imbocco per circa 100 m;
- pannelli con frecce verdi e con croci rosse per ogni corsia ogni 600 m;
- pannelli a messaggio variabile informativi con visualizzazione di immagini grafiche o di scritte alfanumeriche, per informazioni agli utenti in galleria (incidenti, cambio corsia, lavori in corso, etc.);
- pannelli luminosi triangolari a doppia faccia con indicazione di SOS ed estintore;
- pannelli luminosi singola faccia di presegnalazione rifugio e della sua distanza (60x120);
- impianto illuminazione per inquadramento della porta del rifugio;
- pannello luminoso a doppia faccia per indicazione cassetta UNI 45 ed idrante UNI 70;
- pannelli luminosi con indicazione velocità massima e distanza di sicurezza (60x120);
- pannelli a rifrangenza con PK (ogni 300 m).

2.4. Impianto di controllo atmosferico e del traffico

L'atmosfera in galleria viene controllata in funzione dei valori degli inquinanti emessi dai veicoli. Gli inquinanti controllati sono: CO (ossido di carbonio), NO (ossido di azoto) e opacità (OP) dell'aria, che vengono misurati con apposita strumentazione.

Inoltre il controllo può essere integrato mediante una valutazione previsionale del traffico, attuato mediante il sistema di controllo del traffico, anch'esso disposto in galleria.

In base all'andamento dei valori di CO, NO, OP, nonché dei valori previsti od implementati (rispetto alla misura di CO, NO, OP) dal sistema di controllo per il traffico, vengono avviati i ventilatori AF ed AV a regimi diversi di portata, mediante il comando dei ventilatori con motori a frequenza variabile.

Sono stabiliti a priori in fase progettuale e successivamente sulla base della esperienza nell'esercizio della galleria, campi dei valori di CO, NO ed OP entro i quali avviene la variazione della portata dei ventilatori; ciò al fine di evitare eccessive e dannose pendolazioni ed usure nel funzionamento dei ventilatori.

2.5. Impianto di rilevazione incendio

Il sistema di allarme incendio per ogni fornice è costituito da due cavi sensori in fibra ottica. Essi sono collegati alle unità di controllo, installati nelle centrali CV1, CV2, CV3, CV4.

Le unità di controllo sono intercollegate tramite cavo in fibra ottica al sistema centralizzato di gestione dell'impianto del cavo rilevatore; il sistema di gestione è a sua volta collegato al sistema di gestione tecnica centralizzata (G.T.C.).

Il sistema deve essere in grado di segnalare sia una temperatura massima dell'aria in galleria, programmabile dall'operatore, sia il gradiente di temperatura. Tale caratteristica, anche in condizioni di elevate velocità di ventilazione, consente di segnalare in modo rapido i focolai di incendio.

Il segnale di rilevazione incendio da parte del cavo sensore viene addotto dall'unità di controllo al sistema della G.T.C., che porta al segnale rosso le lanterne semaforiche e blocca il traffico all'esterno della galleria ed in galleria a monte dell'incendio rispetto al verso del traffico.

2.6. Impianto estinzione incendio ad acqua

Sono previste tre centrali antincendio disposte ognuna in corrispondenza della centrale di ventilazione CV1, CV3 e CV4.

Ogni centrale preleva l'acqua da un serbatoio di accumulo avente un volume di $\approx 300 \text{ m}^3$.

Nella centrale antincendio sono sistemate :

- una elettropompa centrifuga;
- una motopompa con motore primo endotermico;
- una pompa centrifuga sommersa monoblocco per la pressurizzazione del circuito.

Una tubazione DN150 corre nel canale sottostante la carreggiata dal lato della corsia di emergenza. Essa alimenta le cassette UNI 45 disposte in corrispondenza del paramento della corsia di emergenza, ogni 100 m, al di sopra del marciapiede o del new jersey.

Ogni 300 m dalla tubazione DN150 si stacca un tubo che, correndo sotto la carreggiata, alimenta un idrante UNI 45, disposto nel vano antistante la via di fuga ed il by-pass carrabile.

La logica di funzionamento dell'impianto prevede che l'elettropompa pilota sia sempre in servizio per mantenere in pressione l'impianto, che l'elettropompa entri in funzione all'abbassarsi della pressione causata dall'utilizzo degli idranti, mentre la seconda pompa venga attivata qualora non entri in funzione la precedente; la seconda pompa è azionata dal motore endotermico.

Tutte le cassette UNI45 e gli idranti UNI 70 sono segnalati in galleria mediante cartelli luminosi.

2.7. Impianto TVcc con impianto di rilevazione automatica di incidenti (D.A.I.)

Il sistema di monitoraggio e di controllo del traffico attua le funzioni di videosorveglianza, nonché la funzione di rilevazione degli incidenti, di veicoli fermi e delle code. Inoltre consente la video registrazione, eseguita su supporto digitale, delle immagini provenienti da tutte le unità di ripresa previste.

Il sistema viene realizzato con unità di ripresa costituite da telecamere a colori ad altissima sensibilità, collocate \approx ogni 100÷150 m in prossimità della volta lungo tutto il percorso della galleria e nelle aree a questa interessate (rifugi, by-pass carrabili, cabine elettriche).

Inoltre telecamere sono installate nei rifugi (vie di fuga) per gli utenti e nei by-pass carrabili.

Nella sala controllo principale, posta nella centrale CV3, sono collocati tutti gli apparati di acquisizione e gestione dei segnali video, includendo tra questi anche il sistema di video registrazione digitale, il sistema di rilevazione automatica di incidente e le postazioni operatore.

2.8. Impianto SOS

L'impianto SOS consta di postazioni disposte sul marciapiede od in apposite nicchie lungo la corsia di emergenza, con una postazione ogni \approx 250÷300 m. Inoltre postazioni SOS sono disposte nei rifugi (vie di fuga) per gli utenti in galleria nei by-pass carrabili.

Ogni postazione dispone di :

- un pannello frontale con tre tasti retroilluminati per richieste di intervento, nonché con microfono ed altoparlante;
- due estintori a polvere da 6 kg;
- contatti di segnalazione;
- cartello luminoso bifacciale con indicazione SOS.

Sono previsti in galleria cartelli luminosi con indicazione di "SOS" e della distanza dall'armadio.

Per l'utente sono possibili :

- chiamate di emergenza sanitaria, di intervento da officina meccanica, di chiamata per incendio; le chiamate sono contraddistinte da tre pulsanti retro illuminati con appropriato simbolo grafico;
- collegamento in fonia full-duplex presso i centri operativi, con funzione di viva voce presso la colonnina.

2.9. Impianto di radiotrasmissione

E' prevista la realizzazione di una rete radio isofrequenziale sincronizzata, costituita da più canali, per la copertura dell'intera galleria e zone vicini.

Il sistema radiomobile è costituito da più reti monocanale sovrapposte, che devono consentire i collegamenti al P.C.C. della centrale CV3, con le proprie unità esterne, vale a dire con il personale munito di ricetrasmittitore portatile, con le vetture dotate di ricetrasmittitore veicolare e con eventuali postazioni fisse.

Il sistema radiante in ciascun fornice è costituito da un cavo fessurato, con diramazione in antenna per la copertura delle zone contigue, esterne alle galleria stessa.

Le frequenze previste sono quelle della Polizia, dei VV.F. e dei Vigili Urbani, nonché la frequenza del canale isoradio.

Nei fornici il cavo radiante viene posato sul lato della corsia di emergenza.

2.10. Impianto per l'esercizio dei luoghi sicuri e dei by-pass di comunicazione fra i due fornici

Fra i due fornici sono previsti collegamenti di by-pass da utilizzare come vie di fuga (rifugi) per gli utenti della galleria in caso di pericolo, in particolare di incendio.

Ciascuna via di fuga è individuabile con segnale a cartelli luminosi ad elevata visibilità, disposti sia sulla porta di accesso dai fornici, sia a distanza opportuna entro la galleria (50, 100 e 150 m).

Le vie di fuga (o rifugi) hanno un passo di circa 250 m per la galleria intervalliva e di 300 m per la galleria autostradale. Per maggior precisione si faccia riferimento alle tavole planimetriche delle gallerie.

La via di fuga è costituita da due zone filtro affacciate una ad un fornice e l'altra al secondo fornice; tra le due zone filtro è disposto il rifugio vero e proprio.

I due filtri ed il rifugio sono pressurizzati con due sistemi di ventilazione, di cui uno aspira l'aria da un fornice ed il secondo dall'altro fornice.

La pressurizzazione delle zone filtro e del rifugio viene fatta dal ventilatore che preleva l'aria dal fornice indenne, mentre sul fornice incidentato il ventilatore resta fermo e serrande tagliafuoco chiudono l'aerazione del filtro e del rifugio.

Con questo sistema di pressurizzazione i fumi dell'incendio nel fornice incidentato non entrano nel filtro e nel rifugio, nel momento in essi possono accedervi gli utenti dal fornice incidentato.

Gli utenti restano nel rifugio in attesa dei soccorsi in condizioni di sicurezza e possono successivamente accedere al fornice indenne per essere evacuati.

Le porte dei filtri e dei rifugi sono REI 120'; la loro apertura a spinta e la loro chiusura è segnalata al posto di controllo nella centrale CV3 (G.T.C.).

Sono previsti, inoltre, con passo di ≈ 750 m per la galleria intervalliva e di ≈ 900 m per la galleria autostradale, dei by-pass di comunicazioni carrabili, da gestirsi da parte del personale di soccorso o di manutenzione.

Una ventilazione analoga con pressurizzazione da entrambi i fornici viene fatta anche per i nove by-pass di comunicazione.

2.11. Impianti elettrici

Una linea in MT collega le cabine elettriche nelle centrali CV1 e CV2 ed un'altra linea in MT collega le cabine elettriche nelle centrali CV3 e CV4, nonché le cabine elettriche disposte fra i due fornici del Tunnel.

La fornitura in MT è prevista in doppia alimentazione dalla rete magliata della società distributrice dell'energia elettrica, in modo da disporre sempre di una alimentazione di riserva.

Inoltre in prossimità di ciascuna delle Centrali CV1 e CV3 è disposta una centrale di alimentazione in emergenza dei carichi preferenziali, costituita da due gruppi elettrogeni.

Nelle centrali sono disposti i locali di consegna e di misura della società di erogazione dell'energia elettrica.

Ciascuna delle cabine delle centrali sono composte da :

- quadro elettrico di MT;
- trasformatori di potenza MT/BT;
- quadro generale di bassa tensione;
- quadro ventilazione per alimentazione dei ventilatori di galleria e delle serrande di centrale e di galleria per il tronco di competenza;
- quadri per gruppi convertitori a frequenza variabile nelle centrali per l'alimentazione dei ventilatori di centrale per mandata aria fresca ed estrazione aria viziata e/o fumi da incendi;
- quadro per servizi generali di centrale e di cabina (impianto di climatizzazione per centrali, carro ponte, illuminazione e f.m. di centrale e dei canali in galleria);
- quadri per impianto di illuminazione in galleria (rinforzi, sezione corrente, circuiti privilegiati e sistemi di regolazione);
- gruppi di continuità (UPS) per alimentazione degli impianti di sicurezza, di controllo, di illuminazione, in caso di mancanza rete;
- quadro di alimentazione della strumentazione per il controllo centralizzato (CO, OP, NO, anemometri, rilevazione incendio in galleria, rilevazione traffico, TVcc, rilevazione automatica di incidente, radio, SOS, sistema di gestione tecnica centralizzata (GTC), segnaletica, rilevazione fumi nelle centrali e nelle cabine, etc.) e per l'alimentazione dei servizi e di controllo per i by-pass carrabili e per le vie di fuga disposti fra i due fornici;
- quadro di alimentazione delle centrali antincendio;

- linee elettriche di potenza e di controllo nelle centrali, nelle cabine in galleria e lungo i fornici.

Le cabine elettriche disposte fra i due fornici sono costituite da :

- quadro elettrico di MT;
- trasformatori di potenza MT/BT;
- quadro generale di bassa tensione;
- quadri di ventilazione per l'alimentazione dei ventilatori di galleria e delle serrande di estrazione per il tronco di galleria di competenza;
- quadro per servizi generali di cabina (impianto di climatizzazione per cabina, illuminazione e f.m. di cabina illuminazione canali in galleria);
- quadri per impianto di illuminazione in galleria (sezione corrente, circuiti privilegiati e sistemi di regolazione);
- gruppi di continuità (UPS) per alimentazione degli impianti di sicurezza, di controllo, di illuminazione, in caso di mancanza rete;
- quadri di alimentazione della strumentazione per il controllo centralizzato (CO, OP, NO, anemometri, rilevazione incendio in galleria, rilevazione traffico, TVcc, rilevazione automatica di incidente, radio, SOS, sistema di gestione tecnica centralizzata (GTC), segnaletica, rilevazione fumi nelle centrali e nelle cabine, etc.) e per l'alimentazione dei servizi e di controllo per i by-pass carrabili e per le vie di fuga disposti fra i due fornici;
- linee elettriche di potenza e di controllo nelle cabine in galleria e lungo i fornici.

2.12. Impianto di Gestione Tecnica Centralizzato (G.T.C.)

L'impianto di Gestione Tecnica Centralizzato (G.T.C.) ha il compito di controllare e di gestire tutti gli impianti tecnologici delle gallerie della Penetrazione Nord.

Il controllo e la gestione degli impianti tecnologici constano di diverse attività tra loro strettamente interconnesse.

Esse sono così riassumibili :

- acquisizione dei dati ambientali ed elettrici quali CO, NO, OP, AN, traffico, presenza di incendio, stato impianti di ventilazione, di illuminazione, stato degli impianti elettrici, dei dispositivi di segnaletica, di SOS, di TVcc, di radio trasmissione, vie di fuga, by-pass di comunicazione, etc. Trasmissione delle informazioni dai dispositivi locali ai dispositivi del sistema di controllo;
- elaborazione dei dati sopramenzionati da parte del sistema di controllo in base ai parametri di funzionamento ed agli algoritmi preimpostati dai posti di controllo supervisione;
- attuazione delle azioni previste e comando dei dispositivi delle apparecchiature degli impianti. In particolare deve attuare la gestione della ventilazione, degli impianti di estrazione fumi ed antincendio dell'illuminazione, degli impianti elettrici delle centrali, delle cabine di galleria, dell'impianto di illuminazione, del controllo di traffico, del controllo delle vie di fuga e dei by-pass, della segnaletica.

I principali requisiti, che il sistema deve possedere, sono :

- integrità e di sicurezza delle informazioni;
- disponibilità del sistema e possibilità di funzionare in condizioni di anomalia o degradate;
- modularità ed economicità;
- manutenibilità;
- funzionalità.

La sala comando della G.T.C. è ubicata nella centrale CV3 e ad essa fanno capo le stazioni locali di controllo (PLC) ubicate nelle centrali CV1, CV2 e CV4, nelle cabine elettriche dislocate lungo in fornici, nonché i micro PLC disposti in galleria nei canali di servizio sotto la carreggiata per la galleria intervalliva ed in apposite nicchie della galleria autostradale per la gestione delle serrande motorizzate.

3. DATI PER LA PROGETTAZIONE - PRESCRIZIONI E PRESTAZIONI PREVISTE PER GLI IMPIANTI .

Vengono riportate nel seguito le grandezze principali, i dati di base utilizzati e le prestazioni richieste e previste per le opere in progetto.

3.1. Impianto di ventilazione

Per il dimensionamento dell'impianto della galleria in oggetto sono stati assunti i seguenti dati generali:

3.1.1. Dati geometrici della galleria:

Galleria Autostradale

Fornice 1 (Autostrada – Viale Miramare)

- Lunghezza della galleria alla chiave di volta: $L = 6.570 \text{ m}$
- Sezione trasversale della galleria: $\Omega = 76,00 \text{ m}^2$
- Diametro equivalente della galleria: $D = 8,00 \text{ m}$
- Altezza media sul livello del mare: $H = \approx 10 \text{ m}$
- Pendenza media della galleria: $i = - 3,30\%; - 3,50\%$

Fornice 2 (Viale Miramare – Autostrada)

- Lunghezza della galleria alla chiave di volta: $L = 7.045 \text{ m}$
- Sezione trasversale della galleria: $\Omega = 76,00 \text{ m}^2$
- Diametro equivalente della galleria: $D = 8,00 \text{ m}$
- Altezza media sul livello del mare: $H = \approx 10 \text{ m}$
- Pendenza media della galleria: $i = + 3,50\%; + 3,34\%$

Galleria Intervalliva

Fornice 1 (Viale Miramare – Zona GVT)

- Lunghezza della galleria alla chiave di volta: $L = 9.587 \text{ m}$
- Sezione trasversale della galleria: $\Omega = 70,56 \text{ m}^2$
- Diametro equivalente della galleria: $D = 8,52 \text{ m}$
- Altezza media sul livello del mare: $H = \approx 10 \text{ m}$
- Pendenza della galleria: $i = \text{variabile}$

Fornice 2 (Zona GVT – Viale Miramare)

- Lunghezza della galleria alla chiave di volta: $L = 9.597 \text{ m}$
- Sezione trasversale della galleria: $\Omega = 70,56 \text{ m}^2$
- Diametro equivalente della galleria: $D = 8,52 \text{ m}$
- Altezza media sul livello del mare: $H = \approx 10 \text{ m}$
- Pendenza della galleria: $i = \text{variabile}$

Per ulteriori dati geometrici si faccia riferimento alle Tavole Edili.

3.1.2. Condizioni di traffico

3.1.2.1 Traffico scorrevole

I valori del traffico veicolare sono stati concordati con l'Università di Trieste, all'orizzonte di 10 anni dal 2003.

Si ritiene, tenuto conto della riduzione degli inquinanti emessi dagli autoveicoli, che nei prossimi anni i valori di traffico assunti siano conservativi anche per gli anni futuri dal 2013 in poi.

Sulla base dei rilievi concordati, come valori totali di punta, utili ai fini del calcolo delle portate di aria fresca da introdurre per la diluizione degli inquinanti, sono stati definiti i seguenti valori del traffico :

Galleria Autostradale

a1.	Veicoli leggeri/h (VL/h)	1760
	di cui 90% a benzina (VLB/h)	
	e 10% a gasolio (VLG/h)	
a2.	Veicoli commerciali/h (VC/h)	100
a3.	Veicoli pesanti/h con massa media presunta di 20 t	
	compresi gli autobus (VP/h)	140

Galleria Intervalliva

a1.	Veicoli leggeri/h (VL/h)	1840
	di cui 90% a benzina (VLB/h)	
	e 10% a gasolio (VLG/h)	
a2.	Veicoli commerciali/h (VC/h)	100
a3.	Veicoli pesanti/h con massa media presunta di 20 t	
	compresi gli autobus (VP/h)	60

Suddivisione dei veicoli per ogni corsia

Galleria Autostradale

a) Veicoli leggeri a benzina ed a gasolio

Si è ipotizzata una velocità media di percorrenza per ogni fornice della galleria, sia in direzione Autostrada che in direzione Trieste, di 100 km/h per il 70% dei veicoli leggeri circolanti nella galleria, mentre per il restante 30% si è ipotizzata una velocità di 80 km/h.

b) Veicoli commerciali

Si è ipotizzata una velocità media di percorrenza per ogni fornice della galleria, sia in direzione Autostrada che in direzione Trieste, di 100 km/h per il 70% dei veicoli commerciali circolanti nella galleria, mentre per il restante 30% si è ipotizzata una velocità di 80 km/h.

c) Veicoli pesanti

Si è ipotizzata una velocità media di percorrenza per ogni fornice della galleria, sia in direzione Autostrada che in direzione Trieste, di 60÷80 km/h per il 100% dei veicoli pesanti circolanti nella galleria.

Galleria Intervalliva

a) Veicoli leggeri a benzina ed a gasolio

Si è ipotizzata una velocità media di percorrenza per ogni fornice della galleria, sia in direzione Trieste che in direzione GVT, di 80 km/h per il 70% dei veicoli leggeri circolanti nella galleria, mentre per il restante 30% si è ipotizzata una velocità di 70 km/h.

b) Veicoli commerciali

Si è ipotizzata una velocità media di percorrenza per ogni fornice della galleria, sia in direzione Trieste che in direzione GVT, di 80 km/h per il 70% dei veicoli commerciali circolanti nella galleria, mentre per il restante 30% si è ipotizzata una velocità di 70 km/h.

c) Veicoli pesanti

Si è ipotizzata una velocità media di percorrenza per ogni fornice della galleria, sia in direzione Trieste che in direzione GVT, di 60÷70 km/h per il 70% dei veicoli commerciali circolanti nella galleria, mentre per il restante 30% si è ipotizzata una velocità di 70÷80 km/h.

3.1.2.2 Traffico congestionato

Galleria Autostradale

Secondo i valori adottati in seno al Gruppo di Lavoro per la ventilazione del Comitato Tunnel del PIARC (Permanent International Association of Road Congresses) in condizioni di traffico congestionato extraurbano, viene indicato un valore di 700 veicoli equivalenti per km e per corsia

(70 Veq/km corsia) con una velocità di $V = 10$ km/h. Un Veq corrisponde all'ingombro longitudinale di un veicolo leggero; pertanto ad un veicolo pesante da 20÷30 t od un autobus viene fatto corrispondere l'ingombro di 2÷2,5 veicoli leggeri; quindi $1 VP \equiv 2 \div 2,5$ Veq. Per un VC si assume l'ingombro di un VL.

Galleria Intervalliva

Secondo i valori adottati in seno al Gruppo di Lavoro per la ventilazione del Comitato Tunnel del PIARC (Permanent International Association of Road Congresses) in condizioni di traffico congestionato urbano, viene indicato un valore di 1000 veicoli equivalenti per km e per corsia (100 Veq/km corsia) con una velocità di $V = 10$ km/h. Un Veq corrisponde all'ingombro longitudinale di un veicolo leggero; pertanto ad un veicolo pesante da 20÷30 t od un autobus viene fatto corrispondere l'ingombro di 2÷2,5 veicoli leggeri; quindi $1 VP \equiv 2 \div 2,5$ Veq. Per un VC si assume l'ingombro di un VL.

3.1.2.3 Traffico feriale congestionato

Galleria Autostradale

Carreggiata congestionata:

Valore calcolato: 1308 Veq/h-corsia congestionata

Valore assunto: 1308 Veq/h-corsia congestionata

VLB/(h-carreggiata) 1036

VLG/(h-carreggiata) 115

VC/(h-carreggiata) 65

VP/(h-carreggiata) 92

Galleria Intervalliva

Carreggiata congestionata:

Valore calcolato: 1942 Veq/h-corsia congestionata

Valore assunto: 1942 Veq/h-corsia congestionata

VLB/(h-carreggiata)	1608
VLG/(h-carreggiata)	179
VC/(h-carreggiata)	97
VP/(h-carreggiata)	58

3.1.2.4 Traffico bloccato

Galleria Autostradale

Sempre secondo i dati forniti dal PIARC in condizioni di traffico bloccato extraurbano, viene indicato un valore di 150 veicoli equivalenti per km e per corsia (150 Veq/km corsia) fermi in galleria.

Galleria Intervalliva

Sempre secondo i dati forniti dal PIARC in condizioni di traffico bloccato extraurbano, viene indicato un valore di 165 veicoli equivalenti per km e per corsia (165 Veq/km corsia) fermi in galleria.

3.1.2.5 Traffico feriale bloccato

Galleria Autostradale

Carreggiata bloccata:

Valore calcolato: 280 Veq/(h-carreggiata)

Valore assunto: 280 Veq/(h-carreggiata)

VLB/(h-carreggiata)	221
VLG/(h-carreggiata)	25
VC/(h-carreggiata)	14
VP/(h-carreggiata)	20

Galleria Intervalliva

Carreggiata bloccata:

Valore calcolato: 320 Veq/(h-carreggiata)

Valore assunto: 320 Veq/(h-carreggiata)

VLB/(h-carreggiata) 265

VLG/(h-carreggiata) 29

VC/(h-carreggiata) 16

VP/(h-carreggiata) 10

3.1.3. Velocità di progetto

Galleria Autostradale

Le velocità V (km/h) adottate per i veicoli sono:

- traffico scorrevole: corsia lenta 60÷80 km/h
- traffico scorrevole: corsia veloce 100 km/h
- traffico congestionato 10 km/h
- traffico bloccato 0 km/h

Galleria Intervalliva

Le velocità V (km/h) adottate per i veicoli sono:

- traffico scorrevole: corsia lenta 60÷70 km/h
- traffico scorrevole: corsia veloce 70÷80 km/h
- traffico congestionato 10 km/h
- traffico bloccato 0 km/h

3.1.4. Casistiche esaminate

I casi esaminati per la galleria Autostradale e per la galleria Intervalliva, ai fini del calcolo delle portate di aria fresca per la diluizione del CO, OP ed NO_x entro i valori di soglia, sono i seguenti:

Caso A CO scorrevole	Caso B CO congestionato	Caso C CO bloccato
Caso D Fumi scorrevole	Caso E Fumi congestionato	Caso F Fumi bloccato
Caso G NO _x scorrevole	Caso H NO _x congestionato	Caso I NO _x bloccato

I calcoli sono stati effettuati sia per il fornice 1 che per il fornice 2 sia della galleria Autostradale che della galleria Intervalliva.

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

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

I valori delle emissioni adottati per gli inquinanti sono quelli definiti nel Congresso di Montreal (1995) e successivamente aggiornati dal CETU – anno 2002.

Essi consentono di valutare i valori di emissione degli inquinanti ammessi dalle normative CEE in presenza o meno di catalizzatori e di filtri allo scarico dei motori, della composizione del parco automobilistico per età di veicoli e del chilometraggio di percorrenza annuale.

Dati simili a quelli forniti nel congresso di Montreal sono stati anche esposti dal CETU (Centre d'Etudes Tunnel) francese; peraltro i dati del CETU fanno anche previsioni sul rinnovo del parco veicolare. Si è proceduto quindi ad una verifica della portata di aria necessaria per la diluizione degli inquinanti anche con questi valori.

Nella tabella 3.1.5.1 sono riportati i valori limiti degli inquinanti o valori di soglia di riferimento indicati dal PIARC, che l'impianto di ventilazione deve avere la capacità di controllare. Tali valori sono stati adottati per il dimensionamento della galleria Autostradale.

Nella tabella 3.1.5.2 sono riportati i valori limiti degli inquinanti o valori di soglia di riferimento utilizzati per il dimensionamento della galleria Intervalliva. Tali valori sono stati leggermente ridotti per l'inquinante CO, rispetto a quanto indicato dal PIARC, per mantenere dei valori di vivibilità maggiori in galleria, dato che essa attraversa tutta la città di Trieste.

Tabella 3.1.5.1 – Galleria Autostradale

Condizioni di traffico	CO		Visibilità	Nox
	1995 p.p.m.	2010 p.p.m.	Coefficiente di estinzione k 10^3m^{-1}	p.p.m.
Scorrevole di punta a 50 ÷ 100 km/h	100	70	5	25(**)
Congestionato	150	100	7(*)	25(**)
Bloccato	250	150	7(*)	25(**)

Tabella 3.1.5.2 – Galleria Intervalliva

Condizioni di traffico	CO		Visibilità	Nox
	Anno		Coefficiente di estinzione k 10^3m^{-1}	p.p.m.
1995 p.p.m.	2010 p.p.m.			
Scorrevole di punta a 50 ÷ 100 km/h	100	50	5	25(**)
Congestionato	150	70	7(*)	25(**)
Bloccato	250	100	7(*)	25(**)

(*) per i calcoli esposti in questa relazione è stato assunto il valore di $7,5 \cdot 10^{-3} \text{m}^{-1}$; per tale valore l'opacità corrispondente risulta ampiamente tollerabile per una visione sicura nella guida.

(**) PIARC, Bruxelles, 1987.

Sulla base di tali indicazioni viene dimensionato l'impianto di ventilazione da adottare.

Nel seguito sono riportate le tabelle contenenti i valori delle emissioni inquinanti dei veicoli, in funzione della velocità dei veicoli, dell'altezza media s.l.m. e dei valori di pendenza riscontrati per la galleria in oggetto.

Galleria Autostradale

- tabella 3.1.5.3 : valori dell'Ossido di carbonio (CO)
- tabella 3.1.5.4 : valori del particolato (fumi od opacità, OP)
- tabella 3.1.5.5 : valori degli Ossidi di Azoto (NO_x)

Galleria Intervalliva

- tabella 3.1.5.6 : valori dell'Ossido di carbonio (CO)
- tabella 3.1.5.7 : valori del particolato (fumi od opacità, OP)
- tabella 3.1.5.8 : valori degli Ossidi di Azoto (NO_x)

Tabella 3.1.5.3

Emissioni di CO risultanti per la galleria Autostradale

Tipo di veicolo	Velocità Veicolo [km/h]	Emissione di CO [m ³ /h·VE]			
		Pendenza [%]			
		Galleria Autostradale			
		Dir. Miramare-Autostrada +3,50 [%]		Dir. Autostrada-Miramare -3,30 [%]	
		+3,34 [%]		-3,50 [%]	
VLB	0	0,025	0,025	0,025	0,025
VLG		0,002	0,002	0,002	0,002
VC		0,005	0,005	0,005	0,005
VP		0,039	0,039	0,039	0,039
VLB	10	0,073	0,072	0,052	0,051
VLG		0,010	0,010	0,009	0,009
VC		0,020	0,020	0,018	0,018
VP		0,123	0,122	0,080	0,078
VLB	80	0,343	0,330	0,070	0,068
VLG		0,025	0,024	0,018	0,018
VC		0,050	0,048	0,035	0,035
VP		0,413	0,404	0,171	0,167
VLB	100	0,724	0,694	0,105	0,101
VLG		0,030	0,030	0,021	0,021
VC		0,061	0,060	0,042	0,042

VP		/	/	/	/
----	--	---	---	---	---

Tabella 3.1.5.4

Emissioni di OP risultanti per la galleria Autostradale

Tipo di veicolo	Velocità Veicolo [km/h]	Emissione di OP [m ² /h·VE]			
		Pendenza [%]			
		Galleria Autostradale			
		Dir. Miramare-Autostrada		Dir. Autostrada-Miramare	
		+3,50 [%]	+3,34 [%]	-3,30 [%]	-3,50 [%]
VLB	0	/	/	/	/
VLG		0,4	0,4	0,4	0,4
VC		0,7	0,7	0,7	0,7
VP		26	26	26	26
VLB	10	/	/	/	/
VLG		8	8	6	6
VC		16	16	13	13
VP		87	87	57	55
VLB	80	/	/	/	/
VLG		32	31	14	14
VC		63	62	28	28
VP		259	254	111	109
VLB	100	/	/	/	/
VLG		59	57	26	26
VC		118	114	52	52
VP		/	/	/	/

Tabella 3.1.5.5

Emissioni di NO_x risultanti per la galleria Autostradale

Tipo di veicolo	Velocità Veicolo [km/h]	Emissione di NO _x [m ³ /h·VE]			
		Pendenza [%]			
		Galleria Autostradale			
		Dir. Miramare-Autostrada +3,50 [%]	Dir. Autostrada-Miramare +3,34 [%]	Dir. Autostrada-Miramare -3,30 [%]	Dir. Miramare-Autostrada -3,50 [%]
VLB	0	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
VLG		0,002	0,002	0,002	0,002
VC		0,005	0,005	0,005	0,005
VP		0,051	0,051	0,051	0,051
VLB	10	0,002	0,002	0,001	0,001
VLG		0,005	0,005	0,003	0,003
VC		0,011	0,011	0,007	0,006
VP		0,122	0,120	0,070	0,068
VLB	80	0,029	0,028	0,009	0,009
VLG		0,031	0,030	0,009	0,009
VC		0,062	0,060	0,019	0,018
VP		0,667	0,651	0,241	0,237
VLB	100	0,050	0,049	0,016	0,016
VLG		0,049	0,048	0,015	0,014
VC		0,098	0,096	0,030	0,028
VP		/	/	/	/

Tabella 3.1.5.6 a

Emissioni di CO risultanti per la galleria Intervalliva

Tipo di veicolo	Velocità Veicolo [km/h]	Emissione di CO [m ³ /h·VE]						
		Pendenza [%]						
		Galleria Intervalliva						
		Dir. GVT-Miramare						
		-6,00 [%]	+4,90 [%]	-4,98 [%]	+4,94 [%]	-2,59 [%]	+2,60 [%]	-3,00 [%]
VLB	0	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
VLG		0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
VC		0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
VP		0,039	0,039	0,039	0,039	0,039	0,039	0,039
VLB	10	0,035	0,078	0,041	0,078	0,056	0,071	0,054
VLG		0,009	0,011	0,009	0,011	0,009	0,009	0,009
VC		0,018	0,022	0,018	0,022	0,018	0,019	0,018
VP		0,055	0,131	0,064	0,131	0,086	0,118	0,083
VLB	70	0,046	0,362	0,054	0,364	0,072	0,204	0,070
VLG		0,018	0,026	0,018	0,026	0,018	0,022	0,018
VC		0,035	0,052	0,035	0,052	0,035	0,045	0,035
VP		0,107	0,413	0,127	0,415	0,169	0,320	0,162
VLB	80	0,048	0,466	0,057	0,469	0,075	0,271	0,073
VLG		0,018	0,026	0,018	0,026	0,018	0,024	0,018
VC		0,035	0,052	0,035	0,052	0,035	0,047	0,035
VP		0,117	0,476	0,138	0,478	0,184	0,365	0,177

Tabella 3.1.5.6 b

Emissioni di CO risultanti per la galleria Intervalliva

Tipo di veicolo	Velocità Veicolo [km/h]	Emissione di CO [m ³ /h·VE] Pendenza [%] Galleria Intervalliva Dir. Miramare-GVT						
		+4,20 [%]	-2,60 [%]	+2,60 [%]	-4,90 [%]	+4,93 [%]	-4,30 [%]	+4,90 [%]
VLB	0	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
VLG		0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
VC		0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
VP		0,039	0,039	0,039	0,039	0,039	0,039	0,039
VLB	10	0,074	0,056	0,071	0,042	0,078	0,046	0,078
VLG		0,010	0,009	0,009	0,009	0,011	0,009	0,011
VC		0,021	0,018	0,019	0,018	0,022	0,018	0,022
VP		0,127	0,086	0,118	0,065	0,131	0,071	0,131
VLB	70	0,317	0,072	0,204	0,055	0,363	0,058	0,362
VLG		0,024	0,018	0,022	0,018	0,026	0,018	0,026
VC		0,048	0,035	0,045	0,035	0,052	0,035	0,052
VP		0,390	0,169	0,320	0,128	0,415	0,139	0,413
VLB	80	0,401	0,075	0,271	0,057	0,468	0,062	0,466
VLG		0,025	0,018	0,024	0,018	0,026	0,018	0,026
VC		0,050	0,035	0,047	0,035	0,052	0,035	0,052
VP		0,447	0,184	0,365	0,139	0,478	0,151	0,476

Tabella 3.1.5.7 a

Emissioni di OP risultanti per la galleria Intervalliva

Tipo di veicolo	Velocità Veicolo [km/h]	Emissione di OP [m ² /h·VE]						
		Pendenza [%]						
		Galleria Intervalliva						
		Dir. GVT-Miramare						
		-6,00 [%]	+4,90 [%]	-4,98 [%]	+4,94 [%]	-2,59 [%]	+2,60 [%]	-3,00 [%]
VLB	0	/	/	/	/	/	/	/
VLG		0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
VC		0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
VP		26	26	26	26	26	26	26
VLB	10	/	/	/	/	/	/	/
VLG		6	9	6	9	6	7	6
VC		13	18	13	18	13	15	13
VP		40	21	46	91	61	84	59
VLB	70	/	/	/	/	/	/	/
VLG		15	50	16	50	18	31	18
VC		29	101	31	101	36	63	36
VP		71	260	83	261	110	204	106
VLB	80	/	/	/	/	/	/	/
VLG		12	42	13	42	15	28	15
VC		23	84	26	84	30	55	30
VP		77	296	90	297	119	231	115

Tabella 3.1.5.7 b

Emissioni di OP risultanti per la galleria Intervalliva

Tipo di veicolo	Velocità Veicolo [km/h]	Emissione di OP [m ² /h·VE]						
		Pendenza [%] Galleria Intervalliva Dir. Miramare-GVT						
		+4,20 [%]	-2,60 [%]	+2,60 [%]	-4,90 [%]	+4,93 [%]	-4,30 [%]	+4,90 [%]
VLB	0	/	/	/	/	/	/	/
VLG		0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
VC		0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
VP		26	26	26	26	26	26	26
VLB	10	/	/	/	/	/	/	/
VLG		9	6	7	6	9	6	9
VC		17	13	15	13	18	13	18
VP		89	61	84	46	91	50	91
VLB	70	/	/	/	/	/	/	/
VLG		43	18	31	15	50	17	50
VC		85	36	63	30	101	34	101
VP		245	110	204	84	261	91	260
VLB	80	/	/	/	/	/	/	/
VLG		36	15	28	13	42	14	42
VC		72	30	55	26	84	28	84
VP		279	119	231	91	297	99	296

Tabella 3.1.5.8 a

Emissioni di NO_x risultanti per la galleria Intervalliva

Tipo di veicolo	Velocità Veicolo [km/h]	Emissione di NO _x [m ³ /h·VE]						
		Pendenza [%]						
		Galleria Intervalliva						
		Dir. GVT-Miramare						
		-6,00 [%]	+4,90 [%]	-4,98 [%]	+4,94 [%]	-2,59 [%]	+2,60 [%]	-3,00 [%]
VLB	0	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
VLG		0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
VC		0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
VP		0,051	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051
VLB	10	0,0004	0,004	0,001	0,004	0,001	0,002	0,001
VLG		0,003	0,007	0,003	0,007	0,004	0,005	0,003
VC		0,005	0,013	0,006	0,013	0,007	0,010	0,007
VP		0,049	0,138	0,057	0,138	0,075	0,114	0,072
VLB	70	0,003	0,029	0,004	0,029	0,009	0,022	0,008
VLG		0,004	0,032	0,005	0,032	0,009	0,023	0,009
VC		0,008	0,064	0,010	0,065	0,019	0,045	0,017
VP		0,148	0,674	0,173	0,677	0,231	0,494	0,222
VLB	80	0,004	0,035	0,006	0,035	0,011	0,026	0,010
VLG		0,005	0,038	0,006	0,038	0,012	0,034	0,010
VC		0,009	0,075	0,012	0,075	0,023	0,068	0,020
VP		0,167	0,803	0,195	0,807	0,261	0,578	0,250

Tabella 3.1.5.8 b

Emissioni di NO_x risultanti per la galleria Intervalliva

Tipo di veicolo	Velocità Veicolo [km/h]	Emissione di NO _x [m ³ /h·VE]						
		Pendenza [%]						
		Galleria Intervalliva						
		Dir. Miramare-GVT						
		+4,20 [%]	-2,60 [%]	+2,60 [%]	-4,90 [%]	+4,93 [%]	-4,30 [%]	+4,90 [%]
VLB	0	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
VLG		0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
VC		0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
VP		0,051	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051
VLB	10	0,003	0,001	0,002	0,001	0,004	0,001	0,004
VLG		0,006	0,004	0,005	0,003	0,007	0,003	0,007
VC		0,011	0,007	0,010	0,006	0,013	0,006	0,013
VP		0,129	0,075	0,114	0,057	0,138	0,062	0,138
VLB	70	0,027	0,009	0,022	0,005	0,029	0,006	0,029
VLG		0,029	0,009	0,023	0,005	0,032	0,006	0,032
VC		0,058	0,019	0,045	0,010	0,065	0,012	0,064
VP		0,625	0,231	0,494	0,175	0,677	0,191	0,674
VLB	80	0,032	0,011	0,026	0,006	0,035	0,007	0,035
VLG		0,034	0,012	0,027	0,006	0,038	0,007	0,038
VC		0,069	0,023	0,054	0,012	0,075	0,014	0,075
VP		0,736	0,261	0,578	0,198	0,806	0,215	0,803

3.2. Calcolo delle portate di aria di ventilazione

I valori della portata di aria in galleria vengono calcolati sulla base delle relazioni indicate dal PIARC con riferimento ai valori delle emissioni indicati dal PIARC in Montreal e dal CETU.

I valori che si ottengono per le diverse condizioni di traffico sono riassunti nelle Tabelle 3.2.1 a/b/c/d per la Galleria Autostradale e 3.2.2 a/b per la Galleria Intervalliva.

I valori massimi di portata si ottengono nel caso di traffico congestionato con inquinamento dovuto al particolato.

Tabella 3.2.1 a

GALLERIA AUTOSTRADALE – VENTILAZIONE LONGITUDINALE (50 Pa) – FORNICE 1

Caso	Inquinante	Traffico	Numero Veicoli				Velocità nelle corsie [km/h]	Portata aria [m ³ /s]	ΔP (*) [Pa]	Tronco 7			Tronchi 5 e 6		
			VLB/h	VLG/h	VC/h	VP/h				Numero booster	Potenza assorbita [kWe]	Portata aria [m ³ /s]	ΔP [Pa]	Numero booster	Potenza assorbita [kWe]
Caso A	CO	Scorrevole	1584	176	100	140	80, 100	26	/	/	/	27	/	/	/
Caso B	CO	Congestionato	1036	115	65	92	10	59	39	6	150	62	40	6	150
Caso C	CO	Bloccato	221	25	14	20	0	40	53	6	150	42	53	6	150
Caso D	FUMI	Scorrevole	1584	176	100	140	80, 100	52	/	/	/	55	/	/	/
Caso E	FUMI	Congestionato	1036	115	65	92	10	83	57	8	200	88	57	8	200
Caso F	FUMI	Bloccato	221	25	14	20	0	66	58	8	200	71	59	8	200
Caso G	NO _x	Scorrevole	1584	176	100	140	80, 100	33	/	/	/	35	/	/	/
Caso H	NO _x	Congestionato	1036	115	65	92	10	31	28	4	100	32	27	4	100
Caso I	NO _x	Bloccato	221	25	14	20	0	46	54	6	150	49	54	6	150

(*) con pressione del vento od effetto camino pari a 50 Pa e contrari alla spinta dei booster

Tabella 3.2.1 b

GALLERIA AUTOSTRADALE – VENTILAZIONE LONGITUDINALE (50 Pa) – FORNICE 2

Caso	Inquinante	Traffico	Numero Veicoli				Velocità nelle corsie [km/h]	Portata aria [m ³ /s]	ΔP (*) [Pa]	Tronchi 5 e 6			Tronco 7		
			VLB/h	VLG/h	VC/h	VP/h				Numero booster	Potenza assorbita [kWe]	Portata aria [m ³ /s]	ΔP [Pa]	Numero booster	Potenza assorbita [kWe]
Caso A	CO	Scorrevole	1584	176	100	140	80, 100	151	/	/	/	151	/	/	/
Caso B	CO	Congestionato	1036	115	65	92	10	89	53	6	150	89	53	6	150
Caso C	CO	Bloccato	221	25	14	20	0	43	53	6	150	43	53	6	150
Caso D	FUMI	Scorrevole	1584	176	100	140	80, 100	128	/	/	/	129	/	/	/
Caso E	FUMI	Congestionato	1036	115	65	92	10	133	77	10	250	134	78	10	250
Caso F	FUMI	Bloccato	221	25	14	20	0	72	59	10	250	73	60	10	250
Caso G	NO _x	Scorrevole	1584	176	100	140	80, 100	101	/	/	/	102	/	/	/
Caso H	NO _x	Congestionato	1036	115	65	92	10	58	38	6	150	58	38	6	150
Caso I	NO _x	Bloccato	221	25	14	20	0	50	55	6	150	50	55	6	150

(*) con pressione del vento od effetto camino pari a 50 Pa e contrari alla spinta dei booster

Tabella 3.2.1 c

GALLERIA AUTOSTRADALE – VENTILAZIONE LONGITUDINALE (200 Pa) – FORNICE 1

Caso	Inquinante	Traffico	Numero Veicoli				Velocità nelle corsie [km/h]	Portata aria [m ³ /s]	ΔP (**) [Pa]	Tronco 7			Tronchi 5 e 6		
			VLB/h	VLG/h	VC/h	VP/h				Numero booster	Potenza assorbita [kWe]	Portata aria [m ³ /s]	ΔP [Pa]	Numero booster	Potenza assorbita [kWe]
Caso A	CO	Scorrevole	1584	176	100	140	80, 100	26	/	/	/	27	/	/	/
Caso B	CO	Congestionato	1036	115	65	92	10	59	189	22	550	62	190	22	550
Caso C	CO	Bloccato	221	25	14	20	0	40	203	22	550	42	203	22	550
Caso D	FUMI	Scorrevole	1584	176	100	140	80, 100	52	/	/	/	55	/	/	/
Caso E	FUMI	Congestionato	1036	115	65	92	10	83	207	24	600	88	208	24	600
Caso F	FUMI	Bloccato	221	25	14	20	0	66	208	24	600	71	209	24	600
Caso G	NO _x	Scorrevole	1584	176	100	140	80, 100	33	/	/	/	35	/	/	/
Caso H	NO _x	Congestionato	1036	115	65	92	10	31	178	20	500	32	177	20	500
Caso I	NO _x	Bloccato	221	25	14	20	0	46	204	22	550	49	204	22	550

(**) con pressione del vento od effetto camino pari a 200 Pa e contrari alla spinta dei booster

Tabella 3.2.1 d

GALLERIA AUTOSTRADALE – VENTILAZIONE LONGITUDINALE (200 Pa) – FORNICE 2

Caso	Inquinante	Traffico	Numero Veicoli				Velocità nelle corsie [km/h]	Portata aria [m ³ /s]	ΔP (**) [Pa]	Tronchi 5 e 6			Tronco 7		
			VLB/h	VLG/h	VC/h	VP/h				Numero booster	Potenza assorbita [kWe]	Portata aria [m ³ /s]	ΔP [Pa]	Numero booster	Potenza assorbita [kWe]
Caso A	CO	Scorrevole	1584	176	100	140	80, 100	151	/	/	/	151	/	/	/
Caso B	CO	Congestionato	1036	115	65	92	10	89	203	24	600	89	203	24	600
Caso C	CO	Bloccato	221	25	14	20	0	43	203	22	550	43	203	22	550
Caso D	FUMI	Scorrevole	1584	176	100	140	80, 100	128	/	/	/	129	/	/	/
Caso E	FUMI	Congestionato	1036	115	65	92	10	133	227	26	650	134	228	26	650
Caso F	FUMI	Bloccato	221	25	14	20	0	72	209	24	600	73	210	24	600
Caso G	NO _x	Scorrevole	1584	176	100	140	80, 100	101	/	/	/	102	/	/	/
Caso H	NO _x	Congestionato	1036	115	65	92	10	58	188	22	550	58	188	22	550
Caso I	NO _x	Bloccato	221	25	14	20	0	50	205	22	550	50	205	22	550

(**) con pressione del vento od effetto camino pari a 200 Pa e contrari alla spinta dei booster

Tabella 3.2.2 a

GALLERIA INTERVALLIVA – VENTILAZIONE TRASVERSALE – FORNICE 1

Caso	Inquinante	Traffico	Numero Veicoli				Velocità nelle corsie [km/h]	Portata aria [m ³ /s] Tronco 4	Portata aria [m ³ /s] Tronco 3	Portata aria [m ³ /s] Tronco 2	Portata aria [m ³ /s] Tronco 1
			VLB/h	VLG/h	VC/h	VP/h					
Caso A	CO	Scorrevole	1656	184	100	60	70, 80	90	83	90	70
Caso B	CO	Congestionato	1608	179	97	58	10	128	117	81	135
Caso C	CO	Bloccato	265	29	16	10	0	62	62	34	82
Caso D	FUMI	Scorrevole	1656	184	100	60	70, 80	10	11	25	28
Caso E	FUMI	Congestionato	1608	179	97	58	10	47	45	31	52
Caso F	FUMI	Bloccato	265	29	16	10	0	16	16	9	21
Caso G	NO _x	Scorrevole	1656	184	100	60	70, 80	34	30	29	26
Caso H	NO _x	Congestionato	1608	179	97	58	10	28	27	23	28
Caso I	NO _x	Bloccato	265	29	16	10	0	18	18	10	24

Tabella 3.2.2 b

GALLERIA INTERVALLIVA – VENTILAZIONE TRASVERSALE – FORNICE 2

Caso	Inquinante	Traffico	Numero Veicoli				Velocità nelle corsie [km/h]	Portata aria	Portata aria	Portata aria	Portata aria
			VLB/h	VLG/h	VC/h	VP/h		[m ³ /s] Tronco 1	[m ³ /s] Tronco 2	[m ³ /s] Tronco 3	[m ³ /s] Tronco 4
Caso A	CO	Scorrevole	1656	184	100	60	70, 80	163	14	87	52
Caso B	CO	Congestionato	1608	179	97	58	10	175	47	121	118
Caso C	CO	Bloccato	265	29	16	10	0	82	34	64	64
Caso D	FUMI	Scorrevole	1656	184	100	60	70, 80	51	8	6	7
Caso E	FUMI	Congestionato	1608	179	97	58	10	68	19	46	43
Caso F	FUMI	Bloccato	265	29	16	10	0	21	9	16	16
Caso G	NO _x	Scorrevole	1656	184	100	60	70, 80	57	6	31	24
Caso H	NO _x	Congestionato	1608	179	97	58	10	47	8	28	22
Caso I	NO _x	Bloccato	265	29	16	10	0	24	10	18	18

4. CALCOLO DELLE CADUTE DI PRESSIONE

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

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

$$\Delta p = \Delta p_R \pm \Delta p_{pi} \pm \Delta p_b \pm \Delta p_w$$

dove:

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

Nel caso in oggetto, la differenza di pressione, dovuta alle differenze di condizioni barometriche fra le testate, può essere ritenuta trascurabile rispetto alle altre differenze di pressione. Per l'effetto del vento si è assunto un valore di sovrappressione sull'imbocco, contrario alla spinta dei ventilatori, pari a 50 Pa, corrispondente ad un vento con velocità di ≈ 33 km/h con verso normale alla sezione di uscita dalle gallerie.

L'effetto camino risulta dalle possibili differenze di temperatura fra i due imbocchi.

Per la galleria autostradale, che ha pendenza continua e piuttosto elevata (pendenza media $\approx \pm 3,3\%$), l'effetto camino risulta particolarmente rilevante in caso di incendio e raggiunge valori dell'ordine di 200÷300 Pa ed oltre in funzione della magnitudo dell'incendio.

Nel caso della Penetrazione Nord di Trieste va tenuta in particolare conto l'orientazione dei portali dei fornici e degli svincoli, rispetto al verso in cui può soffiare la bora.

Si tenga presente che un vento di 100 km/h, perpendicolare ad una superficie frontale piana, corrisponde ad una pressione dinamica di ≈ 460 Pa e che la componente normale a 30° rispetto al del verso del vento equivale ad una pressione dinamica sulla superficie suddetta di ≈ 230 Pa.

4.1. Calcolo della velocità critica dell'aria in caso di incendio

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

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

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

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

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

Si è supposto di avere una potenza di incendio rispettivamente di 100 MW corrispondente all'incendio di una cisterna da 10 tonnellate di liquido infiammabile.

Nelle tavole seguenti sono riepilogate le velocità critiche della galleria Autostradale e della galleria Intervalliva in funzione della pendenza della galleria e dell'altezza della galleria.

Va tenuto presente che in caso di incendio il verso della velocità longitudinale e quindi il livello della spinta dei ventilatori, che sono in grado di funzionare, deve coincidere con il verso del traffico. Situazioni particolari nel corso dell'intervento di spegnimento dell'incendio possono richiedere l'inversione del flusso longitudinale.

Tavola 4.1.1

Riepilogo velocità critiche per la galleria Autostradale

Galleria Autostradale – Incendio di riferimento della potenza di 100 MW

FORNICE 1

Direzione	Pendenza [%]	DH [m]	T _f [°C]	V _c [m/s]
A4-Miramare	-3,30	4,00	439,11	2,60
A4-Miramare	-3,50	4,00	436,89	2,62

Galleria Autostradale – Incendio di riferimento della potenza di 100 MW

FORNICE 2

Direzione	Pendenza [%]	DH [m]	T _f [°C]	V _c [m/s]
Miramare-A4	+3,50	4,00	436,89	2,62

Miramare-A4	+3,34	4,00	438,66	2,61
-------------	-------	------	--------	------

Tavola 4.1.2

Riepilogo velocità critiche per la galleria Intervalliva

Galleria Intervalliva – Incendio di riferimento della potenza di 100 MW

FORNICE 1

Direzione	Pendenza [%]	DH [m]	T _f [°C]	V _c [m/s]
Miramare-GVT	+4,20	4,00	455,53	2,70
Miramare-GVT	-2,60	4,00	474,56	2,59
Miramare-GVT	+2,60	4,00	474,56	2,59
Miramare-GVT	-4,90	4,00	448,12	2,74
Miramare-GVT	+4,93	4,00	447,81	2,75
Miramare-GVT	-4,30	4,00	454,44	2,70
Miramare-GVT	+4,90	4,00	448,09	2,74

Galleria Intervalliva – Incendio di riferimento della potenza di 100 MW

FORNICE 2

Direzione	Pendenza [%]	DH [m]	T _f [°C]	V _c [m/s]
GVT - Miramare	-6,00	4,00	437,34	2,82
GVT - Miramare	+4,90	4,00	448,12	2,74
GVT - Miramare	-4,98	4,00	447,30	2,75
GVT - Miramare	+4,94	4,00	447,71	2,75
GVT - Miramare	-2,59	4,00	474,69	2,58
GVT - Miramare	+2,60	4,00	474,56	2,59
GVT - Miramare	-3,00	4,00	469,47	2,61

Legenda

ΔH = Distanza fra la quota a cui avviene l'incendio e la sommità e della galleria

T_f = Temperatura media della miscela aria-fumo

V_c = Velocità critica

5. DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI VENTILAZIONE

5.1. Galleria Autostradale

Per il fornice 1, dai calcoli della portata massima necessaria (83 mc/s) evidenziata nelle tabelle 2.1.6.1a, 2.1.6.1c e delle cadute di pressione che si verificano in tale condizione, si ricava la necessità di installazione di un numero di ventilatori assiali da 8 a 48.

Per tenere conto della possibilità di controllo del verso e del valore della velocità longitudinale dell'aria in galleria, specie in caso di incendio, della possibilità di gestire la ventilazione nella zona della galleria invasa dall'incendio, con l'effetto camino conseguente, sono state adottate 16 terne di ventilatori assiali (48 ventilatori totali), ciascuno con motore da 25 kW.

Per il fornice 2, dai calcoli della portata massima necessaria (133 mc/s) evidenziata in tabella 2.1.6.1b, 2.1.6.1d e delle cadute di pressione che si verificano in tale condizione, si ricava la necessità di installazione di un numero di ventilatori assiali da 10 a 52.

Per tenere conto della possibilità di controllo del verso e del valore della velocità longitudinale dell'aria in galleria, specie in caso di incendio, della possibilità di gestire la ventilazione nella zona della galleria invasa dall'incendio, con l'effetto camino conseguente, sono state adottate 18 terne di ventilatori assiali (54 ventilatori totali) ciascuno con motore da 25 kW.

5.2. Galleria Intervalliva

Per la galleria Intervalliva si è adottato il sistema di ventilazione trasversale, con l'immissione di aria fresca a portata uniformemente distribuita mediante bocchette disposte lungo la galleria con interasse di 10 m e l'estrazione dell'aria viziata mediante serrande poste in volta alla galleria con interasse di 50 m.

Le portate di aria fresca e dell'aria viziata con cui è stato proporzionato l'impianto di ventilazione sono riportate nella tabella seguente.

Fornice 1	Portata AF [m ³ /s]	Portata AV [m ³ /s]	Portata Estrazione fumi [m ³ /s]	Fornice 2	Portata AF [m ³ /s]	Portata AV [m ³ /s]	Portata Estrazione fumi [m ³ /s]
Tronco 4	130	130	150	Tronco 1	180	180	150
Tronco 3	120	120	150	Tronco 2	50	50	150
Tronco 2	90	90	150	Tronco 3	120	120	150
Tronco 1	140	140	150	Tronco 4	120	120	150

Per entrambi i fornici, per tenere conto della possibilità di controllo del valore e del verso della velocità longitudinale dell'aria in galleria, specie in caso di incendio, della possibilità di gestire la ventilazione nella zona della galleria invasa dall'incendio, con l'effetto camino conseguente, sono state adottate coppie di ventilatori assiali opportunamente intervallate.

Per il fornice 1 e per il fornice 2 sono previste 26 coppie di ventilatori (52 ventilatori totali), ciascuno con motore della potenza di 27 kW.

6. IMPIANTO DI VENTILAZIONE

6.1. Criteri per la progettazione dell'impianto di ventilazione

Nella progettazione preliminare degli impianti di ventilazione della Penetrazione Nord sono state tenute in conto diverse circostanze, quali :

- (i) l'intensità del traffico veicolare previsto nelle diverse condizioni di traffico scorrevole di punta e delle possibili condizioni di traffico congestionato o bloccato;
- (ii) le azioni interferenti dei diversi parametri aeraulici, quali resistenze continue e localizzate per attrito, effetto pistone del flusso veicolare, differenze fra le condizioni meteorologiche agli imbocchi (pressioni barometriche e vento);
- (iii) le portate di aria fresca da immettere e quelle di aria viziata da estrarre in funzione delle differenti condizioni di traffico;
- (iv) l'esigenza di dover disporre di un sistema idoneo all'estrazione dei fumi prodotti da un incendio in galleria;
- (v) la necessità di poter controllare la velocità longitudinale dell'aria in caso di incendio in galleria, in modo da favorire la stratificazione dei fumi verso la volta della galleria per la loro estrazione, evitando che il flusso dei prodotti venefici della combustione si sposti verso gli utenti;
- (vi) l'estrazione dell'aria viziata lungo la galleria, in modo da immetterla in quota ad elevata velocità attraverso torri di ventilazione, così da disperdere gli inquinanti su aree molto ampie e tali da non variare in pratica il fondo dell'ambiente esterno in prossimità del terreno.

6.1.1. Descrizione del sistema di ventilazione della galleria intervalliva

I due fornici della galleria intervalliva sono costituiti da due canne unidirezionali di rilevante lunghezza, avente nuclei abitativi circostanti, con diversi svincoli di ingresso e di uscita. Ciascun fornice è a due corsie con corsia di emergenza.

Questa situazione, ha indotto alla installazione di tre centrali di ventilazione, denominate centrale CV1, centrale CV2 e centrale CV3.

La prima centrale, denominata Centrale CV1, è sistemata a nella zona di imbocco-sbocco della GVT; essa serve i due fornici del primo tronco di galleria, aventi una lunghezza di ≈ 3280 m per il fornice 1 e di ~ 3262 m per il fornice 2, con pendenze variabili.

La seconda centrale, denominata centrale CV2, è sistemata nella zona Boschetto e serve i due fornici del secondo tronco ed i due fornici del terzo tronco. I due fornici del secondo tronco hanno entrambi una lunghezza di ≈ 1365 , m mentre i due fornici del terzo tronco hanno una lunghezza di ≈ 2471 m per il fornice 1 e ~ 2485 m per il fornice 2.

La terza centrale, indicata come centrale CV3, è ubicata nella zona di Viale Miramare; essa serve i due fornici del quarto tronco. I due fornici del quarto tronco hanno una lunghezza rispettivamente di ~ 2471 m e per il fornice 1 di ~ 2485 m per il fornice 2.

Per la galleria intervalliva è stato adottato un sistema di ventilazione trasversale con ventilatori di mandata dell'aria fresca e ventilatori di estrazione dell'aria viziata e/o della miscela aria - fumi in caso di incendio in galleria.

La ventilazione trasversale è effettuata con ventilatori AF ed AV (4AF e 4AV per ciascuna centrale CV1 e CV3; 8AF ed 8AV per la centrale intermedia CV2). Ogni fornice di ciascun tronco è servito da due ventilatori, uno di riserva all'altro.

Lungo la galleria sono previsti ventilatori assiali ad induzione (booster) utilizzati per il controllo della velocità longitudinale nella galleria. Essi sono disposti in volta al di sotto del canale di estrazione dell'aria viziata e/o dei fumi da incendio. Ciascuna batteria è composta da due coppie di ventilatori, opportunamente intervallate lungo il fornice.

Il sistema di ventilazione adottato presenta principalmente due scenari di funzionamento:

- L'aria fresca viene prelevata all'esterno della galleria e mediante i ventilatori di mandata AF, ubicati nelle centrali di ventilazione, viene immessa tramite bocchette per consentire la diluizione degli inquinanti. Le bocchette sono disposte a livello del marciapiede su entrambi i lati della galleria con interasse di circa 10 m ed erogano una portata uniformemente distribuita.

Allo stesso tempo i ventilatori AV provvedono ad estrarre l'aria inquinata, attraverso serrande motorizzate di estrazione della sezione di circa 1,5 m² disposte al centro della condotta di estrazione fumi con interasse di ≈50 m, e ad espellerla all'esterno ad alta velocità mediante torri di ventilazione. Le serrande sono posizionate tramite il motoriduttore controllato dalla G.T.C. in modo da estrarre ciascuna una portata di aria con distribuzione uniforme lungo il fornace servito.

- In caso di incendio, l'aria viene fatta fluire mediante i ventilatori ad induzione nel verso del traffico; i veicoli a valle dell'incendio possono procedere regolarmente verso l'uscita, mentre quelli fermi a monte dell'incendio sono protetti dal verso dell'aria, che fluisce alle loro spalle oltre l'incendio. In presenza di incendio l'aria fresca viene immessa a regime ridotto rispetto alla condizione di funzionamento normale, in modo da evitare la destratificazione dei fumi. Nel contempo vengono aperte completamente le serrande di estrazione fumi nella zona dell'incendio e vengono chiuse tutte le altre. I fumi sono aspirati dai ventilatori di estrazione e sono espulsi all'esterno mediante le torri di ventilazione.

Particolare attenzione occorre prestare al fenomeno del riflusso dell'aria a monte dell'incendio (back-layering), mantenendo opportuni valori della velocità longitudinale dell'aria. A tale scopo vengono installati, in volta al disotto del canale di estrazione AV e fumi, i ventilatori assiali ad induzione per consentire il controllo della velocità longitudinale dell'aria. Se è necessario, la reversibilità dei ventilatori ad induzione permette l'inversione di marcia dei ventilatori stessi e quindi del flusso dell'aria per consentire una "compartimentazione" dei fumi ed una migliore resa dell'impianto di estrazione fumi in galleria; in tal modo l'aria, se necessario, può anche essere spinta in verso opposto a quello in cui normalmente viene inviata.

La velocità longitudinale dell'aria all'interno della galleria viene misurata mediante una serie di anemometri, che permettono la regolazione automatica di marcia o di arresto dei ventilatori ad induzione in galleria, così da mantenere, nel caso di incendio in galleria, un valore della velocità longitudinale dell'aria tale da confinare i fumi nella zona desiderata per una migliore estrazione.

Inoltre essi consentono di controllare la velocità in uscita di ciascun fornace per mantenerla al di sotto dei valori indicati dal PIARC.

Un sistema di misura della concentrazione dell'ossido di carbonio (CO), della opacità dell'aria (OP, particolato) articolato e dell'ossido di azoto (NO) disposto all'interno della galleria, consente la regolazione automatica di marcia e di arresto dei ventilatori di centrale attraverso la G.T.C. così da mantenere la concentrazione degli inquinanti al di sotto del valore di soglia nell'esercizio della galleria.

La regolazione automatica del regime di funzionamento dei ventilatori può essere fatta anche mediante il sistema di controllo del traffico attraverso la G.T.C.

6.1.2. Descrizione del sistema di ventilazione della galleria autostradale

I due fornici della galleria autostradale sono costituiti, come già detto, da due canne unidirezionali di rilevante lunghezza, con notevoli pendenze ($\approx 3,3\%$ in media).

Per il particolare tipo di terreno questa galleria presenta una sezione a volta circolare con piedritti e base ad arco rovescio.

La carreggiata di ciascun fornice è a due corsie di percorrenza e con una terza corsia per emergenza.

Essa è ventilata longitudinalmente mediante terne di ventilatori assiali ad induzione disposti in volta. Inoltre in volta è realizzato un canale di estrazione dei fumi di incendio.

Il fornice 2 in salita da zona Miramare a Svincolo A4 ha una lunghezza di ≈ 7045 m, con pendenza media di $\approx 3,3\%$ m; il fornice in discesa da Svincolo A4 a zona Miramare ha una lunghezza di ≈ 6570 m, con una pendenza media di $\approx 3,3\%$. Il verso della ventilazione è concorde con quello del traffico.

Per la notevole lunghezza della galleria alla distanza di ≈ 3.367 m dalla centrale CV3, lato fornice 2, è installata la centrale CV4.

Essa di fatto seziona la galleria in due tronchi distinti per la ventilazione sanitaria.

La centrale è interrata sotto il piano di campagna e comporta per ogni fornice le seguenti coppie di ventilatori :

- fornice di salita (zona Miramare – svincolo A4)
 - due ventilatori per l'estrazione dei fumi da incendio nel tronco da CV4 a svincolo A4;
 - due ventilatori per l'immissione di AF per effetto Saccardo nel tronco da CV4 a svincolo A4;
 - due ventilatori che servono alternativamente per l'estrazione dei fumi da incendio e per l'estrazione dell'AV nel tronco da CV4 verso la zona Miramare.
- Fornice di discesa (svicolo A4 – zona Miramare)
 - due ventilatori per l'estrazione dei fumi da incendio nel tronco da CV4 verso la zona Miramare;
 - due ventilatori per l'immissione di AF per effetto Saccardo nel tronco da CV4 verso la zona Miramare;
 - due ventilatori che servono alternativamente per l'estrazione dei fumi da incendio e per l'estrazione dell'AV nel tronco da CV4 allo svincolo A4.

Il sistema di ventilazione presenta due scenari di funzionamento :

- Per il fornice in salita l'aria viene prelevata dall'imbocco in zona Miramare ed avviata verso la centrale CV4. Alla centrale CV4 l'aria esausta viene aspirata dai ventilatori di centrale AV e viene reimpressa AF per effetto Saccardo dai ventilatori di centrale AF nel fornice da CVA verso svincolo A4, dove l'aria esausta viene espulsa dal portale.
- Per il fornice in discesa il funzionamento è analogo ma invertito, in quanto l'immissione AF avviene al portale dello svincolo A4 e l'espulsione AV è fatta al portale dello sbocco in zona Miramare.
- In caso di incendio, poichè l'aria fluisce nel verso del traffico, i veicoli a valle dell'incendio possono procedere regolarmente verso l'uscita, mentre quelli fermi a monte dell'incendio sono protetti dal verso dell'aria, che fluisce alle loro spalle oltre l'incendio. In tali condizioni i ventilatori ad induzione funzionano inizialmente a regime ridotto, onde evitare la destratificazione dei fumi, e successivamente in modo da mantenere la velocità longitudinale al

di sopra di quella critica. Vengono aperte completamente le serrande di estrazione fumi nella zona dell'incendio e vengono chiuse tutte le altre. I fumi vengono aspirati dai ventilatori di estrazione e vengono espulsi all'esterno mediante le torri di ventilazione.

Particolare attenzione occorre prestare al fenomeno del riflusso dell'aria a monte dell'incendio (back-layering), mantenendo opportuni valori della velocità longitudinale dell'aria. I ventilatori assiali ad induzione, installati in volta, consentono il controllo della velocità longitudinale dell'aria. Se è necessario, la reversibilità dei ventilatori ad induzione permette l'inversione di marcia dei ventilatori stessi e quindi del flusso dell'aria per consentire una "compartimentazione" dei fumi ed una migliore resa dell'impianto di estrazione fumi in galleria.

Circa la misura della velocità longitudinale dell'aria in galleria e del controllo del CO, Nox, OP ovvero del controllo del traffico per la regolazione dei regimi di ventilazione, vale quanto già detto per la ventilazione della galleria intervalliva al ø6.2.

6.2. Ventilatori ad induzione in galleria

I ventilatori da installare in volta alla galleria sono del tipo assiale ad induzione con flusso bidirezionale con raddrizzatore, girante con pale con profilo alare, azionate da un motore elettrico trifase ad induzione 400 V, 50 Hz, IP 55; la carcassa è del tipo lungo in acciaio con raddrizzatori della vena fluida.

Il ventilatore è a funzionamento reversibile; è dotato di due silenziatori cilindrici, uno per lato, e di boccaglio di aspirazione a forma toroidale.

I ventilatori sono disposti sotto il canale di estrazione fumi da incendio e sono sostenuti da un apposito sistema di travi reticolari.

Il sistema di travi è protetto mediante uno strato di cemento ceramico, resistente ad elevata temperatura.

L'area della sezione della galleria rende possibile la posa di terne di ventilatori, mantenendo ampiamente l'area della sagoma limite richiesta dal traffico.

Per i fornici e gli svincoli della galleria intervalliva, i ventilatori ad induzione hanno ciascuno le seguenti caratteristiche :

- Portata volumetrica d'aria	15,5 m ³ /s
- Velocità di rotazione	2950 giri/min
- Velocità di efflusso	39,7 m/s
- Diametro girante	710 mm
- Spinta in aria ferma con $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$	730 N
- Livello di rumorosità	76 dBA a 10m, ed 45° in campo libero emiss. emisferica
- Potenza motore	27 kWe
- Rendimento motore	89%
- Fattore di potenza (cos φ)	0,92
- Alimentazione elettrica	400 V;50 Hz; 3f
- Classe di isolamento	H
- Protezione meccanica	IP55
- Temperatura massima di funzionamento	+40 °C in regime continuo; 400°C per 90 minuti in emergenza
- Peso del gruppo	≈490 kg

Per la galleria autostradale le caratteristiche dei ventilatori sono :

- Portata volumetrica d'aria	24,0 m ³ /s
- Velocità di rotazione	1470 giri/min
- Velocità di efflusso	30,5 m/s
- Diametro girante	1000 mm
- Spinta in aria ferma con $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$	900 N
- Livello di rumorosità	71 dBA a 10m, ed 45° in campo libero

	emiss. emisferica
- Potenza motore	25 kWe
- Rendimento motore	90%
- Fattore di potenza (cos φ)	0,89
- Alimentazione elettrica	400 V;50 Hz; 3f
- Classe di isolamento	H
- Protezione meccanica	IP55
- Temperatura massima di funzionamento	+40 °C in regime continuo; 400°C per 90 minuti in emergenza
- Peso del gruppo	≈840 kg

Ciascun ventilatore è dotato di telaio di sostegno in acciaio inox; il telaio è collegato alla travatura reticolare di sostegno anzidetta.

Il ventilatore viene connesso alla linea di alimentazione mediante un quadro elettrico, posto nel vano tecnico sottostante la carreggiata. Il quadro contiene una presa interbloccata ed un condensatore di rifasamento con sezionatore e fusibili, in modo che il cos φ globale sia maggiore di 0,95.

La Tavola 08V illustra due terne di ventilatori fissati in volta della galleria mediante la travatura reticolare, con il relativo quadro elettrico di alimentazione e di rifasamento per la galleria intervalliva e per la galleria autostradale.

Nel calcolo fluidodinamico, della ventilazione della galleria intervalliva dal quale risulta il numero dei ventilatori ad induzione, si è tenuta presente la ridotta spinta dei ventilatori stessi in caso di incendio ovvero che un certo numero di essi vada fuori uso.

Si è tenuto conto per entrambe le gallerie che nell'evento di incendio possa essere assicurato il controllo della velocità longitudinale dell'aria in galleria.

Il numero di ventilatori installati è sufficiente a garantire il controllo della velocità longitudinale dell'aria nelle gallerie anche in caso di fuori servizio di alcune terne.

Il ventilatore ad induzione è costituito da:

- una girante assiale speciale per alte temperature, con pale a profilo alare tali da assicurare in controrotazione il 100% della portata volumetrica nominale a flusso unidirezionale. L'angolo di calettamento delle pale può essere modificato da fermo per la definizione della portata e della spinta volute;
- un motore elettrico, asincrono, trifase, ad induzione, con rotore a gabbia di scoiattolo, adatto per avviamento diretto e per funzionamento continuo secondo B.S. 5000; 1973, Parte 99, equivalenti I.E.C. 34-1; classe di isolamento H con materiali isolanti in poliestere o similare, avvolgimenti impregnati con silicone, guaina isolanti cavi con materiali in fibra o similare. Protezione meccanica IP55, secondo B.S. 4999: 1972, Parte 20, equivalente a I.E.C. 34-5. I cuscinetti motore, di tipo prelubrificato, sono dimensionati secondo ISO281-L10, 20.000 ore, con una vita media del cuscinetto di 100.000 ore;
- una cassa d'alloggiamento del gruppo motore/girante, costruita in acciaio inox Grado AISI 316L/Ti con spessore minimo di 4 mm e completa di flange per l'accoppiamento opportunamente forate. Sulla cassa è installato un sensore di vibrazioni per monitoraggio continuo dello stato vibratorio dell'acceleratore ed un sensore di orizzontalità;
- i ventilatori sono adatti anche per funzionamento in emergenza in caso di incendio con temperatura di 400 °C per 90 minuti. Dopo il funzionamento in emergenza [400 °C per 90 minuti], l'unità completa deve essere sottoposta a revisione;
- due silenziatori cilindrici, di lunghezza 1D, costruiti in acciaio inox Grado AISI 316L/Ti con spessore minimo di 1 mm con irrigidimenti interni, rivestiti internamente con materiale fonoassorbente ad alto coefficiente di assorbimento acustico, imputrescibile, antimuffa e ininfiammabile secondo B.S. 467:1971, Parte 7, Classe 1 o normativa equivalente, rivestito esternamente con un lamierino forato in acciaio inox AISI 316L/Ti con spessore minimo 0,7 mm;

- due bocchagli in lamiera collegati al corpo silenziatore di acciaio inox Grado AISI 316L/Ti con spessore 3 mm;
- una serie di piedi di supporto scatolati di acciaio inox AISI 316L/Ti, opportunamente forati con spessore 8 mm per il fissaggio del ventilatore alla struttura di sostegno.

Ogni ventilatore è avvolto inoltre con due cavi in trefoli di acciaio \varnothing 10 mm; ogni cavo viene montato in modo da avvolgere la carcassa del ventilatore, passando attraverso due anelli laterali, saldati alla carcassa del ventilatore. I terminali del cavo fanno capo a due bulloni in acciaio inox, avvitati entro gli IPE della travatura reticolare di sostegno. I bulloni sono dotati di anello capocorda e di redancia per l'infilaggio del cavo e di morsetti di tenuta.

6.3. Centrale ed impianti di ventilazione

6.3.1. Centrale CV1 in località G.V.T. (Rif. Tav. I1003-I1004)

La centrale CV1 è disposta alla testata dei due fornicelli della galleria intervalliva nella zona G.V.T. ed alimenta il tronco 1 fornice 1 e 2, dalla zona G.V.T. al viadotto.

La centrale è seminterrata; essa ha un'altezza netta di ≈ 10 m ed la pianta è compresa entro una superficie netta di $\approx 42 \times 45$ m.

L'impianto di ventilazione, i canali di estrazione aria viziata e fumi da incendio, i canali di immissione dell'aria fresca in galleria e gli impianti ausiliari, sono costituiti come specificato nel seguito.

6.3.1.1. Ventilatori assiali bistadio a montaggio orizzontale, con girante a pale con profilo alare, con angolatura (passo) delle pale variabile da fermo, bilanciato, motore a gabbia di scoiattolo in asse con il ventilatore.

I motori sono comandati mediante convertitori a frequenza variabile.

I ventilatori sono nel numero di quattro per ogni centrale così ripartiti :

- fornice 1 – due ventilatori bistadio AF1 ed AF2, ciascuno con portata $70 \text{ m}^3/\text{s}$, motore $2 \times 160 \text{ kW}$;
- fornice 2 – due ventilatori bistadio AF3 ed A4, ciascuno con portata $90 \text{ m}^3/\text{s}$, motore $2 \times 250 \text{ kW}$;
- velocità di rotazione : $1475 \text{ giri}/1'$
- classe isolamento : H
- temperatura max di funzionamento : $400^\circ\text{C}/2\text{h}$
- alimentazione : $690 \text{ V}/50 \text{ Hz} / 3 \text{ f}$ a mezzo inverter.

Essi immettono l'aria fresca, prelevata dall'esterno sopra la centrale mediante una sezione di presa, all'interno della galleria mediante condotti dotati di serrande di taratura e di bocchette di mandata, derivati dal canale AF, che corre al di sotto della carreggiata stradale.

6.3.1.2. Ventilatori assiali bistadio a montaggio orizzontale, con girante a pale con profilo alare, bilanciato, motore elettrico trifase a gabbia di scoiattolo in asse con il ventilatore, temperatura massima di funzionamento in emergenza 400 °C per 2 ore.

I motori sono comandati mediante convertitori a frequenza variabile.

L'angolatura (passo) delle pale deve essere variabile a ventilatore fermo.

I ventilatori sono nel numero di quattro per ogni centrale così ripartiti :

- fornice 1 – due ventilatori quadri stadio AV1–AV2 / AE1-AE2 ciascuno con portata 70/75 m³/s, motore 4x240 kW;
- fornice 2 – due ventilatori quadristadio AV3-AV4 / AE3-AE4, ciascuno con portata 90/75 m³/s, motore 4x280 kW.
- velocità di rotazione : 1475 giri/1'
- classe isolamento : H
- temperatura max di funzionamento : 400°C/2h
- alimentazione : 690 V/50 Hz / 3 f a mezzo inverter.

Essi aspirano, in funzionamento normale, l'aria viziata dal canale di estrazione AV in galleria ed in funzionamento in emergenza i fumi da incendio, sempre dal medesimo canale.

6.3.1.3. I canali per l'estrazione dell'aria viziata e/o dei fumi in caso di incendio corrono in volta ai fornici.

Essi sono realizzati mediante una soletta in c.a. collocata in volta della galleria (vedi Tav. II013).

La soletta viene forata ogni 50 m circa per l'inserimento delle serrande di estrazione dell'aria viziata e/o dei fumi.

Nel funzionamento normale l'aria viziata viene aspirata dal canale AV della galleria e viene espulsa all'esterno ad alta velocità (~20÷25 m/s) mediante torri di ventilazione.

L'espulsione ad elevata velocità rende possibile disperdere l'inquinante su una vasta area, riducendo l'inquinamento che può uscire dai portali della galleria, senza influire sensibilmente sul livello del fondo ambientale.

Occorre peraltro avere l'avvertenza che le prese di aspirazione dell'aria fresca (AF) e quelle dell'espulsione dell'aria viziata (AV), siano disposte in modo da evitare di essere investite dal vento in verso normale o dalla componente normale del verso del vento.

Devono inoltre essere realizzati nel canale AV tre fori per ogni fornice delle dimensioni di 2,10x1,10 m, in ognuno dei quali installare una botola a tenuta in profilati tubolari e lamiera di acciaio inox AISI 304 spessore 20/10, luce netta 2x1 mq, apribile in due settori con ribaltamento della botola dalla galleria nel canale di estrazione AV e/o fumi, mediante cerniere sistemate sul lato di 1 m di lunghezza della lamiera.

Queste botole hanno lo scopo di consentire l'accesso dalla galleria ai canali di estrazione AV e fumi per la manutenzione e per l'introduzione di materiale ed attrezzature.

I fori delle botole sono realizzati con passo pressochè eguale su ogni fornice.

I canali di estrazione AV e fumi sono dotati di serrande di estrazione ad alette parallele, motorizzate, in acciaio inox AISI 316, intervallate e disposte come indicato nella Tavola I1013.

Le serrande hanno dimensioni con luce netta di 1x1,5 mq (1,5 m nel verso longitudinale).

Ciascuna serranda è comandata da un motoriduttore (attuatore), con un tempo totale fra l'apertura e la chiusura della serranda di 10 sec.; il motoriduttore e la serranda debbono poter operare sino alla temperatura massima di 400 °C per 2 ore.

Il motoriduttore è comandato mediante un apposito quadro disposto localmente sul paramento della cunicolo tecnico posto al di sotto della corsia di emergenza. Il motoriduttore è alimentato con apposita linea proveniente dal quadro QVent di centrale ed è controllato da un proprio PLC locale (Micro PLC), disposto sul quadro locale della serranda.

Il motoriduttore, attraverso un sistema di PLC, comanda l'apertura totale o parziale e la chiusura totale o parziale della corrispondente serranda in caso di incendio in galleria.

La logica e le modalità del funzionamento del sistema di serrande estrazione fumi sono esposte più oltre (Vedi ø 8).

6.3.1.4. L'aria fresca (AF) è prelevata dall'esterno mediante una sezione di presa dell'aria e viene spinta nel canale dell'AF mediante i ventilatori AF posti nella centrale di ventilazione. Il canale AF è disposto sotto la carreggiata della galleria.

Dal canale di aria fresca l'aria viene immessa su un lato del fornice in galleria mediante condotti; essi sono posizionati poco sopra il marciapiede ed incassati nel paramento della galleria. I condotti sono disposti con un interasse di 10 m circa. Essi sono di forma rettangolare, dim. 400x250 mm, e sono dotati di bocchette di mandata e di serrande di taratura, così da ottenere una distribuzione costante di portata dell'aria immessa in galleria da ogni bocchetta.

6.3.1.5. La centrale è composta dai seguenti impianti e locali:

- locale di controllo della centrale e dei fornici (L.C.) per il controllo di tutti gli impianti dislocati lungo i due fornici ed all'interno delle centrali. Esso fa capo al Posto di Controllo Centralizzato (P.C.C.) disposto in CV3 e presidiato;
- ventilatori AF ed AV sopra riportati;
- serrande motorizzate, disposte nelle centrali, delle dimensioni riportate sulle tavole progettuali, in acciaio inox, AISI 316, in grado di aspirare l'aria viziata e i fumi da incendio dalla galleria ovvero di mandare aria fresca in galleria. Esse sono costituite da uno o più moduli con alette a movimento parallelo, comandate da motoriduttori, con tempi di apertura e di chiusura inferiori a 10".

I motoriduttori sono alimentati da apposito quadro locale disposto in corrispondenza della serranda; il quadro locale è alimentato con linea elettrica dal quadro Q.Vent.

I motoriduttori, attraverso il P.C.C. ed il L.C. di centrale comandano l'apertura o la chiusura delle serrande;

- la zona quadri, comprendente il quadro di media tensione (Q.M.T.), i trasformatori a 690V ed a 400V, il quadro generale di bassa tensione (Q.G.B.T.), i quadri convertitori a frequenza variabile per i ventilatori AF ed AV, il quadro di ventilazione settore aria fresca e settore aria viziata ed estrazione fumi (Q.Vent.), il quadro di illuminazione galleria (Q.Ill.), il quadro illuminazione sicurezza galleria (Q.Ill.Sic.), il quadro servizi generali (Q.S.G.), il quadro di controllo Centralizzato (Q.C.C.), il quadro alimentazione della strumentazione per il controllo e

la sicurezza (Q.A.C.S.), nonché due gruppi di continuità (UPS) uno da 80 kVA ed uno da 32 kVA ed i regolatori di flusso (Vedi ø 6.4.3);

- passerelle e scale in acciaio zincato per l'accesso ai ventilatori;
- portale di accesso alla centrale;
- l'area di manovra in centrale, che deve essere dotata di portone di accesso in acciaio, formato con pannelli verticali scatolati, apribile a libro e dotato di porta di passaggio pedonale. Il portone e la porta sono dotati di serratura di chiusura;
- carro ponte da 10 tonn. per lo spostamento dei macchinari e delle attrezzature;
- un servizio igienico con disimpegno;
- torre di espulsione dell'aria viziata e dei fumi da incendio dotata di griglia di espulsione in acciaio inox AISI 316, antifoglie ed antivolatile; essa è dotata di deflettore della vena fluida in acciaio inox AISI 316, completo di distanziali di irrigidimento e di struttura reggisplinta;
- sezione di presa dell'aria fresca dotata di griglia di aspirazione in acciaio inox AISI 316, antifoglie ed antivolatile; essa è dotata di deflettore della vena fluida in acciaio inox AISI 316, completo di distanziali di irrigidimento e di struttura reggisplinta.

A lato della centrale sono previste :

- una centrale con gruppi elettrogeni di emergenza;
- una centrale antincendio ad acqua, come descritto più oltre in questa relazione.

In ogni centrale è installato un impianto di climatizzazione, descritto più oltre, per mantenere condizioni ambientali idonee al funzionamento degli impianti di ventilazione ed elettrici.

6.3.2. Centrale CV2 in località Boschetto (Rif. Tav. I1005; I1006)

La centrale CV2 è disposta nella zona Boschetto ed alimenta il tronco 2, fornici 1 e 2, ed il tronco 3, fornici 1 e 2.

La centrale è a volta circolare e con base ad arco rovescio. Ha una altezza in chiave di volta di 13,5 m, una lunghezza ≈ 110 m ed una larghezza di ≈ 26 m.

L'impianto di ventilazione, i canali di estrazione aria viziata e fumi da incendio, i canali di immissione dell'aria fresca in galleria e gli impianti ausiliari, che devono essere realizzati, sono costituiti come specificato nel seguito.

6.3.2.1. Ventilatore assiale monostadio a montaggio orizzontale, con girante a pale con profilo alare, con angolatura (passo) delle pale variabile da fermo, bilanciato, motore a gabbia di scoiattolo in asse con il ventilatore.

I motori sono comandati mediante convertitori a frequenza variabile.

I ventilatori sono nel numero di otto ogni centrale, così riportati :

- Fornice 1 – tronco 2 – due ventilatori monostadio AF1 ed AF2, ciascuno con portata 45 m³/s, motore 140 kW;
- Fornice 2 – tronco 2 – due ventilatori monostadio AF3 ed AF4, ciascuno con portata 25 m³/s, motore 60 kW;
- Fornice 1 – tronco 3 due ventilatori monostadio AF5 ed AF6, ciascuna con portata 60 m³/s, motore 200 kW;
- Fornice 2 – tronco 3 due ventilatori monostadio AF7 ed AF8, ciascuna con portata 60 m³/s, motore 250 kW;
- Velocità di rotazione : 1470÷1500 giri/1'
- Classe isolamento : F
- Temperatura max di funzionamento : +40 °C (in continuo)
- Alimentazione : 690 V/50 Hz/3f a mezzo inverter

Essi immettono l'aria fresca, prelevata dall'esterno sopra la centrale mediante una sezione di presa, all'interno della galleria mediante condotti dotati di serrande di taratura e di bocchette di mandata, derivati dal canale AF, che corre al di sotto della carreggiata stradale.

6.3.2.2. Ventilatore assiale monostadio a montaggio orizzontale, con girante a pale con profilo alare, bilanciato, motore elettrico trifase a gabbia di scoiattolo in asse con il ventilatore, temperatura massima di funzionamento in emergenza 400 °C per 2 ore.

I motori sono comandati mediante convertitori a frequenza variabile.

L'angolatura (passo) delle pale deve essere variabile a ventilatore fermo.

I ventilatori sono nel numero di quattro ogni centrale, così riportati :

- Fornice 1 – tronco 2 – due ventilatori monostadio AV1-AV2 / AE1-AE2, ciascuno con portata 45/75 m³/s, motore 2X240 kW;
- Fornice 2 – tronco 2 – due ventilatori monostadio AV3-AV4 / AE3-AE4, ciascuno con portata 25/75 m³/s, motore 60 Kw 2x240 kW;
- Fornice 1 – tronco 3 – due ventilatori bistadio AV5-AV6 / AE5-AE6, ciascuno con portata 60/75 m³/s, motore 2x315 kW;
- Fornice 2 – tronco 3 – due ventilatori bistadio AV7-AV8 / AE7-AE8, ciascuno con portata 60/75 m³/s, motore 2x315 kW;
- Velocità di rotazione : 1475 giri/1';
- Classe isolamento : H;
- Temperatura max di funzionamento : 400°C/2 h;
- Alimentazione : 690 V/50 Hz/3f a mezzo inverter

Essi aspirano, in funzionamento normale, l'aria viziata dal canale di estrazione AV in galleria ed in funzionamento in emergenza i fumi da incendio, sempre dal medesimo canale.

Per quanto attiene il trattamento dell'AV e dell'AF per la centrale CV2, vale quanto detto ai precedenti punti 6.3.1.3 e 6.3.1.4 per la centrale CV1.

6.3.2.3. La centrale è composta dagli impianti e dai locali, come riportati al punto precedente 6.3.1.5., tenuto presente che la centrale CV2 dispone di otto copie di ventilatori, come più sopra esposto.

6.3.3. Centrale CV3 in località Viale Miramare (Rif. Tav. I1007; I1008)

La centrale CV3 alimenta i due fornici della galleria intervalliva ed alimenta il tronco 4, fornici 1 e 2.

Inoltre provvede all'estrazione dei fumi da incendio dalla galleria autostradale, in quanto i canali di estrazione dei fumi dell'autostrada e dell'intervalliva si congiungono in corrispondenza al collegamento dei fornici delle due gallerie.

La centrale è seminterrata. Ha una altezza netta di ≈ 10 m e la pianta è compresa entro superficie di $\approx 26 \times 74$ m.

L'impianto di ventilazione, i canali di estrazione aria viziata e fumi da incendio, i canali di immissione dell'aria fresca in galleria e gli impianti ausiliari, che devono essere realizzati, sono costituiti come specificato nel seguito.

6.3.3.1. Ventilatori assiali monostadio a montaggio orizzontale, con girante a pale con profilo alare, con angolatura (passo) delle pale variabile da fermo, bilanciato, motore a gabbia di scoiattolo in asse con il ventilatore.

I motori sono comandati mediante convertitori a frequenza variabile.

I ventilatori sono nel numero di quattro per ogni centrale, così ripartiti :

- Fornice 1 – due ventilatori monostadio AF1 ed AF2, ciascuno con portata $65 \text{ m}^3/\text{s}$, motore 280 kW;
- Fornice 2 – due ventilatori monostadio AF3 ed AF4, ciascuno con portata $60 \text{ m}^3/\text{s}$, motore 250 kW;
- Velocità di rotazione : 1500 giri/1';
- Classe isolamento : F;
- Temperatura max di funzionamento : $+40^\circ\text{C}$ (continuo)
- Alimentazione : 690 V/50 Hz/3f a mezzo inverter

Essi immettono l'aria fresca, prelevata dall'esterno sopra la centrale mediante una sezione di presa, all'interno della galleria mediante condotti dotati di serrande di taratura e di bocchette di mandata, derivati dal canale AF, che corre al di sotto della carreggiata stradale.

6.3.3.2. Ventilatore assiale bistadio a montaggio orizzontale, con girante a pale con profilo alare, bilanciato, motore elettrico trifase a gabbia di scoiattolo in asse con il ventilatore, temperatura massima di funzionamento in emergenza 400 °C per 2 ore.

I motori sono comandati mediante convertitori a frequenza variabile.

L'angolatura (passo) delle pale deve essere variabile a ventilatore fermo.

I ventilatori sono nel numero di quattro per ogni centrale, così ripartiti :

- Fornice 1 – due ventilatori bistadio AV1-AV2 / AE1-AE2, ciascuno con portata 65/75 m³/s, motore 2x315 kW;
- Fornice 2 – due ventilatori bistadio AV3-AV4 / AE3-AE4, ciascuno con portata 60/75 m³/s, motore 2x315 kW;
- Velocità di rotazione : 1480 giri/1' ;
- Classe isolamento : H;
- Temperatura max di funzionamento : 400°C/2 h;
- Alimentazione : 690 V/50 Hz/3f a mezzo inverter

Essi aspirano, in funzionamento normale, l'aria viziata dal canale di estrazione AV in galleria ed in funzionamento in emergenza i fumi da incendio, sempre dal medesimo canale.

Per quanto attiene il trattamento dell'AF e dell'AV per la centrale CV3, vale quanto detto ai precedenti punti 6.3.1.3. e 6.3.1.4. per la centrale CV1.

6.3.3.3. La centrale è composta dagli impianti e dai locali, come descritti al precedente punto 6.3.1.5. per la centrale CV1.

In prossimità della centrale sono disposti :

- una centrale con gruppi elettrogeni di emergenza;
- una centrale antincendio ad acqua come descritto più oltre.

6.3.4. Centrale CV4 in località S.P.1 del Carso (V. Tav. I1009; I1010)

La galleria autostradale, compresa fra l'innesto con la galleria intervalliva e lo svincolo A4, ha una lunghezza di ≈ 6135 m per il fornice 1 e dai ≈ 6310 m per il fornice 2. Essa è ventilata longitudinalmente e la sua lunghezza è tale da richiedere una centrale di ventilazione intermedia per l'immissione dell'AF e l'estrazione dell'AV, centrale indicata con CV4.

La centrale è collocata alla distanza di 3.678 m rispetto all'imbocco dello svincolo A4 sul lato del fornice 2. Essa è interrata sotto il piano di campagna e comporta l'estrazione dell'AV, la mandata dell'AF per effetto Saccardo (effetto induttivo) e l'estrazione dei fumi da incendio.

L'estrazione AV avviene mediante sezioni di presa disposte in volta ai fornici in corrispondenza delle centrali, mentre l'estrazione dei fumi da incendio è attuata mediante canali disposti in volta alla galleria con serrande di aspirazione motorizzate come per la galleria intervalliva. Il passo delle serrande di estrazione fumi è di ≈ 50 m, con dimensioni delle serrande di $1 \times 1,5$ mq.

Se del caso attraverso questi canali è possibile estrarre tappi di fumo che si verificano in situazioni di traffico intasato lungo la galleria.

L'impianto di ventilazione, i canali di estrazione aria viziata e fumi da incendio, la sezione di immissione dell'aria fresca in galleria per effetto Saccardo e gli impianti ausiliari, sono costituiti come specificato nel seguito.

6.3.4.1. Ventilatore assiale monostadio a montaggio orizzontale, con girante a pale con profilo alare, con angolatura (passo) delle pale variabile da fermo, bilanciato, motore a gabbia di scoiattolo in asse con il ventilatore.

I motori sono comandati mediante convertitori a frequenza variabile.

I ventilatori sono nel numero di quattro per ogni centrale, e sono così ripartiti :

- Fornice 1 – due ventilatori monostadio AF3 ed AF4, ciascuno con portata di $45 \text{ m}^3/\text{s}$, motore
- Fornice 2 – due ventilatori monostadio AF3 ed AF4, ciascuno con portata di $45 \text{ m}^3/\text{s}$, motore 180 kW
- Velocità rotazione 1480/1500 giri/1'

- Classe isolamento F
- Temperatura massima di funzionamento : 40°C (continua)
- Alimentazione : 690 V/50 Hz/3f a mezzo inverter

Essi immettono l'aria fresca, prelevata dall'esterno sopra la centrale mediante una sezione di presa, all'interno della galleria mediante condotti dotati di serrande di taratura e di bocchette di mandata, derivati dal canale AF, che corre al di sotto della carreggiata stradale.

6.3.4.2. Ventilatore assiale bistadio o quadristadio a montaggio orizzontale, con girante a pale con profilo alare, bilanciato, motore elettrico trifase a gabbia di scoiattolo in asse con il ventilatore, temperatura massima di funzionamento in emergenza 400 °C per 2 ore.

I motori sono comandati mediante convertitori a frequenza variabile.

L'angolatura (passo) delle pale deve essere variabile a ventilatore fermo.

I ventilatori sono nel numero di otto per ogni centrale, così ripartiti :

- Fornice 1 – due ventilatori bistadio AV3-AV4 / AE5-AE6, ciascuno con portata 45/75 m³/s, motore 2x315 kW per l'estrazione di AV e fumi;
- Fornice 2 – due ventilatori bistadio AV1-AV2 / AE3-AE4, ciascuno con portata 70/75 m³/s, motore 2x240 kW per l'estrazione di AV e fumi;
- Fornice 1 – due ventilatori bistadio AE1-AE2, ciascuno con portata 75 m³/s, motore 2x240 kW per la sola estrazione fumi;
- Fornice 2 – due ventilatori quadristadio AE7-AE8, ciascuno con portata 75 m³/s, motore 4x240 kW per la sola estrazione fumi;
- Velocità di rotazione : 1475 giri/1';
- Classe isolamento : H;
- Temperatura max di funzionamento : 400°C/2 h;
- Alimentazione : 690 V/50 Hz/3f a mezzo inverter

Essi aspirano, in funzionamento normale, l'aria viziata dal canale di estrazione AV in galleria ed in funzionamento in emergenza i fumi da incendio.

6.3.4.3. La centrale è composta dagli impianti e dai locali, come descritti al precedente punto 6.3.1.5 per la centrale CV1, tenuto presente che la centrale dispone di 6 coppie di ventilatori, come esposto in precedenza.

6.4. Impianti di ventilazione delle vie di fuga e dei by-pass carrabili

Fra i due fornici della galleria intervalliva sono previsti 39 collegamenti di by-pass da utilizzare come vie di fuga (rifugi) per gli utenti della galleria in caso di pericolo, in particolare di incendio.

Di questi 14 sono inclusi in 14 by-pass carrabili.

I by-pass carrabili servono per l'accesso da un fornice all'altro per il personale di servizio e di manutenzione e per le squadre di soccorso.

Fra i due fornici della galleria autostradale sono ricavati 20 by-pass, anch'essi da utilizzare come vie di fuga per gli utenti. Di questi 6 sono inclusi in by-pass carrabili, da impiegarsi come sopra detto.

Ciascuna via di fuga è individuabile con segnale a cartelli luminosi ad elevata visibilità, disposti sia sulla porta di accesso dai fornici, sia a distanza opportuna entro la galleria (50, 100 e 150 m).

Con la dizione "vie di fuga" nelle gallerie autostradali si intendono locali a tenuta di fumo, nei quali gli utenti possono trovare rifugio in caso di un incendio. L'incendio può sviluppare temperature elevate con la produzione di rilevanti masse di prodotti venefici della combustione (fumi), che si propagano lungo la galleria.

Nel caso della Penetrazione Nord di Trieste i by-pass costituiscono anche vie di fuga per il passaggio dal fornice incidentato all'altro fornice.

In particolare per un tunnel unidirezionale, come nel caso oggetto, i veicoli a valle dell'incendio nel verso del traffico possono proseguire verso l'uscita, prima che si raggiungano potenze rilevanti di incendio, mentre quelli a monte sono fermati dall'incendio, ma sono protetti dalla corrente di aria fresca dovuta al verso della spinta dei ventilatori, concorde con il verso del traffico. Particolare attenzione va posta, in caso di incendio, al fenomeno del riflusso verso monte dei fumi (back-layering), come già detto in precedenza al § 4.1.

Per tale motivo, all'interno della galleria, sono state installate le batterie di ventilatori ad induzione per controllare la velocità longitudinale dell'aria così da confinare i fumi, prodotti da un eventuale incendio, in una ben determinata zona, favorendone l'aspirazione attraverso il canale di estrazione fumi. Il tutto viene gestito dal sistema G.T.C. in modo automatico.

La gestione dell'incendio è affidata al sistema di estrazione fumi in caso di incendio descritto al § 8.

La via di fuga è costituita da due zone filtro, affacciate una ad un fornice e l'altra al secondo fornice; tra le due zone filtro è disposto il rifugio vero e proprio.

I due filtri ed il rifugio sono pressurizzati con due sistemi di ventilazione, di cui uno aspira l'aria da un fornice ed il secondo dall'altro fornice.

La pressurizzazione delle zone filtro e del rifugio viene fatta dal ventilatore che preleva l'aria dal fornice indenne, mentre sul fornice incidentato il ventilatore resta fermo.

Con questo sistema di pressurizzazione i fumi dell'incendio nel fornice incidentato non entrano nel filtro e nel rifugio, mentre in essi possono accedervi gli utenti dal fornice incidentato.

Il sistema di pressurizzazione dei locali deve essere avviato con consenso dal P.C.C. principale, previa segnalazione dell'incendio da parte del sistema di rilevazione fumi e controllo via TVc.c. da parte dell'operatore dello sviluppo effettivo dell'incendio.

Gli utenti restano nel rifugio in attesa dei soccorsi in condizioni di sicurezza e possono successivamente accedere al fornice indenne per essere evacuati.

Ciascun rifugio è dotato di TVcc e di SOS, collegati ai posti di controllo, di adeguata illuminazione, di sedili e di un armadio per medicazioni.

Le porte dei filtri e dei rifugi sono REI 120', in lamiera metallica, rinforzata da profilati, disposta in prossimità di ciascuna sezione di inserzione del by-pass sull'uno e sull'altro fornice. La loro apertura a spinta e la loro chiusura è segnalata al posto di controllo nella centrale CV3 (G.T.C.).

Una ventilazione analoga con pressurizzazione da entrambi i fornici viene fatta anche per i by-pass carrabili di comunicazione e per le cabine elettriche disposte fra i due fornici.

I by-pass carrabili sono dotati anch'essi di TVcc e di SOS, collegati ai corrispondenti impianti.

Le prestazioni dei ventilatori ubicati nei by-pass pedonabili sono le seguenti:

Portata aria	5.400 m ³ /h
Velocità di rotazione	1.440 giri/minuto
Potenza motore	2,5 kW
Classe di isolamento	'F'
Temperatura max di funz.	+50°C in regime continuo; +200°C per 2 ore in emergenza
Alimentazione	400 V/50 Hz /3 f

Un sistema di chiusure analogo con pareti a tenuta e con filtri e locale pressurizzati è attuato per i by-pass carrabili.

Le prestazioni dei ventilatori ubicati nei by-pass carrabili sono le seguenti:

Portata aria	12 m ³ /s
Velocità di rotazione	1470 giri/minuto
Potenza motore	13 kW
Classe di isolamento	'F'
Temperatura max di funz.	+50°C in regime continuo; +200°C per 2 ore in emergenza
Alimentazione	400 V/50 Hz /3 f

6.5. Cabine Elettriche delle centrali CV1, CV2, CV3, CV4

Le cabine elettriche delle centrali CV1, CV2, CV3, CV4 devono essere proporzionate per tutta la potenza occorrente alle centrali stesse che sono riassunte nel seguito:

Centrale CV1 : potenza installata \approx 6,9 MW

Centrale CV2 : potenza installata \approx 6,5 MW

Centrale CV3 : potenza installata \approx 4,5 MW

Centrale CV4 : potenza installata \approx 6,5 MW

Per il dettaglio delle potenze si faccia riferimento alle tavole progettuali.

Quanto di seguito esposto è valido per la centrale CV1. Stante la analogia degli impianti ciò può ritenersi valido anche per le altre centrali con la raccomandazione di fare riferimento alle tavole progettuali per il dettaglio degli impianti alimentati e per la taglia delle apparecchiature.

La cabina della centrale CV1 è costituita come descritto in seguito (V. Tav. I1022).

6.5.1. Linea di alimentazione in MT, con dorsale in partenza sia dalla centrale che dalla centrale lungo tutta la galleria.

6.5.2. Quadro elettrico di MT.

Il quadro di MT comprende la cella di protezione dell'ingresso rete ENEL, la cella di protezione dell'ingresso dei gruppi elettrogeni (solo per la centrale CV1 e CV3), le celle di protezione per la partenza della rete MT verso la galleria, le 4 celle di protezione dei trasformatori TR3, TR4, TR5, TR6, TR7, TR8 per l'alimentazione degli impianti ventilazione, le celle di protezione dei 2 trasformatori TR1 e TR2 per l'alimentazione del Quadro Generale di bassa tensione, comprendente le serrande della ventilazione, i servizi generali, il controllo e sicurezza, l'antincendio, l'illuminazione di galleria, normale e di sicurezza.

6.5.3. Otto trasformatori di potenza MT/BT, così suddivisi:

- Due trasformatori denominati TR1 e TR2 da 1600 kVA entrambi con rapporto di trasformazione dalla tensione primaria di 27,5 kV alla tensione secondaria di 400 V.
- Due trasformatori denominati TR3 e TR4 da 2500 kVA entrambi con rapporto di trasformazione dalla tensione primaria di 27,5 kV alla tensione secondaria di 690 V.
- Due trasformatori denominati TR5 e TR6 da 3150 kVA entrambi con rapporto di trasformazione dalla tensione primaria di 27,5 kV alla tensione secondaria di 690 V.
- Due trasformatori denominati TR7 e TR8 da 2000 kVA entrambi con rapporto di trasformazione dalla tensione primaria di 27,5 kV alla tensione secondaria di 400 V.

6.5.4. Tre trasformatori elevatori di potenza (solo in Centrale CV1 e CV3) con rapporto di trasformazione dalla tensione secondaria di 6600 V alla tensione primaria di 27,5 kV, collegati a tre gruppi elettrogeni di emergenza da 2800 kVA cadauno.

6.5.5. Tre quadri per gruppi convertitori a frequenza variabile con inverter ad IGBT a tensione impressa a 690V per il comando e la regolazione di velocità dei ventilatori dell'aria fresca e dell'aria viziata e di estrazione fumi in caso di incendio.

All'interno di ogni quadro deve essere installato un gruppo convertitore per ciascun motore dei ventilatori dell'aria fresca e dell'aria viziata e/o di estrazione fumi in caso di incendio, oltre ad un convertitore di riserva in grado di parallelare ogni singolo convertitore.

6.5.6. Un sistema costituito da tre gruppi elettrogeni di emergenza (GR1, GR2, GR3), uno disposto in prossimità della Centrale CV1 e l'altro in prossimità della Centrale CV3. I gruppi sono previsti per funzionamento in parallelo tramite apposito quadro. Ogni gruppo è da 2800 kVA, ed è in grado di alimentare i carichi preferenziali per una potenza totale di 6x2800 kVA. Ciascun gruppo è dotato di proprio quadro elettrico di comando e di controllo.

La mancanza della tensione di rete e la concomitanza di un incendio in galleria determina l'avviamento dei gruppi elettrogeni con l'inserimento preferenziale, tramite motorizzazione dei relativi interruttori, dei carichi costituiti da :

Galleria intervalliva

(i) per il fornice sede di incendio:

- ventilatori estrazione fumi;
- ventilazione AF al regime 20%;
- ventilatori ad induzione operanti in modo tale da ridurre la velocità longitudinale dell'aria nel fornice ad un valore inferiore ad un m/s nella zona di incendio;
- illuminazione al massimo regime;
- servizi sicurezza;
- centrale antincendio.

(ii) per il fornice indenne :

- ventilazione AF al regime 20%;
- illuminazione al regime medio;
- servizi sicurezza.

Galleria autostradale

(iii) per il fornice sede di incendio:

- ventilatori estrazione fumi;
- ventilatori ad induzione operanti in modo tale da ridurre la velocità longitudinale dell'aria nel fornice ad un valore inferiore ad un m/s nella zona di incendio;
- illuminazione al massimo regime;
- servizi sicurezza;
- centrale antincendio.

(iv) per il fornice indenne :

- ventilazione AF a regime ridotto;
- illuminazione al regime medio;

- servizi sicurezza.

L'illuminazione di sicurezza della galleria avviene mediante un UPS da 32 kVA, mentre un UPS da 80 kVA alimenta in emergenza il quadro alimentazione controllo e sicurezze.

I gruppi elettrogeni sono disposti in apposito locale a quota 0.00 (V. Tav. I1003), dotato di portoni per consentire l'introduzione e l'asportazione di ciascun gruppo, dei trasformatori elevatori e di ogni parte meccanica necessaria. L'impianto è realizzato in modo da rendere possibile la posa e la rimozione di ogni singolo componente.

Lo scarico dei prodotti della combustione avviene all'esterno, mediante tubi di scarico con marmitta, un tubo per ciascun generatore.

L'aria di raffreddamento e per la combustione è prelevata mediante aperture di aerazione disposte sopra l'edificio della centrale elettrogena, ed è espulsa attraverso serrande motorizzate disposte sui portoni di accesso alla centrale. Il locale è protetto da una struttura REI 120.

I gruppi elettrogeni sono insonorizzati e dotati di attenuatori sia in aspirazione che in espulsione aria per ridurre il rumore a valori accettabili.

Il serbatoio di stoccaggio del gasolio è collocato interrato esternamente alla centrale.

Il serbatoio di stoccaggio ha una capacità di 10 mc di gasolio, è dotato di doppia intercapedine in azoto ricaricabile.

Un gruppo di pompaggio provvede al prelievo del gasolio dal serbatoio di accumulo per fornirlo a quello giornaliero di alimentazione dei gruppi elettrogeni.

Il sistema dei gruppi elettrogeni e delle reti di alimentazione e di stoccaggio del gasolio deve essere realizzato secondo la normativa vigente in proposito.

6.5.7. Quadro generale di bassa tensione (QGBT), per l'alimentazione del quadro ventilazione a 400 V, del quadro servizi generali, del quadro alimentazione e controllo sicurezza tramite by-pass dell'UPS, del quadro dell'antincendio (solo per le centrali CV1, CV3, CV4), del quadro degli impianti di illuminazione di galleria normali e di sicurezza.

- 6.5.8. Quadro di ventilazione (QVent) settore aria fresca, comprendente le alimentazioni ed i comandi delle serrande motorizzate, disposte sui ventilatori di mandata dell'aria fresca, coniugate con la marcia o la fermata dei ventilatori.
- 6.5.9. Quadro ventilazione (QVent) settore aria viziata ed estrazione fumi, comprendente le alimentazioni ed i comandi delle serrande motorizzate, disposte sui ventilatori dell'aria viziata e di estrazione dei fumi, coniugate con la marcia o la fermata dei ventilatori.
- 6.5.9. Quadro ventilazione (QVent) settore ventilazione, comprendente le alimentazioni ed i comandi dei ventilatori disposti in galleria per il tronco di competenza.
- 6.5.11. Quadro dei servizi generali (QSG), che alimenta le seguenti utenze:
- quadro carro ponte;
 - quadro termoventilazione della centrale;
 - circuiti illuminazione canali in galleria.
- 6.5.12. Quadro di alimentazione della strumentazione per il controllo e la sicurezza (QACS).

Concerne l'alimentazione di parte dei vari strumenti disposti in galleria (CO, OP, NO_x, AN, rivelatori di traffico laser, rilevatori vibrazioni ed orizzontalità dei ventilatori) per il controllo e la sicurezza del funzionamento dei ventilatori della centrale.

Il quadro è alimentato mediante apposito gruppo di continuità da 80 kVA, autonomia ≥ 2 ore.

Il quadro alimenta le seguenti utenze :

- centralina rivelazione incendio in centrale;
- quadro sistema di rilevazione incendio in galleria;
- quadro SOS;
- quadro CO, OP, NO_x, AN
- quadro rilevamento traffico;
- quadro TVcc e R.A.I.;
- quadro semafori e cartelli segnaletici per vie di fuga;

- quadro Q.C.C.;
- quadro radiotrasmissione.
- illuminazione vie di fuga pedonabili e carrabili;
- ventilazione vie di fuga;
- illuminazione centrale;
- forza motrice centrale.

6.5.13. Sistema di controllo centralizzato alimentato dal QACS.

Esso consiste in un sistema centralizzato per il controllo e la sicurezza del funzionamento di tutti gli impianti e in particolare della ventilazione.

Esso è costituito da quadro QCC (Quadro di controllo centralizzato) contenente un PLC (Controllore a logica programmata) disposto in centrale, da una linea di collegamento e da morsettiere intelligenti (o dispositivi analoghi), disposti in galleria dentro armadi appositi in prossimità della strumentazione di controllo.

Il sistema è in grado di valutare i valori di concentrazione di CO, OP ed NOx, la velocità dell'aria (Anemometro AN), lo stato di funzionamento, le vibrazioni anomale e l'orizzontalità dei ventilatori, le condizioni del traffico (rivelatore laser) in modo da regolare il funzionamento dei ventilatori in funzione delle esigenze del traffico, dell'atmosfera e dello stato dei ventilatori.

Il sistema è descritto per tutti gli impianti controllati in dettaglio più oltre.

Va tenuto presente che i ventilatori dei rifugi (luoghi sicuri) debbono poter essere predisposti per essere azionati anche dal sistema di rilevazione dell'incendio.

6.5.14. Quadro antincendio (QAnt, solo per le centrali CV1, CV3, CV4) che alimenta le seguenti utenze:

- quadro pompa antincendio 1;
- quadro pompa antincendio 2;
- quadro pompa di pressurizzazione;
- quadro pompa svuotamento vasca;
- quadro ausiliario per indicazione di livello e valvola di riempimento.

6.5.15. Impianto di messa a terra

Deve essere realizzato un impianto di messa a terra di tutti gli impianti secondo la normativa vigente. Tutte le strutture metalliche delle cabine delle centrali e di tutte le apparecchiature relative devono essere collegate all'impianto di dispersione a terra, tramite collegamenti alla bandella di terra, da posarsi perimetralmente ai locali cabine elettriche e delle centrali.

6.5.16. In centrale ed in galleria devono essere installate le linee elettriche, le canaline, le tubazioni, le blindosbarre, i pozzetti, per i collegamenti fra i vari quadri e le diverse utenze in centrale ed in galleria, nonché i cunicoli con relativi drenaggi.

6.5.17. Quadro di illuminazione galleria per il comando delle lampade disposte all'interno della galleria, sia di base che di rinforzo. Una parte di tali lampade è posta sotto il quadro illuminazione di sicurezza alimentato da UPS da 32 kVA.

Esterni ai quadri devono essere posizionati i regolatori di flusso luminoso per i circuiti di illuminazione di rinforzo.

Il quadro elettrico ha una struttura ad armadio con pannelli apribili sul fronte ed è dotato di dispositivi di sicurezza per impedire l'accesso alle parti in tensione.

7. CABINE ELETTRICHE IN GALLERIA (V. TAV. I1026÷I1036)

Sono previsti quattro arrivi da parte dell'ENEL in MT, uno in ogni centrale CV1, CV2, CV3, CV4. Da tali centrali partono le due reti di media tensione in galleria che alimentano le cabine.

Il cavo di MT corre all'interno della galleria nel cavedio tecnico posto al di sotto della sede stradale per la galleria intervalliva e nei cavidotti dietro il new jersey, come indicato nelle tavole I1013, I1014.

In galleria sono previste n.13 cabine elettriche per la galleria intervalliva (1I, 2I, 3I, 4I, 5I, 6I, 7I, 8I, 9I, 10I, 11I, 12I, 13I) e n.8 per la galleria autostradale (1A, 2A, 3A, 4A, 5A, 6A, 7A, 8A, 9A, 10A).

Le cabine elettriche in galleria devono essere proporzionate per tutta la potenza occorrente alle cabine stesse ed al proprio tronco di galleria, che sono riassunte nel seguito:

Cabine 1I-3I-6I-7I-11I-13I : potenza installata ciascuna \approx 370 kW

Cabina 2I : potenza installata \approx 560 kW

Cabina 4I : potenza installata \approx 780 kW

Cabina 5I : potenza installata \approx 420 kW

Cabina 8I : potenza installata \approx 860 kW

Cabina 9I : potenza installata \approx 670 kW

Cabina 10I : potenza installata \approx 350 kW

Cabina 12I : potenza installata \approx 1230 kW

Cabine 1A-2A-3A-4A-5A : potenza installata ciascuna \approx 450 kW

Cabina 6A : potenza installata \approx 600 kW

Cabina 7A-8A : potenza installata ciascuna \approx 370 kW

Per il dettaglio delle potenze si faccia riferimento alle tavole progettuali.

Quanto di seguito esposto è valido per la cabina II. Stante la analogia degli impianti ciò può ritenersi valido anche per le altre cabine con la raccomandazione di fare riferimento alle tavole progettuali per il dettaglio degli impianti alimentati e per la taglia delle apparecchiature.

Nella cabina II trovano sistemazione le seguenti apparecchiature:

7.1. Linea di alimentazione in MT proveniente dalla dorsale di galleria.

7.2. Quadro elettrico di MT.

Il quadro di MT comprende le celle di protezione e misura, lato MT, necessarie alla alimentazione degli impianti di ventilazione, degli impianti di illuminazione della galleria, degli impianti di controllo e sicurezza e degli impianti relativi ai servizi generali.

7.3. Due trasformatori di potenza MT/BT, denominati TR1 e TR2 entrambi con rapporto di trasformazione dalla tensione primaria di 27,5 kV alla tensione secondaria di 400 V, potenza nominale 630 kVA cadauno.

7.5. Quadro generale di bassa tensione (QGBT), per l'impianto di ventilazione, per l'impianto di illuminazione, per gli impianti di servizio della cabina e di galleria, per l'alimentazione degli impianti di controllo e sicurezza.

7.6. Quadro ventilazione (QV), che alimenta i ventilatori ad induzione posti nel tronco di galleria di competenza della cabina e le serrande di estrazione aria viziata e/o fumi da incendio in galleria.

7.7. Quadro dei servizi cabina – settore normale (QSC-N) che alimenta:

- l'illuminazione di cabina;
- forza motrice di cabina;
- ventilazione della cabina, etc.;
- refrigerazione della cabina con apparecchi split-system;
- l'illuminazione dei canali in galleria.

7.8. Quadro servizi cabina e alimentazione sicurezze – settore preferenziale (QSC-P).

Concerne l'alimentazione di parte dei vari strumenti disposti in galleria (CO, OP, NOx, AN, rivelatori di traffico laser, rilevatori vibrazioni ed orizzontalità dei ventilatori) per il controllo e la sicurezza del funzionamento dei ventilatori della galleria, nonché la alimentazione delle vie di fuga, dei ventilatori dei luoghi sicuri, dell'illuminazione e della forza motrice della cabina.

Il quadro è alimentato mediante apposito gruppo di continuità da 60 kVA, autonomia ≥ 2 ore.

Il quadro alimenta le seguenti utenze :

- centralina rivelazione incendio in cabina;
- quadro SOS;
- quadro CO, OP, NOx, AN
- quadro rilevamento traffico;
- quadro TVcc e R.A.I.;
- quadro semafori e cartelli segnaletici vie di fuga;
- quadro Q.C.C. per comando e controllo ventilatori di centrale;
- quadro radiotrasmissione;
- delineatori a led in galleria;
- illuminazione vie di fuga;
- ventilazione vie di fuga;
- illuminazione cabina;
- forza motrice cabina.

7.9. Sistema di controllo centralizzato alimentato dal QSC-P.

Esso consiste in un sistema centralizzato per il controllo e la sicurezza del funzionamento dei ventilatori ad induzione.

Esso è costituito da quadro QCC (Quadro di controllo centralizzato) contenente un PLC (Controllore a logica programmata) disposto in cabina, da una linea di collegamento e da morsettiere intelligenti (o dispositivi analoghi), disposti in galleria dentro armadi appositi in prossimità della strumentazione di controllo.

Velocità di rotazione	1470 giri/minuto
Potenza motore	8 kWe
Classe di isolamento	'F'
Temperatura max di funz.	+50°C in regime continuo; +200°C per 2 ore in emergenza
Alimentazione	400 V/50 Hz /3 f

Ciascuna cabina elettrica è inoltre dotata di refrigerazione con impianto a split-system, costituito da due unità da 10÷20 kWf caduna, a seconda della potenza elettrica installata.

8. IMPIANTO DI ESTRAZIONE ARIA VIZIATA E FUMI DALLA GALLERIA

8.1. Premessa

Lungo tutta la galleria di Penetrazione Nord è previsto, come già detto, un impianto di estrazione dei fumi in caso di incendio. L'impianto serve anche all'estrazione dell'AV per la galleria intervalliva e può servire per estrarre tappi di fumi in caso di traffico campestinato per la galleria autostradale.

In volta della galleria viene disposto un canale, realizzato mediante una soletta in c.a. disposta con l'intradosso a quota di + 6,70 m rispetto alla carreggiata della galleria intervalliva e di + 7,00 m per la galleria autostradale. La soletta ha lo spessore di circa 20 cm, appoggia in corrispondenza di due mensole continue ricavate nelle pareti della galleria ed è sostenuta da tiranti in acciaio disposti longitudinalmente rispetto alla galleria.

Sulla soletta vengono realizzati fori per l'installazione delle serrande, con il passo indicato sulla Tavola I1013.

Le aree dei fori da realizzare nella soletta corrispondono come dimensioni a quelli delle superfici delle serrande estrazione aria viziata e/o fumi, queste ultime aventi le dimensioni nominali di 1x1,5 m² (1,5 m nel verso longitudinale). Le aree dei fori da realizzare sulla soletta debbono avere le debite tolleranze necessarie per installare le serrande.

Le serrande vengono posate con il loro telaio al di sopra della soletta del canale e fissate alla soletta mediante barre filettate di serraggio in acciaio inox. Le barre sono passanti attraverso fori praticati nella soletta ed attraverso un carter perimetrale in acciaio AISI 316, fissato al contorno della soletta.

Il passo delle serrande di estrazione fumi è di 50 m.

8.1.1. Modalità di funzionamento dell'impianto di estrazione dei fumi

L'estrazione dell'aria viziata e/o dei fumi dal canale di estrazione per la galleria intervalliva e di estrazione fumi per quella stradale avviene, come già detto, mediante un sistema di serrande in

acciaio inox AISI 316, costituite da alette parallele, con alette a profilatura idonea e disposte entro apposito telaio, anch'esso in AISI 316. Le alette sono comandate mediante levismi di sincronismo laterali da motoriduttori. I motoriduttori sono comandati e controllati da Micro PLC.

Le serrande sono gestite, come già detto, da un sistema di Gestione Tecnica Centralizzata, tramite un P.C.C. principale (Centrale CV3) e da P.L.C. posti nelle altre Centrali e nella cabina elettrica. Ai P.L.C. fanno capo il controllo ed il comando dei ventilatori di estrazione fumi e delle relative serrande in centrale, nonché i Micro PLC di controllo e comando per ciascuna delle serrande di estrazione fumi, disposte in galleria nel canale di estrazione fumi.

Al P.C.C. fa capo il PC del sistema di rivelazione incendio (per quest'ultimo vedi più oltre ø 13.1) e la gestione in automatico dei ventilatori ad induzione, per il controllo della velocità longitudinale dell'aria in galleria in caso di incendio.

Una doppia fibra ottica ad anello collega i Micro PLC delle serrande in galleria e tramite convertitore O/E fa capo al P.L.C. della cabina di competenza e tramite quest'ultimo al P.C.C. della centrale CV3.

8.1.2. Funzionamento in estrazione fumi da incendio

In funzionamento normale le serrande, poste in volta alla galleria intervalliva, estraggono l'aria viziata dalla galleria contribuendo ad una migliore vivibilità all'interno della galleria stessa. Esse possono, in condizioni di emergenza, estrarre la miscela aria - fumo che può essere stata generata da un incendio all'interno della galleria sia per la galleria intervalliva che per quella autostradale.

Infatti l'impianto di estrazione dei fumi è previsto per entrare in funzione in caso di incendio in galleria, ovvero quando un tronco sia invaso da fumi provenienti da incendi, che si verificano nei restanti tronchi della galleria.

Il sistema di rivelazione incendio è interfacciato con il sistema G.T.C.

Secondo le indicazioni formulate in sede internazionale, viene dato come incendio di riferimento quello corrispondente all'incendio di un autocarro, che non trasporti merci pericolose, con una potenza termica sviluppata di 30 MW, una portata generata di fumi di 80 m³/s, una portata minima di flusso di aeriforme da estrarre pari a 110 m³/s.

Il flusso deve essere estratto mediante serrande disposte in volta alla galleria, con interasse fra le aperture di ≈ 50 m per gallerie urbane e $\approx 80\div 100$ m al massimo per gallerie extraurbane; l'estrazione dei fumi dell'incendio deve avvenire su una lunghezza di $400\div 600$ m di galleria. In questo progetto preliminare è stata fissata il passo di 50 m per le serrande di entrambe le gallerie, considerando la galleria intervalliva come urbana, mentre per la galleria autostradale si è tenuta in conto la sua notevole pendenza, che ostacola l'estrazione dei fumi per effetto camino.

Il sistema di estrazione fumi previsto in questo progetto, è in grado di estrarre in caso di incendio una portata di aeriforme superiore al valore sopra indicato e pari a ~ 150 m³/s, tenuto presente che la portata di 110 m³/s da aspirare rappresenta un minimo.

Allorquando si manifesti un incendio, il sistema di rivelazione segnala l'allarme incendio e la posizione in cui esso si verifica.

Tali segnali vengono adottati dal sistema G.T.C. nel P.C.C.

Il sistema G.T.C. predispone in automatico il seguente scenario:

- apertura totale della serranda più vicina all'incendio;
- apertura totale delle due÷tre serrande a monte e delle due÷tre serrande a valle della serranda più vicina all'incendio;
- chiusura completa di tutte le altre serrande del canale di estrazione fumi;
- riduzione dell'erogazione della portata dell'aria fresca in galleria in galleria ad un regime minimo ($\approx 20\%$ della portata nominale); funzionamento dei ventilatori ad induzione in galleria per controllare il flusso dei fumi e ridurre al minimo la velocità longitudinale dell'aria.

L'operatore del P.C.C., verificata via TVcc l'effettiva esistenza dell'incendio nella posizione segnalata dall'impianto di rivelazione e la correttezza dello scenario proposto dal PLC, dà il consenso dal P.C.C., attraverso il sistema di G.T.C., per l'attuazione dello scenario.

Nel caso in cui una o due o più serrande delle cinque interessate non possa aprirsi per guasto, il sistema deve predisporre per aprire in automatico le serrande più vicine a quelle guaste.

Il sistema di controllo deve ciclicamente verificare in automatico il corretto funzionamento delle serrande e dei motoriduttori, mentre il corretto funzionamento di tutta la restante parte dell'impianto di centrale è effettuata attraverso il sistema controllo della ventilazione.

L'operatore dal P.C.C. può intervenire sul sistema G.T.C. manualmente tramite tastiera, forzando, a sua discrezione, l'apertura o la chiusura delle serrande e verificando il corretto funzionamento delle serrande e dei motoriduttori in apertura od in chiusura.

9. DESCRIZIONI ULTERIORI DEI COMPONENTI DEGLI IMPIANTI

9.1. Quadri elettrici e trasformatori di potenza

I quadri elettrici di M.T. debbono essere conformi alle norme C.E.I. ed alle Raccomandazioni della Commissione Elettrotecnica Internazionale per quadri prefabbricati di media tensione e conformi alle prescrizioni per le caratteristiche tecniche dei materiali.

La struttura e le apparecchiature del quadro sono realizzate per una tensione di esercizio di 27,5 kV e con un grado di isolamento pari a 36 kV. Essi sono inoltre costruiti a tenuta d'arco interno.

Il quadro in media tensione ha una struttura autoportante ad armadio. È costruito in robusta lamiera pressopiegata con spessore di 20/10 verniciata.

Il quadro ha sportelli anteriori apribili a cerniera per l'accesso alle apparecchiature interne con opportuni blocchi per impedire l'accesso alle parti in tensione.

I trasformatori di potenza sono del tipo con isolamento in resina.

La potenza nominale di ciascun trasformatore deve essere tale da soddisfare il carico massimo previsto nella più sfavorevole condizione di funzionamento.

Tutti i trasformatori sono del tipo con collegamento triangolo-stella con neutro.

I quadri generali di bassa tensione sono conformi alle norme CEI e alle prescrizioni delle caratteristiche dei materiali.

I quadri sono alimentati tramite blindo compatti o cavi provenienti dai trasformatori. L'alimentazione degli impianti è derivata da diverse barrature, destinate all'alimentazione dei carichi normali e dei carichi privilegiati (parte dei ventilatori e parte degli impianti di controllo).

Lo scambio tra la rete ed il gruppo elettrogeno avviene automaticamente e non deve esistere la possibilità di avere le due alimentazioni contemporanee sulle sbarre principali.

I quadri elettrici di manovra e controllo hanno una struttura ad armadio con pannelli apribili sul fronte e sono dotati dei dispositivi di sicurezza per impedire l'accesso alle parti in tensione.

L'arrivo è completato da appositi strumenti per il controllo della tensione della corrente. Per ogni motore deve esservi la dotazione delle apparecchiature di comando, segnalazione e protezione, secondo quanto riportato negli elaborati grafici.

Tutte le apparecchiature del sistema di controllo a bordo dei quadri elettrici e le motorizzazioni degli interruttori sono alimentati a 230 V.c.a. da appositi gruppi di continuità.

9.2. Quadri di bassa tensione

I quadri di bassa tensione devono essere realizzati secondo quanto previsto dalle norme CEI. Essi risultano dall'affiancamento di comparti completamente normalizzati, contenenti le apparecchiature di bassa tensione anch'esse normalizzate.

In linea generale devono soddisfare le seguenti caratteristiche:

- impiego di materiali isolanti ad alto grado di autoestinguibilità e completa segregazione metallica tra i singoli scomparti, per impedire il diffondersi di incendi;
- messa a terra franca di tutta la struttura del quadro e dei componenti estraibili per tutta la corsa di sezionamento od inserzione;
- serrande che segregano automaticamente le parti in tensione all'atto della traslazione degli interruttori;
- isolamento in aria di tutte le parti in tensione;
- una serie di blocchi meccanici ed elettromeccanici;
- accessibilità agli apparecchi ed ai circuiti senza pericolo di contatti con i componenti in tensione;
- accurata scelta dei materiali isolanti impiegati in base a caratteristiche di bassa emissione di fumi.

I comparti devono essere forniti completamente montati e provati.

9.3. Cavi elettrici, tubazioni e canali portacavi, cavi in canalina

I cavi sono normalmente stesi in apposite canaline portacavi in acciaio zincato a caldo dopo la formazione.

In alcuni casi sono disposti in tubazioni d'acciaio zincato staffate alla volta od alla parete della galleria, o, dove previsto, entro apposite crene.

Le canaline di contenimento dei cavi elettrici debbono essere dimensionate in modo idoneo e fissate alla volta od alle pareti della galleria ovvero alle pareti dei condotti presenti al di sotto del manto stradale con staffe regolabili, costruite in acciaio zincato a caldo ed adatte e collaudabili per sostenere un peso triplo del peso delle canaline stesse e dei cavi in esse contenute.

Per le utenze in galleria, che debbono funzionare in regime di emergenza per incendio, i cavi sono del tipo resistenti al fuoco CEI 20-36.

Per altre utenze i cavi di energia possono essere a doppio isolamento, isolati in gomma EPR (CEI 20-35, 20-22 III, 20-37, 20-38) sotto guaina di materiale elastomerico speciale, non propagante l'incendio ed avente la caratteristica di non emettere, in caso di combustione, fumi opachi ed aventi un livello ridottissimo di tossicità ed opacità.

I cavi, se di tipo unipolare, devono essere numerati per l'intera lunghezza, onde permettere l'identificazione immediata delle fasi.

I cavi devono essere posti in opera nel migliore dei modi, avendo cura che non si verifichino abrasioni sulle guaine e non si verifichino curvature di raggio troppo piccolo in rapporto al diametro del cavo stesso, sia in fase di stendimento sia a sistemazione avvenuta.

Lungo tutto il percorso i cavi devono essere muniti di targhetta di identificazione del circuito di appartenenza.

Le derivazioni dei cavi dalle canaline o dalle tubazioni sono eseguite entro cassette stagne mediante l'impiego di apposite morsettiere.

Su ognuna delle passerelle portacavi è posata una corda nuda di rame stagnato, collegata agli estremi al sistema di dispersione dell'impianto di terra delle cabine di trasformazione e collegata lungo il percorso a tutte le masse metalliche delle apparecchiature e delle armature.

Cavi in tubazione

I cavi devono essere posti in opera a regola d'arte, avendo cura che non si verifichino abrasioni nelle guaine e non si abbiano curvature di raggio troppo piccolo in rapporto al diametro del cavo stesso, sia in fase di stesura sia a sistemazione avvenuta. Di massima il raggio di curvatura non deve mai essere inferiore a 10 volte il diametro esterno del cavo e le stesse curve devono essere disposte con la dovuta ricchezza, per non far risentire ai cavi eventuali piccoli spostamenti nel tempo.

A stendimento avvenuto, i cavi devono essere lasciati con le estremità accuratamente fasciate dai nastri di gomma e polivinilici adesivi, sino a giunzioni e terminazioni in cassetta o armadi, ultimate, conformemente alle disposizioni di impiego.

Nei cambiamenti di direzione si devono sempre avere raccordi avvitati, appositamente approntati senza sbavatura interna.

Il diametro interno delle tubazioni deve essere pari ad almeno 1,5 volte il diametro del cerchio ideale circoscrivente il fascio di conduttori interni, badando ad inserire, al fine di facilitare l'infilaggio dei cavi, cassette di derivazione rompitratta.

Per il fissaggio di tutte le staffe e dei supporti di sostegno per i tubi di acciaio e di qualsiasi forma speciale di raccordo devono essere impiegati tasselli in acciaio zincato.

9.4. Serrande di intercettazione in centrale ed in galleria

Le serrande di intercettazione del flusso dei ventilatori di centrale e quelle per l'estrazione dell'aria viziata e/o dei fumi da incendio in galleria, vanno progettate per applicazioni di galleria e debbono essere adatte per resistere alle pressioni sviluppate dai ventilatori e comunque non inferiori a 3 kPa.

La serranda ed i suoi componenti devono essere garantiti contro eventuali rotture a fatica dovute ad una pressione stimata di 6 kPa, negativa e positiva e progettate per una vita media di 30 anni.

Le serrande sono realizzate in acciaio inox AISI 304 od in acciaio AISI 316, a seconda del tipo e di funzione, e sono costituite da:

- telaio di spessore 2,5 mm minimo e con profondità di almeno 305 mm, dotato di flange forate su entrambi i lati;
- alette a profilo aerodinamico a movimento parallelo, passo 300 mm ad aletta aperta e tale da non offrire sporgenze rispetto alla dimensione del telaio;
- perni in acciaio inox [AISI 304] con diametro minimo di 19 mm e con movimento su boccole di bronzo;
- tenuta tra alette e telaio, realizzata con lamella deformabile in acciaio inox; se necessario, per ridurre ulteriormente il trafileamento, le alette vengono dotate di guarnizioni a base di silicone, in grado di resistere alla temperatura di 400 °C;
- attuatore elettrico, alimentato a 380V / 50Hz, trifase e dimensionato per il 200% della coppia max richiesta dalla serranda in condizioni di esercizio; esso deve garantire l'apertura della serranda anche in caso di avaria o mancanza di alimentazione elettrica all'attuatore stesso;
- fine corsa, uno per ogni modulo di serranda, ciascuno dotato di due serie di contatti indipendenti, per il segnale di serranda aperta e chiusa. Gli attuatori devono operare a 400°C per 2 ore, ove richiesto nel caso siano esposti all'efflusso di fumi da incendio. I fine corsa sono dimensionati per 10A con alimentazione 230 V c.a.;

La chiusura della serranda è asservita allo spegnimento del ventilatore.

L'avviamento del ventilatore è asservito all'apertura della serranda.

Il tempo di apertura della serranda deve essere contenuto in un massimo di 30 secondi, il tempo di chiusura è identico.

Il posizionamento ed il fissaggio dell'attuatore deve essere tale da permettere una facile ispezione e manutenzione.

9.5. Gru a ponte

In ogni centrale di ventilazione viene installata una gru a ponte scorrevole del tipo bitrave a cassone con carrello paranco, per la movimentazione del macchinario. In ogni centrale esiste una zona disponibile e di accesso agli autocarri per il carico e lo scarico dei macchinari.

La gru è costruita in conformità al DPR 459/96 e Direttiva Macchine 89/392 CEE e 91/368 CEE, con carpenteria dimensionata secondo DIN 15018, H2, B3.

La portata utile al gancio è di 10 t.

I motori elettrici della gru sono di tipo chiuso, con protezione IP 54 e classe di isolamento F.

Il comando di tutti i movimenti avviene a mezzo pulsantiera pendente, scorrevole lungo il ponte indipendentemente dalla posizione assunta dal paranco.

La gru è costituita da :

- due travi elettrosaldate in lamiera a forma di cassone, con sopra saldato un profilato piatto per lo scorrimento del carrello;
- ruote di scorrimento in acciaio C40 bonificato, calettate su perni mediante cuscinetti a rotolamento.
- ruote motrici con corona dentata atta ad ingranare con il rispettivo pignone, calettato sull'albero lento dei motoriduttori;
- traslazione ottenuta mediante due motoriduttori ad avviamento progressivo agenti sulle rispettive ruote motrici. Motori chiusi, autofrenanti, a doppia polarità, flangiati ai riduttori;
- carrello con paranco ad una velocità di traslazione e di sollevamento;
- traslazione ottenuta mediante motoriduttore agente su una ruota motrice.

L'impianto elettrico a servizio è eseguito a norme CEI.

La gru e le vie di corsa sono previste in esecuzione corrispondente alle vigenti norme in materia antinfortunistica contenute nel D.P.R. n. 547 del 27.5.55 e successivi aggiornamenti.

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

Vengono installati una serie di strumenti per il controllo dell'atmosfera in galleria e per il controllo del traffico (V. Tav. I1001÷I1002).

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

- Ossido di carbonio (CO), misurato in ppm [parti per milione] mediante analizzatori di CO;
- Ossido di azoto (NO), misurato in ppm [parti per milione] mediante analizzatori di NO;
- Particolato o fumi emessi dalla combustione del gasolio e da polveri dovute al traffico, che danno luogo ad una riduzione della visibilità; tale parametro viene misurato come coefficiente di estinzione $k [m^{-1}]$, mediante opacimetri (OP);

Per quanto attiene il CO e NO, viene installato un misuratore del tipo ad assorbimento nel campo dell'infrarosso da parte delle molecole del CO e dell'NO, ognuno per il proprio spettro di assorbimento e di emissione.

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

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

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

I misuratori di CO, di NO e di OP sono installati in terne lungo la galleria, nelle posizioni indicate sulle tavole progettuali.

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

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

L'unità di misura segnala le condizioni di allarme e di guasto del sistema ed è dotata di autodiagnosi. Il tutto è regolato dal sistema di regolazione e di controllo centralizzato dell'impianto di ventilazione G.T.C. (Vedi ø 18).

In conseguenza della mancanza della tensione di alimentazione, seguita da ritorno della tensione stessa dopo un tempo variabile, la riaccensione dello strumento di misura CO, di NO e di OP non deve provocare particolari inconvenienti e funzionamenti intempestivi.

Ogni apparecchio utilizza l'aria prelevata al disopra della soletta stradale ed alla distanza dal piedritto indicati dal costruttore ed in ogni caso fuori dalla sezione limite in galleria.

Gli apparecchi di misura del CO, dell'NO e dell'OP debbono essere messi in funzione in galleria a cura del costruttore degli apparecchi e dal costruttore stesso deve esserne verificata la taratura, il tutto a spese dell'appaltatore.

La taratura degli analizzatori deve poter essere controllata periodicamente mediante apparecchi appositi di taratura da parte del fornitore.

La galleria, oggetto del presente progetto, può presentare due situazioni distinte di traffico, nella fattispecie nei giorni festivi per il CO e l'NO e nei giorni feriali per l'OP.

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

9.7. Misuratore di direzione e di velocità dell'aria in galleria

In prossimità di ciascun imbocco della galleria e di alcuni svincoli ed in altri punti opportuni, vanno previsti misuratori di velocità dell'aria in galleria.

Il misuratore, indicato nel seguito con AN (anemometro), funziona mediante impulsi ad ultrasuoni.

Due unità, sorgente e ricevitore, sono montati ai due lati del tunnel con angolo α di inclinazione fisso, solitamente, per gallerie di queste dimensioni, di 60°; l'angolo va stabilito in accordo con il costruttore dell'apparecchio.

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

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

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

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

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

L'insieme sorgente-ricevitore è connesso con una interfaccia RS 485 all'apparecchio di misura e di elaborazione a sua volta collegata al sistema di controllo e di regolazione centralizzato riportata al \varnothing 18.

La posizione degli anemometri è riportata sulle tavole progettuali.

9.8. Sistema di conteggio dei veicoli in ingresso ed in uscita dalla galleria

Ai fini del controllo del traffico, sia per ragioni di sicurezza, sia per un efficace conduzione della ventilazione meccanica, è opportuno installare un sistema, che individui i veicoli in ingresso ed in uscita per ogni fornice ed in zone intermedie di ogni fornice per la galleria intervalliva e negli svincoli di collegamento fra la galleria intervalliva e la galleria autostradale.

Il sistema, costituisce un importante dispositivo per la valutazione continua del numero dei veicoli presenti in ogni corsia, per il riporto periodico del valore del traffico orario e della sua derivata temporale; in tal modo si dispone di un parametro addizionale per la regolazione della ventilazione meccanica attraverso la G.T.C.

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

Il sistema è del tipo a scanner laser, costituito da un emettitore-ricevitore ad impulsi. Esso è installato in volta ai portali delle gallerie e lungo i fornici. Esso è in grado di effettuare il conteggio dei veicoli entranti ed uscenti.

Il sistema consente inoltre di classificare i tipi di veicolo (motociclette, veicoli leggeri, furgoni, autocarri, mezzi articolati), nonché la velocità e la distanza dei veicoli.

10. IMPIANTO DI ESTINZIONE INCENDI AD ACQUA (V. TAV. I1018-I1019)

Per il complesso delle gallerie oggetto di questo progetto preliminare (galleria autostradale e galleria intervalliva) vengono previsti degli impianti di estinzione incendi ad acqua, alimentati da tre centrali di pompaggio con relative vasche di accumulo, denominate CA1, CA2 e CA3, ubicate rispettivamente in prossimità delle centrali di ventilazione CV1, CV3 e CV4.

Ogni centrale di pompaggio alimenta una sezione del complesso di gallerie con i relativi svincoli, con derivazioni separate per i due forni della sezione di galleria, nel modo seguente:

- Centrale antincendio 1 (CA1) ubicata in CV1:
 - Galleria intervalliva tronchi 1 e 2;
- Centrale antincendio 2 (CA2) ubicata in CV3:
 - Galleria intervalliva tronchi 3 e 4;
- Centrale antincendio 3 (CA3) ubicata in CV4:
 - Galleria autostradale tronchi 5,6 e 7.

L'impianto antincendio è del tipo ad idranti e come contemporaneità d'uso deve soddisfare alle richieste delle normative antincendio ed alle eventuali particolari disposizioni del Comando dei VV.F.

La portata prevista per gli idranti UNI 45 non è mai inferiore a 150 lt/1' cadauno, con la contemporaneità delle 12 utenze poste in posizione idraulicamente più sfavorevole, con una pressione non inferiore a 0,25 MPa.

Non contemporanei agli idranti UNI 45, si prevede la possibilità di utilizzo di 6 bocche UNI 70, con portata cad. di 300 l/1', con una pressione di 0,4 MPa.

Riassumendo :

Portata singoli attacchi:

- Idrante UNI 70 : 300 lt/1' - P 0,4 MPa
- Manichetta UNI 45 : 150 lt/1' - P 0,25 MPa

- Pressione minima al bocchello
per UNI 45 : 0,2 MPa
- Contemporaneità massima prevista : 12 idranti UNI 45 per un totale di 1.800 lt/1'
(108 mc/h)
o 6 idranti UNI 70 per un totale di 1.800 lt/1'
(108 mc/h)
- Durata garantita dell'erogazione : ≥ 2 ore
- Pressione massima ammessa
all'erogazione : 9 bar
- Velocità massima ammessa
Dell'acqua nelle condotte : 2,5 m/s
- Caratteristica di resistenza meccanica minima
di tutte le apparecchiature e dell'impianto completato: $PN \geq 16,25$

Tali caratteristiche vengono garantite per ognuna delle tre sezioni in cui è stato suddiviso il complesso di gallerie, ognuna facente capo ad una centrale antincendio come sopra indicato.

Per ogni centrale viene quindi prevista una vasca di accumulo della capacità utile di circa 220 mc ed un gruppo di pompaggio costituito da elettropompa principale, motopompa ed elettropompa pilota.

Tutti i gruppi di pompaggio sono dimensionati per garantire una portata massima di 120 mc/h, ed una prevalenza calcolata in funzione della lunghezza e del dislivello del circuito alimentato.

Il calcolo preliminare di tali gruppi porta al seguente dimensionamento di massima:

- Centrale antincendio 1 (CA1) in CV1:

Portata: 120 mc/h; Prevalenza: 2,2 MPa; Potenza elettrica elettropompa: 130 kW.

- Centrale antincendio 2 (CA2) in CV3:

Portata: 120 mc/h; Prevalenza: 1,8 MPa; Potenza elettrica elettropompa: 110 kW.

- Centrale antincendio 3 (CA3) in CV4:

Portata: 120 mc/h; Prevalenza: 0,4 MPa; Potenza elettrica elettropompa: 30 kW.

Nel seguito si riporta la descrizione delle centrali e delle reti distributive, descrizione di tipo generale e valida per ognuna delle tre centrali e delle reti distributive, che costituiscono la globalità dell'impianto.

10.1. Centrali antincendio

Per ogni centrale l'accumulo di acqua antincendio è costituita da una vasca in c.a., della capacità utile di 220 mc (capacità totale circa 300 mc), alimentata dalla rete dell'azienda erogatrice tramite interposizione di valvola a galleggiante e valvola elettromagnetica a due vie con comando da livellostato, che provvedono a mantenere costante il livello dell'acqua nella vasca.

All'esterno della centrale la consegna del punto di alimentazione viene effettuata in apposito pozzetto, nel quale vengono ubicati il contatore, le valvole di intercettazione ed una valvola di ritegno del tipo a clapet.

La vasca è dotata di troppo pieno e livellostati di allarme di minimo e massimo livello, i cui segnali sono riportati al PLC del sistema di Gestione Tecnica Centralizzata (G.T.C.).

Dalla vasca, con prese sottobattente tramite pompe ad asse orizzontale, attinge il gruppo di pressurizzazione costruito in conformità alle norme UNI 9490 e costituito da :

- elettropompa principale, portata 120 mc/h;
- pompa con motore primo endotermico (motopompa), portata 120 mc/h, con serbatoio di gasolio a bordo di capacità idonea al funzionamento della pompa per 6 ore, con indicatore di livello;
- elettropompa pilota, portata 7 mc/h per mantenimento pressione circuito.

Per la prevalenza delle pompe si rimanda al paragrafo precedente.

Le pompe sono conformi alla norma UNI 150 2548 e con curva caratteristica portata/prevalenza in diminuzione con l'aumentare della portata, ma con variazione il più possibile ridotta; la prevalenza a portata nulla non sarà minore di quella massima di oltre il 5 %.

La trasmissione motore-pompa è diretta e l'accoppiamento realizzato in modo da consentire lo smontaggio di ciascun elemento senza dover operare sull'altro.

I motori delle pompe hanno caratteristiche costruttive conformi alle CEI 2-3 e sono in grado di erogare la potenza richiesta dalla pompa su tutto l'arco della sua curva caratteristica e permettere il funzionamento della pompa a pieno carico in un tempo inferiore a 30 secondi dall'avviamento.

Il gruppo di pompaggio è disposto su apposito basamento inerziale.

Ogni pompa è comandata dal proprio pressostato.

La taratura dei pressostati è a scalare, così da avviare in sequenza l'elettropompa pilota, quindi l'elettropompa principale ed in caso di mancato avvio di quest'ultima il gruppo motopompa.

Il pressostato dell'elettropompa pilota viene tarato al valore massimo richiesto dall'impianto, con differenziale di 0,5 bar, tale da non determinare l'avviamento delle pompe principali.

I pressostati di inserimento delle due pompe principali vengono tarati ad un valore inferiore a quello della elettropompa pilota, rispettivamente di circa 1 bar per l'elettropompa e di circa 2 bar per la motopompa, in modo che si realizzi la condizione che l'elettropompa funzioni come pompa primaria di intervento e la motopompa in riserva.

Una volta avviate, l'arresto delle pompe principali è possibile solo manualmente.

Ogni pompa dispone di proprio quadro elettrico di comando e controllo, eseguito in conformità alle norme UNI 9490 ed alle norme CEI. L'alimentazione elettrica è sottesa alla sola rete normale essendo previsto il gruppo motopompa con motore endotermico a gasolio.

I quadri elettrici sono diversi tra loro e soddisfano alle caratteristiche dei motori delle pompe a cui sono destinati. Sui quadri, oltre ai pulsanti, selettori, lampade e strumenti di segnalazione sono riportate le segnalazioni di allarme e anomalie della pompa a cui il quadro è destinato. Nel quadro delle pompe principali sono inoltre disponibili dei contatti liberi da tensione per riportare a distanza (G.T.C.) le funzioni primarie delle pompe, quali pompa in marcia e pompa in avaria.

Ogni pompa dispone di intercettazione a valle a mezzo di valvola a farfalla, giunti antivibranti, di valvola di ritegno a clapet e manometro, nonché di circuito di misura pressione con pressostato,

intercettazioni e ritegno e vaso di pressurizzazione a membrana della capacità di 20 litri, dotato di manometro e valvola di sicurezza

Per ognuna delle due pompe principali sono inoltre previsti:

- 1 pressostato di allarme;
- una valvola di sfioro con pressione di taratura maggiore del 10% del valore massimo della prevalenza di lavoro prevista dalla pompa e tale da consentire di mantenere la circolazione del 20% della portata nominale per evitare il surriscaldamento del motore nella situazione in cui tutti i terminali di erogazione fossero chiusi;
- by-pass con valvola a farfalla per invio acqua a circuito di misura portata eseguito secondo la norma UNI 9490, con misuratore provvisto di quadrante a lettura diretta.

Il circuito di misura portata ed i circuiti di sfioro sono riconvogliati, con tubazione unica, all'interno della vasca.

I segnali di avaria pompe (rilevati dai singoli quadri) e mancanza di pressione, rilevata da pressostato dedicato, sono riportati quali allarmi gravi al PLC della G.T.C.

Il livellostato di minimo livello della vasca antincendio, oltre al riporto al PLC, attiva un allarme ottico/acustico posto all'esterno del locale.

Su tutte le tubazioni in attraversamento delle pareti in c.a. della vasca (troppo pieno, carico, sfioro) sono inserite delle cartelle in lamiera di acciaio verniciato, sp. min. 2 mm, saldate sulle tubazioni ed annegate nel getto, tali da garantire la perfetta tenuta della vasca.

Lo scarico dei gas della motopompa, con percorso a soffitto, viene portato all'esterno, sul filo della parete esterna del locale.

Completano la centrale il valvolame a corredo sulle partenze, costituito da saracinesche in ghisa flangiate, corpo piatto, PN 16/25, a vite esterna per la chiara individuazione della posizione aperto/chiuso, indicatori, sfiati e scarichi.

La vasca antincendio è dotata di tubo di troppo pieno da collegare alla rete alla rete generale di scarico fognario della zona, od in alternativa a pozzo di raccolta, nonché di scarico di fondo collegato anch'esso direttamente alla rete fognaria od in alternativa a pozzetto di raccolta.

Nell'ipotesi di esecuzione di pozzetto di raccolta, viene installata, al suo interno, una elettropompa sommersa completa di comando ed allarmi.

E' previsto il riscaldamento con funzione antigelo della centrale antincendio, a mezzo di aerotermo elettrico, pot. circa 15 kW con mantenimento nel locale di una temperatura non inferiore a 5°C con temperatura dell'aria esterna inferiore a -5°C.

Le tubazioni necessarie alla realizzazione del collegamento tra le varie apparecchiature, all'interno della centrale, sono in acciaio nero Mannesmann s.s a norma UNI 8863, serie media. Il tutto viene verniciato con due mani di antiruggine e due mani a finire di colore rosso RAL 3000.

Dalla centrale, da collettore apposito, si dirama il/i circuito/i distributivo/i antincendio corrente interrati fino all'ingresso alla/e galleria/e; ogni circuito in partenza è singolarmente intercettato.

Ove necessario in funzione delle pressioni previste per i vari rami vengono inseriti riduttori di pressione.

10.2. Reti distributive impianti antincendio ad acqua

Lungo tutti fornici delle gallerie, nonché degli svincoli, vengono installati, ad una distanza di circa 100 m l'uno dall'altro, idranti UNI 45, con bocchello ϕ 14mm, idonei per erogazione di 150 l/1' cad. con una pressione di 0,25 MPa.

Nelle zone di allargamento/piazzole (passo di circa 600 m per la galleria autostradale e di circa 500 m per la galleria intervalliva) vengono inoltre disposti degli idranti a colonna piede DN 80, ciascuno dotato di due attacchi UNI 70 ed un attacco centrale per motopompa, UNI 100.

Vengono inoltre installati idranti UNI 45 nei by-pass di collegamento fra i fornici (sia pedonali che carrabili) ed in prossimità delle centrali di ventilazione.

All'esterno delle gallerie, in prossimità di ogni imbocco, in appositi pozzetti con chiusino in ghisa carrabile, segnalati, vengono installati un idrante sottosuolo UNI 70, piede DN 80, ed un attacco doppio motopompa UNI 70, con corpo DN100, completo di valvole di sicurezza e valvola di ritegno.

Gli idranti sottosuolo e soprasuolo sono montati su piede di appoggio a gomito in ghisa, a loro volta fondati su blocco di cls magro dim. circa 50x50x50 cm.

Attorno agli idranti viene posto, a tutta altezza dal fondo del basamento in cls, uno strato di ghiaia drenante, per consentire lo scarico antigelo dell'idrante stesso.

Gli idranti sottosuolo sono contenuti in pozzetti in ghisa carrabile, con chiusino ovale con chiave unificata e colorati di rosso per la chiara individuazione.

I pozzetti sono poggiati su strato di cls magro altezza circa 10 cm.

Lungo le condotte primarie, prima dell'ingresso ad ogni galleria ed in galleria, onde consentirne l'intercettazione per tratti in caso di interventi, vengono installate, con passo di circa 1.000 m, valvole a farfalla con leva di manovra asportabile, idoneamente segnalate; le valvole sono installate in generale nelle zone di allargamento.

Nei punti alti delle condotte sono installate valvole per lo sfiato dell'aria e valvole anticolpo d'ariete

Le valvole di sfiato aria consentono la fuoriuscita dell'aria durante il riempimento dell'impianto e l'ingresso dell'aria nella condotta durante lo svuotamento.

Nei punti bassi delle condotte, per ogni tratto in cui le stesse sono suddivise, sono installate valvole per consentire il completo svuotamento dell'impianto.

Ai fini della protezione del gelo, i tratti di tubazione vicino agli imbocchi, per una lunghezza di circa 200-240 m, sono protetti con cavo scaldante con isolamento esterno in lana minerale, densità 60 kg/m³, spessore 50 mm e finitura con lamierino in alluminio.

Gli 80-100 m. successivi, sono protetti con il solo isolamento, eseguito in conformità a quanto sopra.

Il cavo scaldante è del tipo autoregolante la potenza in funzione della temperatura della tubazione. La potenza emessa a + 5°C è di 10 W/m e con l'isolamento termico è in grado di proteggere la tubazione sino alla temperatura esterna di -10°C.

Il cavo viene suddiviso in spezzoni di lunghezza inferiore a 300 m. Ogni spezzone è alimentato a 230 Volt dal quadro della cabina di pertinenza ed è protetto con interruttore magnetotermico proporzionato alla lunghezza ed alla potenza del circuito.

I circuiti del cavo scaldante sono forniti completi di kit di alimentazione e di terminali di attraversamento della coibentazione, di scatole di alimentazione IP65, complete di morsettiera e di targhette di indicazione di tracciatura.

Il cavo scaldante viene fissato alla tubazione con nastro adesivo di alluminio, passo a 300 mm.

Gli idranti UNI 45 sono sistemati in cassette in lamiera verniciata, colore rosso, tipo da esterno, ad antina vetrata con vetro tipo safe-crash, dimensioni minime 370 x 610 x 200 mm; ogni cassetta è completa di rubinetto idrante UNI 45x1½'', lancia a tre effetti in vetro con bocchello da 14 mm, manichetta in nylon gommato di tipo approvato, lunghezza 30 m., conformi alle norme UNI EN 671-2 e UNI 9487

Una seconda cassetta dello stesso tipo, contenente una manichetta, lunghezza 30 m, viene installata a lato della prima cassetta, così da consentire l'allungamento della manichetta a 60 m.

Le cassette sono fissate al paramento della galleria e con il filo inferiore della cassetta a \approx 100-120 cm di altezza rispetto alla quota del marciapiede.

Stante la necessità di garantire una pressione di circa 400 kPa agli idranti più sfavoriti, in funzione della posizione della centrale antincendio e della quota degli idranti, qualora questi si ritrovino con una pressione eccessiva, vengono previsti dei riduttori di pressione tali da garantire il non superamento della pressione di 900 kPa all'erogazione.

Per l'esecuzione delle reti principali è previsto l'utilizzo di tubazioni in ghisa sferoidale, diametro costante DN 150.

Per ciascun fornice della galleria intervalliva le tubazioni corrono nel canale sottostante la carreggiata, dal lato della corsia di emergenza.

Per la galleria autostradale, le tubazioni corrono in ogni fornice in apposito cunicolo ricavato nel ramo retrostante il new jersey della corsia di emergenza.

Dalle tubazioni principali, con appositi attacchi flangiati, si derivano gli stacchi alle singole utenze (cassette UNI 45 od idranti); per l'alimentazione degli idranti posti antistanti i by-pass, le derivazioni corrono sottostante la carreggiata stradale, idoneamente protette.

Il diametro minimo da utilizzare per le cassette UNI 45 è di 2''; il collegamento alle cassette è di 1½''.

Le tubazioni di derivazione per l'alimentazione delle singole utenze vengono eseguite in acciaio zincato, UNI 8863 serie media, verniciate con una mano di primer e due mani di smalto colore rosso; le giunzioni vengono eseguite con raccordi filettati o di tipo grovato.

La condotta in ghisa sferoidale è del tipo con estremità a bicchiere a bordo rinforzato od a flange, costruita con tubazioni e relativi pezzi speciali conformi alle norme UNI-ISO 2531 ed UNI EN 545.

Ai fini igienici e di resistenza alla corrosione, le tubazioni sono rivestite internamente con malta di cemento d'altoforno applicata per centrifugazione rispondente alle norme UNI-ISO 4179, ed esternamente con strato di lega zinco/alluminio, applicato per metallizzazione in base alle norme UNI-ISO 8179 con quantità di 400 gr/mq più strato finale di vernice epossidica.

Le tubazioni sono posate con giunti rapidi antisfilamento, e con l'uso esclusivo dei pezzi speciali (curve, braghe, Tee, incroci, riduzioni, flange, manicotti, tazze, imbocchi, giunti, etc) della stessa serie.

Il collegamento ad altri tipi di tubazioni (PE, acciaio, etc.) o ad apparecchiature (valvole, pompaggi, etc.) viene sempre eseguito a mezzo di flange.

La condotta viene posata in modo tale da garantire il naturale assorbimento delle dilatazioni e l'interruzione della continuità elettrica.

La tubazione è supportata da staffe di sezione adeguata, con fermo della tubazione tramite collare a cavallotto.

Tutti gli idranti in galleria sono segnalati a mezzo di cartelli luminosi, alimentati dalla rete di alimentazione generale della segnaletica e di cui è riferito nel capitolo relativo.

11. IMPIANTO SOS (V. TAV. I1015)

Il sistema SOS è composto da:

- stazioni di centralizzazione composte da un PC, un apparecchio telefonico e da un apparecchiatura elettronica ed interfaccia ottica, una per ogni posto di controllo centralizzato (P.C.C.) della Centrale CV3 (principale) e uno ridondante nella centrale CV1 (secondario);
- server di gestione RAU (rete di chiamata di urgenza) composti da un PC e stampante, uno per ogni P.C.C. - Centrale CV3 (principale) e CV1 (secondario);
- postazione SOS, formata dalla coppia di colonnine, ognuna costituita da un armadio portante in acciaio inox 316, collocate all'interno della galleria sul marciapiede lungo la corsia di emergenza e da un contenitore con l'interfaccia ottica, il sistema di batteria tampone e l'elettronica di gestione SOS. Le postazioni SOS sono previste ogni 200÷250 m.

Inoltre armadi SOS sono disposti nei rifugi (vie di fuga) per gli utenti in galleria e nei by-pass carrabili.

- il sistema è completamente ridondante.

L'armadio dispone di :

- un pannello frontale con tre tasti retroilluminati per richieste di intervento per pronto soccorso, per carro attrezzi e per VV.F. (incendio); inoltre è corredato di microfono, altoparlante, indicatore di fuori servizio, cartello serigrafato con simbologia e istruzioni d'uso in italiano, francese ed inglese;
- due estintori a polvere da 6 kg;
- contatti di segnalazione;
- cartello luminoso bifacciale con indicazione SOS.

Sono previsti in galleria cartelli luminosi con indicazione di "SOS" e della distanza dall'armadio.

In caso di fuori servizio di una delle postazioni installate nei P.C.C., l'impianto, attraverso la rete in F.O. (2 fibre monomodali dedicate), potrà continuare a funzionare controllato dalle apparecchiature del P.C.C. rimasto in esercizio.

Il P.C.C. principale è il locale dove il personale addetto svolge le attività di supervisione di tutte le operazioni concernenti la viabilità disposto nella Centrale CV3.

E' previsto un secondo P.C.C. per l'impianto SOS, ubicato in un locale della centrale CV1, che costituisce un sistema ridondante in caso di fuori servizio del primo.

Nel P.C.C. sono installati:

- PC operatore e relativo software di gestione;
- apparecchio telefonico per le comunicazioni audio con le colonnine;
- gestore di estremità per la gestione dati con le colonnine.

I PC comandano l'intero sistema e consentono le seguenti funzioni:

- monitoraggio e gestione dell'impianto, con aggiornamento costante del data-base, stampa del registro giornaliero degli eventi e personalizzazione del trattamento dei dati ricevuti;
 - attivazione, da parte del personale addetto al P.C.C., del canale di comunicazione in fonia con la singola periferica SOS, sia a fronte di una chiamata che su propria autonoma decisione;
 - possibilità di trasferimento di chiamata verso una postazione remota, tramite linea telefonica.
- L'operatore durante una chiamata SOS, può mettere in comunicazione l'utente con una terza persona, (ospedale, autosoccorso, VV.F., etc..) via rete telefonica standard.

Inoltre, dato che ogni parte del sistema, dal PC alle colonnine, è dotata di microprocessore programmabile, esiste la possibilità di scambio dati da e per le altre apparecchiature periferiche.

Il sistema può inoltre svolgere sia la ricerca diagnostica dai P.C.C., sia presso ogni singola colonnina SOS per verificare lo stato di funzionamento di ogni elemento dell'impianto.

La colonnina SOS permette all'utente di effettuare:

- chiamate di emergenza sanitaria, meccanica, incendio (a priorità configurabile in caso di contemporaneità), contraddistinte da tre pulsanti retro illuminanti con appropriato simbolo grafico;
- collegamento in fonia con i P.C.C., con funzione viva voce presso la colonnina;
- condizione di “fuori servizio”, segnalata mediante led lampeggiante ad alta luminosità.

Il sistema SOS non si limita solamente al servizio di soccorso autostradale ma, data la sua architettura, è un vero e proprio sistema telematico aperto a successive espansioni funzionali.

12. SISTEMA DI ALLARME INCENDIO (V. TAV. I1015)

12.1. Sistema di rivelazione incendio nelle gallerie

Il sistema è costituito da sedici cavi sensore in fibra ottica (“Fibrolaser”) di lunghezza variabile a seconda del tronco di competenza.

Essi sono collegati alle unità di controllo, installate nelle Centrali CV1, CV2, CV3 e CV4.

Le unità di controllo sono intercollegate tramite cavo in fibra ottica al sistema centralizzato di gestione dell’impianto del cavo rilevatore; il sistema di gestione è a sua volta collegato al sistema di gestione tecnica centralizzata (G.T.C.).

Il cavo deve venire steso in conformità alle indicazioni del fornitore del sistema, evitando interferenze con la sagoma limite delle vetture in transito.

All’unità di controllo vengono riportati un certo numero di contatti di allarme, liberamente programmabili, per l’indicazione di allarme/guasto al sistema PLC preposto alla gestione automatica dell’emergenza. Oltre a questo, dovrà essere prevista l’interfaccia completa e trasparente, a protocollo aperto, della centralina di controllo con il sistema di regolazione automatica (G.T.C.); questa connessione deve essere realizzata mediante collegamento seriale dell’unità di controllo con il PLC.

Il sistema PLC invia i segnali in ingresso all’unità di controllo per la tacitazione ed il reset degli allarmi.

Il sistema deve essere in grado di segnalare sia una temperatura massima dell’aria in galleria, programmabile dall’operatore, che il gradiente di temperatura. Tale caratteristica, in condizioni di elevate velocità di ventilazione, consente di segnalare in modo estremamente veloce i focolai di incendio.

Prevedendo la stesura di una particolare fibra ottica all’interno della galleria, il sistema dovrà risultare immune sia a fenomeni di corrosione che a influenze elettromagnetiche.

Il sistema deve consentire di monitorare la temperatura all’interno della galleria, visualizzando il profilo termico del tratto sorvegliato con possibilità di identificazione per tratte minime di 6 m.

Tutti i dati possono essere riportati a distanza tramite un collegamento seriale ed un apposito software di gestione.

Il segnale di rilevazione incendio da parte del fibrolaser viene addotto dall'unità di controllo al sistema della G.T.C., che porta al segnale rosso le lanterne semaforiche e blocca il traffico all'esterno della galleria.

Nel contempo dà un segnale al combinatore telefonico, che segnala l'allarme incendio ad un posto presidiato dei VV.F.

12.2. Impianto di rilevazione incendio nelle centrali e nelle cabine

Nelle centrali e nelle cabine elettriche è previsto un sistema di rilevazione incendio.

Vengono installati rilevatori ottici di fumo ad effetto Tyndall, funzionanti a gradiente termico, completi di zoccolo, led di segnalazione e trasduttore elettronico per l'identificazione e gestione del singolo rilevatore, compresa base standard linea di collegamento, tubazione, cassetta in PVC, cablaggio ed accessori di montaggio e rilevatori di incendio di tipo termovelocimetrico e termostatico analogico, in materiale termoplastico, compresa base standard, led di segnalazione, trasduttore per l'identificazione e gestione del singolo rivelatore; linea di collegamento, tubazione, cassette in PVC, cablaggio ed accessori di montaggio per tutti i rilevatori.

Essi effettuano l'emissione su due livelli, con possibilità di selezione dalla centrale di rilevazione; inoltre danno emissione del segnale di manutenzione in caso di sporcamento della camera.

I rilevatori fanno capo ad una centralina antincendio per ogni centrale o cabina di tipo a 4 loop a più zone, per la ricezione dei segnali di allarme provenienti dai rilevatori stessi. La centralina dispone di un alimentatore, con tensione a 230V in ingresso e con tensione di lavoro a 24Vcc; essa è completa di batteria tampone e delle linee elettriche di collegamento all'UPS in partenza dal quadro QACS. Essa deve rispondere alle Norme BS 5839 Parte 4 od equivalenti.

L'alimentatore dispone di un modulo a relé per circuito supplementare di allarme; esso deve essere collegato al PLC di centrale o di cabina, che provvede ad inviare i segnali anche alla G.T.C.

Deve essere osservata per l'installazione dell'impianto la Norma UNI 9795.

13. IMPIANTO TELECAMERE A CIRCUITO CHIUSO E RILEVAZIONE AUTOMATICA DI INCIDENTE (V. TAV. I1015)

13.1. Impianto TVcc

Il sistema di monitoraggio e di controllo del traffico svolge tutte le funzioni tipiche di un sistema di videosorveglianza, integrante la funzione di rilevazione degli incidenti, di eventuali veicoli fermi e delle code ed inoltre consente la video registrazione, eseguita su supporto digitale, delle immagini provenienti da tutte le unità di ripresa previste. Il sistema prevede la completa copertura di tutte le aree della galleria di Mestre.

Il sistema viene realizzato con unità di ripresa costituite da telecamere DSP a colori ad altissima sensibilità, collocate ogni 150 m lungo tutto il percorso della galleria e nelle aree a questa interessate (rifugi, by-pass carrabili, cabine elettriche). Le telecamere sono dotate di microprocessore ed equipaggiate con ottica a focale fissa o variabile. L'insieme telecamera ed ottica è alloggiato in una custodia idonea all'ambiente di lavoro, completa di tutti gli accessori necessari all'installazione.

Le unità di ripresa sono collegate a concentratori, posti lungo il percorso della galleria tramite cavo in rame di tipo precomposto. La trasmissione dei segnali video dal singolo concentratore alla sala controllo principale avviene impiegando una fibra ottica per ogni segnale video, mentre la trasmissione dei dati avviene su un'unica fibra ottica per ciascun fornice che viene attestata presso ogni singolo concentratore.

In ciascun concentratore è previsto un apposito trasduttore elettro – ottico, in grado di garantire la trasmissione del segnale video proveniente dalla singola unità di ripresa ed un trasduttore ottico – elettrico, dedicato alla ricezione ed alla trasmissione dei dati di regolazione dei parametri della telecamera e dei dati di comando dei dispositivi di orientamento. I trasduttori ottico - elettrici ed elettro – ottici sono alloggiati in strutture standard rack 19", adatte a garantirne l'alimentazione e dotate degli accessori necessari alla distribuzione dell'alimentazione e dei dati alle singole unità di ripresa.

Nell'area sottoposta a sorveglianza è prevista l'installazione di unità di ripresa fisse; inoltre sono previste 10 unità dotate di dispositivo di orientamento in corrispondenza ai portali delle gallerie e del viadotto. I segnali di queste unità di ripresa vengono trasportati dai singoli concentratori alla sala controllo principale, posta ad una estremità della galleria; in tale sala sono collocati tutti gli apparati di acquisizione e gestione dei segnali video, includendo tra questi anche il sistema di video registrazione digitale ed il sistema di controllo del traffico.

Presso la sala controllo principale, tutti i segnali video vengono riconvertiti mediante un opportuno gruppo di trasduzione ottico – elettrica e vengono trasferiti agli apparati di acquisizione e gestione mediante cavi coassiali.

I dati di regolazione dei parametri delle unità di ripresa vengono trasferiti, dalla sala controllo al concentratore, mediante un'ulteriore fibra ottica collegata ad un apposito trasduttore ottico, in grado di trasferire fino ad otto canali dati bidirezionali.

Gli apparati di registrazione digitale delle immagini e del sistema di controllo del traffico sono tra loro collegati mediante la realizzazione di una rete fast Ethernet 100 Mb, sulla quale deve essere attestata la CPU di controllo per la gestione della matrice video.

Presso il posto di controllo centralizzato (P.C.C.) vengono installati i seguenti apparati:

- Gruppi di trasduzione ottico – elettrica per la conversione dei segnali video provenienti dai concentratori e dalle singole unità di ripresa.
- Apparati di registrazione digitale dei segnali video
- Apparati del sistema di controllo del traffico
- Sistema matriciale di commutazione e gestione dei segnali video provenienti da tutte le unità di ripresa previste.
- Apparati costituenti il sistema di supervisione, gestione e comando dei tre sottosistemi sopra elencati.
- Monitor professionali standard PAL.

13.2. Rivelazione Automatica di Incidente (D.A.I.)

Presso la sala controllo vengono installati gli apparati di registrazione digitale dei segnali video direttamente collegati alla matrice video di commutazione e dimensionati per l'acquisizione dei segnali video.

L'apparato di video registrazione digitale deve essere realizzato su base personal computer standard; il sistema operativo deve essere WINDOWS NT 4.0 o superiore. Ciascun apparato deve essere in grado di acquisire i segnali video di almeno 12 unità di ripresa con la possibilità di essere espanso per acquisire fino a 24 ingressi video.

Ogni singolo apparato è equipaggiato con hard disk di tipo SCSI avente capacità pari ad almeno 36 GB, installato su supporto estraibile, dedicato all'archiviazione delle immagini acquisite, mentre il sistema operativo ed il software applicativo vengono installati su un ulteriore hard disk.

Ogni registratore digitale viene configurato in modo completamente indipendente rispetto agli altri ed è in grado di eseguire la registrazione delle immagini ad una velocità complessiva uguale o superiore alle 25 immagini per secondo, anche nel caso in cui le immagini provengano da diverse unità di ripresa.

Ogni videoregistratore digitale esegue, in modo completamente indipendente rispetto alle altre unità, la funzione di codifica delle immagini provenienti dalle unità di ripresa ad esso collegate ed effettua, in fase di riproduzione delle stesse, la funzione di decodifica delle immagini stesse al fine di estrarre solamente le immagini dell'unità di ripresa richiesta.

Le operazioni di configurazione di ogni singolo apparato di registrazione digitale sono possibili da ciascuna delle postazioni di controllo del sistema TVCC.

Il singolo apparato di controllo ed analisi del traffico è progettato per il monitoraggio automatico del traffico a complemento del controllo visivo dell'operatore. L'elaborazione delle immagini permette di riconoscere le situazioni nella scena e di tradurle in informazioni sintetiche, per generare allarmi o per memorizzare e trasmettere dati statistici.

Ciascun apparato del sistema di controllo del traffico esegue l'analisi contemporanea delle immagini di tutte le unità di ripresa ad esso collegate; ogni singola immagine viene analizzata in modo indipendente rispetto alle altre.

Il sistema di controllo del traffico deve segnalare a ciascun operatore i seguenti eventi:

- incidente
- coda
- contromano
- conteggio veicoli
- misurazione della velocità
- classe di traffico

I dati relativi a tali misurazioni devono poter essere presentati su richiesta a ciascun operatore.

14. IMPIANTO RADIO PER COPERTURA GALLERIA

14.1. Architettura del sistema previsto

Il progetto prevede la realizzazione di una rete radio isofrequenziale sincronizzata, costituita da più canali secondo le specifiche richieste, per la copertura dell'intera galleria e delle zone limitrofe.

Il sistema radiomobile è costituito da più reti monocanale sovrapposte, che devono consentire i collegamenti alla Sala Comando della centrale CV3, con le proprie unità esterne, vale a dire con il personale munito di ricetrasmittitore portatile, con le vetture dotate di ricetrasmittitore veicolare e con eventuali postazioni fisse.

Le stazioni radio base (SRB) sono collegate tra loro, con struttura a maglia rispetto alla Sala Comando in CV3, mediante dorsale di interconnessione in PCM su fibra ottica ridondante.

A tal fine ogni SRB dovrà essere provvista di doppia interfaccia 4 fili + criteri E/M con scambio automatico verso la ridondanza di dorsale.

La Sala Comando è collegata alla Sala Comando Ausiliaria in CV2 mediante la dorsale PCM su fibra ottica .

14.2. Configurazione e costituzione della rete

Nella tavola Tav. I1015 è riportato uno schema tipico di installazione delle SRB e del relativo sistema radiante.

Le SRB vengono installate in galleria in prossimità dei collegamenti carrabili di by-pass, adatti ad ospitare le apparecchiature ed equipaggiati di impianto elettrico, quest'ultimo collegato alla rete a 220V e comprendente il trasformatore 220/12V, la batteria tampone e l'alimentatore a 12 V.

L'interconnessione fra le stazioni radio base è realizzata mediante canali PCM su fibra ottica. Ciascuna SRB è dotata di interfaccia a "4 fili e criteri E/M" di tipo standard per il collegamento con la dorsale in FO.

Nei suoi componenti essenziali il sistema della rete isofrequenziale deve essere costituito da:

- Stazioni radio base per rete isofrequenziale sincronizzata disposte in armadi.
- Braching d'antenna in grado di accoppiare tutti i canali di servizio su 2 o 4 spezzoni di cavo fessurato.
- Sistema d'antenna composto da cavo fessurato per i tratti in galleria e da antenne direttive per i tratti esterni agli imbocchi.
- FO per il collegamento delle SRB con cavo in fibra ottica sezionato in corrispondenza di tutti i punti di interesse (Sale, by-pass, etc.).
- Pali, supporti d'antenna, supporti per cavo fessurato.
- Apparecchiature per Sale Comando per la gestione del traffico radio complete di consolle operatore, sistema di telecontrollo per la rete di isofrequenziale su canale separato dai canali di traffico radio.
- Ricetrasmittitori veicolari
- Ricetrasmittitori portatili.
- Parti di ricambio adeguate delle apparecchiature (almeno 1 per ciascuna tipologia).

14.3. Sistema radiante e cavi di trasmissione

Il sistema radiante è costituito da un cavo fessurato, posato per tutte e due le gallerie con eventuale diramazione in antenna per la copertura delle zone contigue esterne alle gallerie stesse.

Il cavo viene fissato alle pareti delle gallerie per mezzo dei sostegni di cui sopra, distanziati normalmente 50÷150 cm ad una altezza di $\approx 5\div 6$ m dal piano della sede stradale.

Nella galleria di Mestre il cavo fessurato viene posato in entrambi i fornicci, sulla destra nel senso di marcia corrispondente alla corsia di emergenza.

I branching di antenna per i canali di servizio previsti vengono forniti in appositi armadi da installarsi a fianco degli armadi delle stazioni radio, disposti nei canali sotto la carreggiata.

Le caratteristiche del cavo radiante sono:

- Impedenza : 50 Ohm \pm 2 Ohm

- Campo di frequenza : 40÷900 MHz
- Capacità : 76 pF/mt.
- Isolamento : > 10⁸ MOhm
- Gamma di temperatura : da -50 a + 70° C
- Attenuazione longitudinale : minore di 38 dB/km a 450 MHz
- Perdita di accoppiamento
per il 95% dei piazzamenti : 75 dB
- Raggio di curvatura : 250 mm
- Materiale del conduttore : rame
- Diametro del conduttore : 6,8 mm
- Materiale dello schermo : rame
- Diametro dello schermo : 17,6 mm

Per la copertura delle aree esterne alle gallerie si utilizzano antenne direttive yagi.

Il cavo coassiale di collegamento fra il cavo radiante ed il ricetrasmittitore ha seguenti caratteristiche:

- Impedenza : 50 Ohm
- Campo di frequenza : 50 Mhz ÷ 3 GHz
- Capacità : 76 pF/mt.
- Isolamento : > 10⁸ MOhm
- Gamma di temperatura : da -50 a + 70° C
- Attenuazione longitudinale : minore di 4.6 dB/100 m a 450 MHz
- Raggio di curvatura : 70 mm
- Materiale del conduttore : rame
- Diametro del conduttore : 4,9 mm

- Materiale dello schermo : rame
- Diametro dello schermo : 13,7 mm

Il cavo di collegamento in FO fra le SRB è costituito da una fibra ottica monomodale 9/125 μm .

Sono previsti inoltre apparati ricetrasmittenti portatili e veicolari per il personale addetto alla gestione del tunnel.

14.4. Modalità operative

E' previsto che il sistema radio operi con le seguenti modalità.

- I collegamenti radio vengono effettuati tra unità esterne e Sala Comando e tra unità esterne.
- La continuità delle comunicazioni radio è garantita lungo tutto il percorso.

Le comunicazioni devono risultare prive di disturbi, anche nelle zone di copertura comuni delle stazioni radio base.

- La Sala Comando può seguire tutto il traffico che si svolge sulla rete ed effettuare comunicazione con priorità con qualsiasi terminale presente in rete.
- La rete isofrequenziale deve assicurare sia le comunicazioni in fonia, sia le trasmissioni di dati a 2400 bit/s.

15. IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE (V. TAV. I1016-I1017)

L'impianto di illuminazione delle gallerie viene realizzato con lampade al sodio ad alta pressione nelle potenze da 100, 150, 250 e 400 W, disposte in apparecchi d'illuminazione adatti per essere installati sui due lati di ciascun fornice ed aventi la possibilità di contenere 1 o 2 lampade; gli apparecchi sono fissati su più file nella zona iniziale di rinforzo e su due file nella zona successiva di rinforzo e di illuminazione di base.

L'illuminazione di base o permanente deve essere tale da garantire un illuminamento uniforme ed evitare abbagliamenti secondo la normativa vigente. Sarà realizzata mediante l'accensione delle sola lampade da 100 W, poste in tutti gli apparecchi di illuminazione.

L'alimentazione dell'illuminazione permanente è su due circuiti trifasi più neutro, posti intercalati tra di loro ed il livello di luminanza media sul piano stradale deve essere di $\approx 4 \text{ cd/m}^2$ durante il giorno e di $\approx 2 \text{ cd/m}^2$ durante la notte con rapporto di uniformità diurno superiore a 1/3.

L'illuminazione di base deve essere estesa per tutta la lunghezza dei fornici ed i due circuiti devono potersi alternare nel funzionamento notturno in modo da eguagliare la durata di vita delle lampade.

In corrispondenza a ciascun imbocco d'entrata, e per una lunghezza di circa 230 m deve essere realizzata un'illuminazione di rinforzo. Analogamente una zona di rinforzo, ridotta come luminanza e lunghezza rispetto all'imbocco, viene attuata sull'uscita dalla galleria.

L'illuminazione di rinforzo deve avere un livello di luminanza decrescente dall'imbocco verso l'interno della galleria secondo la normativa vigente. Gli apparecchi d'illuminazione in questo tratto, oltre alla lampada per l'illuminazione di base da 100W, saranno equipaggiati con 1 o 2 lampade di potenza compresa tra 100 a 400W a seconda del livello d'illuminamento previsto.

L'andamento prevedibile delle luminanze all'imbocco dei fornici è riportato nelle tavole I1016 e I1017.

L'accensione delle lampade deve avvenire automaticamente, controllata da appositi rilevatori di luminanza, posti all'esterno prima degli imbocchi, e idonei a trasmettere un apposito segnale di comando (in mA) al quadro di alimentazione.

L'accensione deve comunque poter avvenire anche manualmente sia dai quadri di alimentazione dell'illuminazione che dal centro di controllo tramite la G.T.C.

Al fine di eguagliare la durata di vita delle lampade, anche i circuiti dell'illuminazione di rinforzo devono potersi alternare all'accensione su differenti regimi.

All'uscita di ogni fornice deve essere realizzata una illuminazione di rinforzo che assicuri 1/3 dei valori di illuminamento previsti all'entrata. Il circuito di uscita deve essere alimentato quando vengono alimentati i circuiti intermedio e pieno sole dell'entrata.

Vanno previsti inoltre un impianto di illuminazione di sicurezza costituito da corpi illuminanti con lampade al sodio da 150W.

Per le centrali CV1, CV2, CV3, CV4 viene realizzato un impianto di illuminazione con lampade a ioduri metallici da 250 o da 400 W e da lampade fluorescenti da 58 W a seconda degli ambienti.

E' prevista l'illuminazione delle cabine elettriche, del canale di estrazione dell'aria viziata e/o dei fumi, del condotto dell'aria fresca, dei by-pass carrabili, dei rifugi e di tutti i cavedi tecnici posti al di sotto del manto stradale della galleria. L'illuminazione in tali ambienti è assicurata mediante corpi illuminanti con tubo fluorescente da 58 W, alimentati mediante canaline e cavi dedicati.

15.1. Regolazione luminosa

Deve essere possibile effettuare una regolazione luminosa di tutti i circuiti sia permanente che di rinforzo in funzione della luminanza esterna secondo un ciclo giorno-notte; in particolare occorre :

Per i circuiti di rinforzo : la possibilità di poter variare la tensione di alimentazione delle lampade in modo automatico, variando la potenza dei diversi circuiti di rinforzo dal 100% al 50%, in funzione del valore di luminanza esterna.

Per i circuiti permanenti è prevista una regolazione automatica secondo un ciclo giornaliero, con la riduzione del flusso luminoso delle lampade fino al 35÷40%.

15.2. Linee di alimentazione dell'impianto di illuminazione

Ogni circuito di accensione dell'impianto di illuminazione di ciascun fornice della galleria deve essere dotato di una linea in cavo proveniente dal quadro elettrico corrispondente.

La sezione dei cavi costituente i singoli circuiti è calcolata in modo che la caduta di tensione fra il punto di partenza (quadro di distribuzione) e la lampada più lontana non superi il 4% del valore della tensione di alimentazione.

Le sezioni dei cavi alimentanti i singoli circuiti sono dimensionate anche con riferimento ai valori di intervento delle protezioni di massima corrente, in modo che sia assicurato l'intervento delle protezioni senza danneggiamento del cavo, qualunque sia la posizione del guasto lungo la linea.

15.3. Misuratore di luminanza

Il misuratore di luminanza ha la funzione di rilevare la luminanza dell'area compresa entro un determinato angolo visivo, all'esterno di una galleria, e di generare un segnale elettrico proporzionale a tale luminanza.

Gli apparecchi impiegano un elemento fotosensibile avente una caratteristica di sensibilità spettrale coincidente con quella dell'occhio umano.

Il misuratore è contenuto in una custodia in materiale isolante a tenuta stagna, essendo previsto per l'installazione in esterno, e l'elemento fotosensibile è alloggiato entro un dispositivo ottico a cannocchiale, montato sopra la custodia stessa ed orientabile nelle diverse direzioni, in modo da rilevare la luminanza del campo di osservazione entro un angolo conico di 20°, che comprende l'imbocco della galleria.

15.4. Amplificatore - Attuatore

L'amplificatore-attuatore comanda la regolazione in aumento od in diminuzione dei rinforzi luce nel tratto della zona di ingresso della galleria, in funzione della luminanza esterna, misurata nel tratto di strada antistante l'imbocco. Esso è disposto in cabina in prossimità del regolatore di flusso.

15.5. Regolatore di flusso luminoso per circuiti di rinforzo e circuito base

Il regolatore stabilizzato agisce come un generatore di tensione variabile, in grado di fornire un'uscita stabilizzata ($\pm 1\%$), variabile in funzione dei comandi provenienti dall'amplificatore-attuatore e dal misuratore della luminanza.

La possibilità di regolare il valore della tensione di uscita consente di poter variare, a seconda della luminanza esterna, la potenza dei circuiti di rinforzo dal 100% al 50%. Si evitano accensioni e spegnimenti di singoli gruppi di lampade con conseguente allungamento della vita media delle stesse.

Il regolatore è montato in un armadio metallico all'interno della cabina in corrispondenza dei quadri elettrici di illuminazione.

Esso è del tipo elettrodinamico a controllo elettronico. La regolazione avviene tramite un trasformatore serie il cui primario è alimentato da un autotrasformatore variabile, derivato in parallelo dalla linea, per ottenere una bassa impedenza del sistema. I circuiti di stabilizzazione sono indipendenti dal circuito di regolazione.

La tensione di alimentazione del regolatore deve essere di tipo trifase 400 V con neutro e deve accettare variazioni in frequenza del $\pm 5\%$.

15.6. Impedenze limitatrici

Durante il normale funzionamento, l'impianto di illuminazione viene alimentato mediante i regolatori stabilizzati di flusso luminoso.

Al momento in cui dovessero verificarsi situazioni di allarme (sovratemperatura, sovratensione, sottoalimentazione, etc.) l'alimentazione del sistema deve essere commutata direttamente sull'alimentazione di rete.

La commutazione dell'impianto da regolatore a rete avviene mediante tre impedenze di ricircolo, opportunamente dimensionate e dette impedenze limitatrici, atte a limitare le sovracorrenti dovute alle eventuali differenze di potenziale tra la tensione di uscita fornita dal regolatore e la tensione di rete.

L'installazione delle impedenze limitatrici va prevista sia per la regolazione dei due circuiti di rinforzo che di quello base.

In condizioni di normale funzionamento la tensione del carico viene fornita al regolatore attraverso le induttanze limitatrici. Nella commutazione fra regolatore e rete, per evitare lo spegnimento, l'impianto viene alimentato per il tempo di alcuni secondi mediante l'intervento di teleruttori attraverso le induttanze limitatrici. Trascorso tale tempo, l'impianto viene alimentato direttamente dalla rete.

16. IMPIANTO DI SEGNALETICA (V. TAV. I1015)

L'impianto di segnaletica comprende :

- la segnaletica verticale;
- la segnaletica orizzontale;
- la segnaletica luminosa con le linee elettriche di alimentazione e di controllo;
- le attrezzature complementari.

Nella fattispecie la principale segnaletica per il Tunnel è costituita da :

(i) Presegnalamenti prima degli imbocchi

- cartelli riassuntivo divieti in galleria;
- cartelli di preavviso semaforo a 200 m;

(ii) Imbocchi

- cartelli riassuntivo divieti in galleria;
- semafori con controllo della G.T.C.;
- pannelli con frecce verdi (via libera) e con croci rosse (obbligo di fermata) per ogni corsia;
- stazioni meteorologiche, una per ogni ingresso-uscita dalla galleria.

(iii) Fornici galleria e svincoli

- plot luminosi all'imbocco per circa 100 m per i fornici e 50 m per gli svincoli;
- pannelli con frecce e con croci per ogni corsia ogni 600 m;
- pannelli a messaggio variabile informativi con visualizzazione di immagini grafiche o di scritte alfanumeriche, per informazioni agli utenti in galleria (incidenti, cambio corsia, lavori in corso, etc.);
- pannelli luminosi triangolari a doppia faccia con indicazione di SOS ed estintore;
- pannelli luminosi singola faccia di presegnalazione rifugio e della sua distanza (60x120);
- impianto illuminazione per inquadramento della porta del rifugio;

- pannello luminoso a doppia faccia per indicazione cassetta UNI 45 ed idrante UNI 70;
- pannelli luminosi con indicazione velocità massima e distanza di sicurezza (60x120);
- pannelli a rifrangenza con PK (ogni 300 m).

L'impianto comprende le linee elettriche di alimentazione e di controllo, con cavi resistenti al fuoco, il controllo, gli allarmi e la visualizzazione della segnaletica in sala comando su apposito display, attraverso la G.T.C. L'impianto include tutte le opere metalliche in acciaio inox di sostegno dei pannelli e dei cartelli.

(iv) Svincoli

- plot luminosi all'imbocco per circa 100 m per i fornici e 50 m per gli svincoli;
- pannelli con frecce e con croci ad ogni ingresso;
- pannelli a messaggio variabile informativi con visualizzazione di immagini grafiche o di scritte alfanumeriche, per informazioni agli utenti in galleria (incidenti, cambio corsia, lavori in corso, etc.) agli ingressi;
- pannello luminoso a doppia faccia per indicazione cassetta UNI 45 ed idrante UNI 70;
- pannelli luminosi con indicazione velocità massima e distanza di sicurezza (60x120);

17. IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE NELLE CENTRALI DI VENTILAZIONE

In ogni centrale di ventilazione trovano collocazione la cabina elettrica di trasformazione MT/BT, il quadro MT, il quadro generale BT, i quadri BT per ventilazione, per l'illuminazione della galleria e per i diversi servizi previsti.

Stante la necessità di areare la centrale nella stagione estiva ed in quella invernale, tenuto conto della potenza termica dispersa in ambiente dalle apparecchiature elettriche sopracitate e da quelle meccaniche (motori dei ventilatori), dall'impianto di illuminazione della centrale, dalle apparecchiature di controllo, etc. si è valutata la potenza massima endogena per ogni centrale che occorre asportare, onde evitare sopraelevazioni eccessive di temperatura ambiente nella centrale, specie nella stagione estiva.

Può succedere che la temperatura dell'aria ambiente nella centrale assuma in inverno valori bassi, tali da rendere non idoneo il funzionamento della centrale, specie se gli impianti operano a basso regime.

Per far fronte a queste situazioni è stato previsto un impianto di climatizzazione, che provvede a refrigerare l'ambiente della centrale in estate e a riscaldarlo in inverno in modo da rendere agevole il funzionamento degli impianti.

Ovviamente l'impianto di climatizzazione è provvisto di ricircolo dell'aria trattata, in modo da ridurre il consumo energetico del trattamento climatico.

La portata di aria esterna di ricambio è prevista in 1 Vol/h.

La distribuzione dell'aria è effettuata mediante opportune canalizzazioni di mandata e di ripresa dell'aria, dotate di bocchette di mandata e di ripresa e di serrande di regolazione.

L'aria è prelevata all'esterno in un locale adiacente alla cabina elettrica e portata al gruppo di trattamento aria (GTA) disposto in centrale. La portata d'aria non ricircolata attraverso il GTA è rilasciata attraverso una griglia di sovrappressione verso l'esterno. Tale griglia è dotata di serranda tagliafuoco.

La produzione dell'energia frigorigena è effettuata mediante un gruppo frigorifero disposto in apposita zona entro la centrale.

Il gruppo frigorifero è costituito da:

- gruppo refrigeratore d'acqua con condensazione ad aria; per le centrali di ventilazione interrate la presa dell'aria di raffrescamento dal condensatore è effettuata da un canale AF mediante serranda di regolazione. Lo scarico dell'aria dal condensatore viene fatto in un canale AV, sempre mediante una serranda di regolazione. Per le centrali di ventilazione in superficie la presa e lo scarico dell'aria sono effettuate da e verso l'esterno;
- il fluido frigorifero previsto è R407;
- centrale di trattamento aria (CTA) a sezioni componibili con un ricambio di 1 Vol/h di aria esterna.

La centrale di trattamento aria (CTA) per ogni ambiente è composta da :

- una sezione di miscelazione che provvede a miscelare, tramite due serrande motorizzate di regolazione, l'aria esterna con l'aria di ricircolo proveniente dai due canali appositi;
- un filtro a pannello in fibra sintetica;
- un filtro a tasca con misura della caduta di pressione;
- una batteria fredda;
- un separatore di gocce;
- una batteria elettrica modulante per riscaldamento o postriscaldamento;
- un termostato di temperatura limite ed un termostato antigelo;
- un ventilatore di mandata;
- un plenum di diramazione dei canali di mandata;
- una valvola di miscelazione a tre vie comandata dalla centralina di regolazione UC;
- valvola di intercettazione di non ritorno, di sicurezza, giunti antivibranti, etc.;
- vaso di espansione.

La regolazione della temperatura dell'aria avviene mediante termostati distribuiti in più punti della centrale e facenti capo ad un gruppo di controllo della temperatura dell'aria ambiente.

Nel P.C.C. di controllo della centrale CV3 vengono installate due unità split-system, ciascuna avente una potenza frigorifera di 10 kW_f in modo da mantenere condizioni ambientali termiche idonee per il funzionamento delle apparecchiature di controllo.

Le cabine elettriche disposte in galleria sono refrigerate mediante gruppi del tipo split-system da 20 a 40 kW_f a seconda della potenza elettrica.

In ogni centrale antincendio e in ogni centrale per i generatori elettrici di emergenza sono previsti 2 aerotermini da 15 kW_t .

18. SISTEMA DI GESTIONE TECNICA CENTRALIZZATA (G.T.C.) (V. TAV. I1037; I1038)

18.1. Tipologia e requisiti dell'impianto

Il sistema di Gestione Tecnica Centralizzata (G.T.C.) della Penetrazione Nord di Trieste è composto da apparecchiature poste su diversi livelli gerarchici di operatività e con diversi livelli di autonomia e di competenze ed è preposto alla gestione degli impianti di esercizio e di sicurezza installati nei due forni del tunnel, oggetto di questo progetto preliminare.

La gestione degli impianti consta di diverse attività tra loro strettamente interconnesse, riassumibili in:

- acquisizione dei dati ambientali ed elettrici quali CO, NO, OP, AN, traffico, presenza di incendio, stato impianti di ventilazione, di illuminazione, stato degli impianti elettrici, dei dispositivi di segnaletica, di SOS, di TVcc, di radio trasmissione, vie di fuga, by-pass di comunicazione, etc. Trasmissione delle informazioni dai dispositivi locali ai dispositivi del sistema di controllo;
- elaborazione dei dati sopra menzionati da parte del sistema di controllo in base ai parametri di funzionamento ed agli algoritmi preimpostati dai posti di controllo supervisione;
- attuazione delle azioni previste e comando dei dispositivi ed utenze preposti. In particolare deve attuare la gestione della ventilazione, degli impianti di estrazione fumi ed antincendio dell'illuminazione, degli impianti elettrici delle centrali, delle cabine di galleria, dell'impianto di illuminazione, del controllo di traffico, del controllo delle vie di fuga e dei by-pass, della segnaletica.

Inoltre il sistema deve archiviare dati e realizzare reports.

I principali requisiti, che il sistema deve possedere, sono :

- integrità e di sicurezza delle informazioni ed in particolare :
 - * sicurezza dei dati (dati integri, corretti ed assenza di perdita di informazioni)
 - * protezione nell'accesso ai dati

- * controllo delle proprietà e delle sequenze dei dati;
- prestazioni :
 - * tempi di reazione del sistema
 - * tempi di esecuzione delle funzioni;
- disponibilità del sistema e possibilità di funzionare in condizioni di anomalia :
 - * capacità del sistema di funzionare, anche in modo degradato, in caso di guasti multipli;
 - * robustezza della architettura;
- modularità ed economicità :
 - * possibilità di espandere il sistema;
- manutenibilità :
 - * accessibilità ai componenti del sistema
 - * analisi remota;
- funzionalità del sistema :
 - * livelli di comando e controllo degli impianti;
 - * accesso distribuito alle informazioni ed ai comandi.

18.1.1. Acquisizione dei dati ambientali ed elettrici

I dati ambientali ed elettrici che il sistema deve acquisire in campo per ogni galleria sono:

- ossido di carbonio (CO) ed ossido di azoto (NO) : valore analogico, diagnostica dello strumento di misura;
- opacità: valore analogico, diagnostica dello strumento di misura;
- velocità e direzione dell'aria nei forni : valori analogici, diagnostica dello strumento di misura;
- traffico: segnali digitali impulsivi di transito e permanenti di stazionamento veicoli, segnali di guasto;

- luminosità in ingresso/uscita dai fornici e dagli svincoli : valore analogico, diagnostica dello strumento di misura;
- luminosità nei fornici e negli svincoli : valore analogico, diagnostica dello strumento di misura;
- presenza incendio nei fornici, nelle centrali di ventilazione e nelle cabine elettriche : segnale di allarme da sistema di rilevazione, segnale di anomalia;
- stato della centrale di spegnimento incendio : valore analogico (livello acqua), diagnostica dell'impianto, segnali digitali;
- stato della segnaletica: segnali digitali;
- stato dell'illuminazione: segnali digitali;
- stato dei ventilatori: segnali digitali e segnali analogici (vibrazioni, orizzontalità), segnali di guasto e diagnostica degli strumenti di misura;
- stato dei circuiti dei quadri elettrici MT/BT (partenze) : segnali digitali;
- stato dei circuiti dei quadri elettrici (arrivi MT): segnali digitali;
- stato dei dispositivi di emergenza e soccorso (Gruppi elettrogeni - Gruppi di continuità): segnali digitali;
- stato dei dispositivi ausiliari: segnali digitali;
- stato dei dispositivi di segnaletica (PMV, semafori);
- stato dell'impianto SOS;
- stato dell'impianto TVcc e D.A.I.;
- stato dell'impianto di radiotrasmissione;
- stato dei luoghi sicuri e della loro segnalazione;
- misure elettriche (Potenza attiva, reattiva, $\cos \phi$, tensione, corrente) dei circuiti principali: valori analogici, diagnostica degli strumenti di misura;
- ore di funzionamento degli impianti e delle apparecchiature.

I segnali digitali come acquisizione vanno intesi come stati ed allarmi.

I dati ambientali ed elettrici che il sistema deve acquisire in campo per ogni cabina elettrica sono :

- quadri MT e trasformatori;
- quadri generali BT 690 V e 400 V;
- quadri smistamento gruppi elettrogeni;
- quadri comando ventilatori aria viziata ed estrazione fumi;
- quadri illuminazione in galleria;
- quadri illuminazione di sicurezza galleria;
- quadri servizi generali;
- quadri servizi cabine;
- quadri alimentazione controllo e sicurezze;
- quadri impianti sicurezza (PLC, SOS, CO, OP, NO, AN, TVcc e R.A.I., semafori, PMV, radiotrasmissione, rilevazione incendio in galleria, rivelazione traffico laser);
- quadri impianti secondari (carroponte, termoventilazione, montacarichi, ascensore);
- quadri centrale antincendio;
- gruppi elettrogeni;
- UPS per illuminazione galleria e UPS per alimentazione controllo e sicurezze;
- quadri convertitori di frequenza.

18.1.2. Elaborazione dei dati in base ai parametri di funzionamento

Basandosi sui dati acquisiti dalla strumentazione di campo o da appositi contatti di segnalazione/allarme, resi disponibili dalla strumentazione stessa o dai quadri elettrici, i sistemi di automazione provvedono ad effettuare elaborazioni tramite algoritmi, i cui parametri vengono impostati sul master di supervisione installato nella Centrale CV3.

Le elaborazioni principali, che vengono effettuate da ogni PLC per i segnali di propria competenza, sono le seguenti:

- Misura dei valori di ossido di carbonio (CO), di ossido di azoto (NO) e opacità (OP);

L'elaborazione consiste nel calcolo ad ogni minuto del valore dato del misuratore, mediato, ad es., sui 15' precedenti e calcolo, allo stesso tempo, del valore mediato su un predeterminato periodo di tutti i misuratori in funzione nei vari tronchi di fornici, serrande delle centrali, scartando il valore massimo e quello minimo. Sulla base di tali elementi l'algoritmo calcola un coefficiente derivativo, che dà una valutazione del trend (andamento) del CO, del NO o dell'OP.

In funzione di tali valori e dei valori di soglia impostati secondo una funzione (algoritmo) prestabilita vengono gestiti gli impianti di ventilazione nelle centrali della galleria intervalliva ed i ventilatori ad induzione e di centrale nella galleria autostradale. Un trattamento analogo viene fatto per i ventilatori di centrale dell'aria viziata, operando sui comandi ad inverter dei motori.

- Misure dei valori di velocità e direzione dell'aria;

calcolo del valore istantaneo e del valore medio in un certo intervallo di tempo (ad es. su un periodo di 2'÷5') della velocità e della direzione dell'aria. Se il valore medio supera i 10 m/s in corrispondenza delle uscite nella direzione del traffico, vengono attivati i ventilatori di estrazione o ridotto il numero dei ventilatori ad induzione funzionanti. Il relativo algoritmo dovrà essere definito nell'esercizio della galleria, in funzione dei valori di traffico e delle misure di inquinanti in galleria.

- Acquisizione dei valori di traffico;

- conteggio del numero di veicoli in ingresso/uscita ed in tronchi di galleria nell'unità di tempo per ogni fornice e per ogni corsia (galleria bidirezionale) e calcolo del valore del traffico integrato, su un tempo prestabilito, ad es. di 2'÷5', e riportato al valore orario del traffico. Questo rilievo consente, mediante apposito algoritmo, di calcolare l'andamento tendenziale del traffico; esso viene impiegato per la regolazione previsionale della ventilazione;
- misura della velocità e della interdistanza fra i veicoli;
- individuazione del tipo di veicolo (leggero, commerciale, pesante);
- comando della segnaletica a messaggio variabile (indicazioni di velocità ottimale) secondo algoritmi che considerino il valore del flusso di autoveicoli;

- riconoscimento di fenomeni di coda in galleria e conseguente azionamento della semaforica in ingresso.
- Acquisizione dei valori di luminosità in ingresso/uscita dalla galleria e degli svincoli;

esecuzione di algoritmi di regolazione dell'illuminazione di rinforzo per ottenere un buon adattamento visivo del guidatore all'ingresso ed all'uscita della galleria e degli svincoli.
- Acquisizione dei valori di luminosità fuori e dentro la galleria;

esecuzione di algoritmi di parzializzazione dell'illuminazione base in funzione dell'illuminazione esterna e dell'efficienza dell'impianto interno (sporcammento/degrado prestazionale dei corpi illuminanti);
- Acquisizione del segnale di incendio;

attuazione della procedura di estrazione del fumo in galleria, come illustrato al ø 8, previo controllo via TVcc del verificarsi dell'incendio dal P.C.C.;
- Acquisizione di incidenti in galleria attraverso il sistema D.A.I.;
- Acquisizione di tutti i segnali di stato delle apparecchiature;

segnalazione di eventuali anomalie al sistema di supervisione;
- Acquisizione delle misure elettriche di cabina;

elaborazione dei consumi elettrici e del rendimento dell'impianto.
- Acquisizione dei dati di funzionamento necessari alla manutenzione degli impianti e segnalazione al sistema centrale sui tempi di intervento per la manutenzione stessa (ad es. trasformatori MT/BT, macchine elettriche, circuiti di illuminazione, ventilatori, gruppi elettrogeni e di continuità, strumentazione di galleria, di centrale, di cabina, etc.).
- Elaborazione di dati storici, concernenti il funzionamento della galleria (traffico, controllo atmosferico, ventilazione, illuminazione) su diverse basi temporali (orarie, giornaliere, settimanali, etc.); tale elaborazione viene eseguita dal sistema centrale al quale i PLC invieranno i dati necessari; è possibile tuttavia archiviare i dati sulla memoria del PLC ed avere uno storico dell'ultimo periodo : il numero delle variabili da memorizzare sul PLC in funzione del tempo determina l'estensione del periodo storico.

18.1.3. Attuazione e comando di dispositivi ed utenze

Le logiche di attuazione e di comando sono essenzialmente suddivisibili in:

- Gestione segnaletica e traffico
- Gestione ventilazione
- Gestione impianto estrazione fumi ed antincendio
- Gestione illuminazione
- Gestione dei quadri elettrici di cabina, nelle centrali ed in galleria
- Gestione luoghi sicuri e by-pass carrabili.

La gestione segnaletica e del traffico consiste nella attivazione dei cartelli a messaggio variabile in funzione dei dati di traffico, di incidenti, di percorsi alternativi e nell'attivazione dei semafori in caso di coda o di evento di allarme incendio nei fornici e negli svincoli.

La gestione dell'illuminazione prende in considerazione i dati di luminanza interna ed esterna alla galleria per la parzializzazione delle luci e la regolazione delle luci di rinforzo, onde assicurare l'adattamento visivo dei guidatori in ingresso ed in uscita dalla galleria e dagli svincoli. L'azione avviene sulle partenze elettriche, parzializzando il numero di lampade accese in campo; la regolazione può avvenire, se disponibili e per taluni circuiti, mediante appositi dimmer di regolazione.

La gestione dei ventilatori prende in considerazione i valori della concentrazione degli inquinanti (CO, OP, NO) e della velocità dell'aria nei fornici, valutandone l'entità rispetto ai valori di soglia prefissati ed avviando, ai diversi regimi richiesti i ventilatori di centrale, nella galleria intervalliva, nonché i ventilatori di centrale e ad induzione nella galleria autostradale secondo algoritmi prestabiliti.

Viene effettuata una rotazione nell'utilizzo dei ventilatori, in base alle ore di funzionamento degli stessi, al fine di equilibrare l'utilizzo delle diverse macchine.

Adeguati algoritmi di sequenziazione provvedono all'esclusione dei ventilatori indisponibili od esclusi ed all'inclusione di ventilatori sostitutivi.

In caso di incendio debbono essere disponibili appositi programmi di gestione della ventilazione.

Questi programmi tengono conto del tipo di galleria, delle modalità di ventilazione, della estrazione dei fumi (condotti di estrazione e sistema di serrande di estrazione), dell'esistenza di luoghi sicuri, di vie di fughe. Il programma, in caso di allarme per incendio, si predispone automaticamente secondo quanto previsto sul tronco di galleria interessato e parte solo su comando dal PCC, dopo la verifica dell'incendio via TVcc da parte dell'operatore. Il programma è modificabile manualmente da parte dell'operatore in funzione della evoluzione dell'incendio e della sua magnitudo.

La gestione dei quadri elettrici, infine, consente di rilevare lo stato dei diversi circuiti e la loro inserzione/disinserzione a distanza (telecontrollo).

Le situazioni di allarme sono gestite in modo differenziato; in particolare per ciascun tipo di allarme è prevista una priorità, così che l'impianto sia pilotato in funzione della gravità della situazione, anziché in funzione della sequenza di riconoscimento degli allarmi stessi.

Gli allarmi sono inoltre memorizzati, così da attuare in modo corretto le sequenze di ripristino.

Tutte le situazioni di allarme sono considerate concluse solo a seguito di una esplicita conferma dell'operatore.

18.2. Architettura e composizione dell'impianto

L'impianto di Gestione Tecnica Centralizzata (G.T.C.) serve i forni della Penetrazione Nord di Trieste. Le due gallerie sono controllate dai PLC ubicati nelle centrali CV1, CV2, CV3 CV4 e nelle cabine elettriche dalla galleria intervalliva e di quella autostradale.

La configurazione della G.T.C., proposta in questo progetto preliminare, concerne un sistema di informatizzazione che utilizza, per l'acquisizione di tutti i dati e per la loro elaborazione, il PLC principale della Centrale CV3 ed una serie di PLC secondari posizionati ognuno nelle centrali CV1, CV2, e CV4, nelle cabine dislocate lungo i forni, mentre nei canali sottostanti la carreggiata della galleria intervalliva od in nicchie lungo la galleria autostradale sono ubicate i micro PLC per la gestione delle serrande disposte sul canale AV. (V. Tav. I1037-I1038) .

I PLC secondari sono connessi da un cavo in fibra ottica multifibre, che li collega al PLC principale della centrale CV3, con funzione di coordinamento degli stessi.

I PLC secondari eseguono le funzioni di acquisizione dati, ognuno per la porzione di impianto di loro competenza, descritte al punto “Acquisizione dei dati ambientali ed elettrici”.

I dati acquisiti vengono passati dai PLC secondari al PLC principale; quest’ultimo attua le elaborazioni descritte al punto 18.1.2 “Elaborazione dei dati in base ai parametri di funzionamento”.

I dati elaborati sono funzionali anche alla generazione dei programmi di funzionamento/attuazione dei PLC secondari, che vengono ad essi trasferiti dal PLC principale per la loro esecuzione, come descritto al punto 18.1.3 “Attuazione e comando di dispositivi ed utenze”.

I PLC secondari delle cabine sono inoltre connessi ad una rete di micro PLC, dislocati lungo i fornici delle due gallerie all’interno di appositi quadri. Tali micro PLC hanno il compito di controllare l’azionamento delle serrande di estrazione fumo da incendio poste sul controsoffitto. La zona interessata è individuata tramite il sistema automatico di rivelazione incendio. A questo punto il sistema di controllo si predispose automaticamente per la apertura delle serrande poste in prossimità del luogo oggetto dell’evento, e per la chiusura di tutte le altre, ma il comando arriverà solo dopo la verifica da parte dell’operatore tramite sistema TVcc.

Il collegamento fra i PLC dei fornici delle due gallerie avviene tramite un cavo in fibra ottica. Tutti i collegamenti in fibra ottica del sistema, sia essa multimodale o monomodale, realizzano reti dati ridondanti, creando anelli di comunicazione ad elevata disponibilità, in grado di garantire la piena funzionalità del sistema di comunicazione, in presenza di almeno una coppia di fibre ottiche funzionanti.

Presso il posto di controllo centralizzato CV3 sono previste 2 postazioni del sistema di supervisione, una di riserva all’altra e funzionalmente equivalenti fra loro.

In questo modo è possibile commutare il funzionamento di ogni postazione sull’altra, con la sola digitazione di una password di abilitazione, ottenendo automaticamente la ridondanza del sistema e la completa operatività, anche al cadere di una delle postazioni operatore.

Le Tavv. I1037-I1038 illustrano lo schema del sistema previsto in questa soluzione.

Vengono nel seguito descritte le caratteristiche e le prestazioni del sistema relative a questa soluzione del presente progetto di massima. Il sistema di supervisione previsto ha le seguenti caratteristiche:

1. espandibilità,
2. apertura,
3. interattività.

Il sistema è espandibile relativamente alle funzioni implementate sulle singole postazioni e relativamente al numero delle postazioni fra loro connesse.

Il programma di supervisione consente infatti di essere modificato ed ampliato, senza perdita alcuna del lavoro eseguito in precedenza, in modo immediato e guidato, tramite elementi di sviluppo di tipo visuale (grafico ed interattivo).

E' prevista una biblioteca di algoritmi presenti nei diversi moduli del programma a disposizione dell'utente/programmatore, in modo da semplificare e velocizzare il lavoro.

La soluzione di problemi specifici è possibile tramite l'implementazione di nuove raccolte di algoritmi, dedicate e personalizzate.

L'architettura del sistema di supervisione previsto, grazie alla grande flessibilità, consente di soddisfare molte esigenze, tenendo presente che:

- . ogni stazione di supervisione entro la centrale CV3 può concentrare più sottosistemi a livello Master e Slave;
- . ogni stazione di supervisione può comunicare con ogni altra, avendo quindi accesso ai sottosistemi sia propri, sia dell'altra stazione;
- . ogni stazione di supervisione può essere dotata di una seconda stazione in stand-by, creando così un sistema ridondante in backup caldo; in caso cioè di avaria della stazione principale, quella secondaria o di riserva interviene, assicurando la continuità operativa e la piena disponibilità di tutte le funzioni.

- . ogni stazione di supervisione può essere dotata di terminali per l'ampliamento del numero di stazioni del sistema globale;
- . ogni stazione di supervisione ha la facoltà di collegarsi, tramite linee telefoniche o telematiche, a stazioni di supervisione remote, consentendo il colloquio con le stesse e con i sottosistemi remoti.
- . analogamente al punto precedente, ogni stazione può essere assistita tramite servizio di teleservice, fatto da un gestore, riducendo drasticamente i tempi di intervento in caso di anomalia leggera.

Le connessioni fra il sistema di supervisione ed i sottosistemi od altri equipaggiamenti di campo possono essere seriali, a sviluppo locale, in rete.

In virtù di mezzi di sviluppo standard per i programmi di comunicazione, con interfacciamento con programmi diversi, si ha con questo sistema la possibilità di creare facilmente nuovi programmi, di cui dovesse presentarsi l'esigenza.

Inoltre il sistema previsto si raccorda e si integra con svariati sistemi data-base, foglio elettronico, od altri applicativi speciali esistenti per svariate possibilità di utilizzo. Vengono supportati innumerevoli formati di dati, fra cui per esempio dBase ed Oracle per gestione di archivi; è disponibile un insieme di librerie (API, Application Programm Interface) per una efficace integrazione di programmi personalizzati; inoltre esiste il supporto delle connessioni bidirezionali DDE (Dynamic Data Exchange) per favorire l'interscambio con programmi applicativi compatibili DDE. Il sistema dispone infine di un'interfaccia dipendente da evento, per la lettura/scrittura dei dati da e per tabelle di data base.

A livello di comunicazione, viene garantita la compatibilità con protocolli di rete più affermati, quali NetBIOS, IPX/SPX e TCP/IP.

L'utilizzo di sistema operativo multitasking a 32 bit (OS2-Warp, Windows NT o Windows 98 e 2000) consente la gestione in tempo reale delle diverse funzioni, ottimizzando le risorse hardware.

Il controllo al P.C.C. avviene tramite un'interfaccia grafica ad alta risoluzione, che consente una panoramica globale degli impianti su un'unica videata, per concentrare poi le videate, attraverso la funzione di zoom continuo su molteplici livelli, su aree delimitate, che fanno meglio risaltare elementi di piccole dimensioni.

Ogni rappresentazione è costituita da immissione fino a 64 layer (strati), ognuno dei quali è destinato a proporre raggruppamenti omogenei di informazioni specifiche.

Gli operatori sono in grado di richiamare le informazioni appartenenti agli strati di loro competenza od interesse, in ogni combinazione, nell'ambito delle loro necessità contingenti e del livello di autorizzazione (password) loro conferito.

E' possibile la rappresentazione grafica dei comportamenti del sistema, nonché degli andamenti operativi in funzione del trascorrere del tempo.

Tramite visualizzazione a finestre, possono essere visualizzati istogrammi in tempo reale e storici; inoltre, per un'analisi più approfondita delle correlazioni fra i diversi fenomeni rappresentati, è possibile configurare diagrammi X-Y che ospitano l'andamento fino a 16 grandezze fisiche fra loro interdipendenti. Il dettaglio delle informazioni è possibile tramite

funzioni di zoom e di scorrimento lungo gli assi cartesiani, mentre ulteriori indagini sono realizzabili mediante funzioni di tipo statistico operanti sul database dei valori archiviati.

Un apposito generatore di elaborati (report) personalizzati, consente di documentare su supporto cartaceo l'andamento delle variabili e degli eventi del sistema.

18.3. Apparecchiature costituenti l'impianto

La tipologia di apparecchi individuati è la seguente :

18.3.1. Controllore Principale

Controllore (PLC) programmabile disposto nella centrale CV3, equipaggiato con unità centrale di elaborazione di grande potenza, con idonei tempi di elaborazione per istruzione binaria, equipaggiata con un numero adeguato di kbyte di memoria di lavoro ed interfaccia con processore di comunicazione integrato per la comunicazione con le periferie decentrate, in questo caso costituite dai Controllori (PLC) secondari.

Il controllore dispone di orologio hardware per la determinazione di data ed ora nell'elaborazione degli allarmi in campo.

L'unità centrale prevista è in grado di gestire schede a canali digitali di ingresso/uscita e a canali analogici di ingresso/uscita; essa è in grado inoltre di coordinare diversi processori di comunicazione, quali processore di comunicazione seriale, processore di comunicazione ottico, processore di comunicazione su rete locale Industrial Ethernet con protocollo TCP/IP.

Il controllore Principale è inoltre corredato con n. 2 transceiver elettrico/ottici ad alta potenza, per reti in fibra ottica ridondanti (a 4 canali), lunghezza d'onda di 1300 nm.

Il controllore viene montato e cablato in armadio metallico per l'attestazione dei collegamenti su morsettiere dedicate di interfaccia.

18.3.2. Controllori Secondari

Controllore programmabile equipaggiato con unità centrale di elaborazione di grande potenza, con idonei tempi di elaborazione per istruzione binaria equipaggiata con numero adeguato di kbyte di memoria di lavoro ed interfaccia con processore di comunicazione integrato per la comunicazione con il controllore principale.

Ogni controllore dispone di orologio hardware per la determinazione di data ed ora nell'elaborazione degli allarmi in campo.

L'unità centrale prevista è in grado di gestire schede a canali digitali di ingresso/uscita e canali analogici di ingresso/uscita; essa può coordinare processori di comunicazione come sopra indicato per il processore principale.

I controllori secondari sono disposti sulle centrali CV1, CV2 e CV4 e nelle cabine elettriche disposte fra i fornicelli delle due gallerie.

Il controllore secondario deve disporre di una quantità di schede in input/output digitali ed analogiche in grado di gestire tutti i segnali in campo, che si prevedono di controllare in ricezione ed in attuazione.

Ogni controllore secondario è collegato ad 1 trasceivere elettrico/ottico ad alta potenza, per reti in fibra ottica ridondanti (a 4 canali), lunghezza d'onda di 1300nm.

Ogni controllore è montato e cablato in armadio metallico, per l'attestazione dei cavi di campo su morsettiere dedicate di interfaccia.

18.3.3. Sistema di supervisione

La configurazione proposta per il sistema di supervisione prevede n. 2 postazioni di supervisione, ubicate in centrale CV3, ognuna dedicata ad uno dei due impianti, ma con la possibilità di commutare il funzionamento sulla gestione di un altro impianto o sulla gestione globale del sistema, per garantire la massima affidabilità e disponibilità del sistema globale.

18.3.4. Apparecchiature locali di comando e controllo

Sono costituite dai PLC (o PC industriali) posizionati nelle centrali CV1, CV2 e CV4 e nelle cabine elettriche lungo la galleria; essi sono direttamente collegati agli impianti da gestire.

Il collegamento delle apparecchiature agli impianti è' realizzato mediante:

- Segnali digitali in ingresso ed in uscita
- Segnali analogici in ingresso
- Collegamento mediante linea seriale per lo scambio di informazioni e comandi,

secondo quanto già descritto in modo più dettagliato nei paragrafi precedenti.

Le apparecchiature sono collegate tra di loro e con il sistema di supervisione su rete locale.

Il software di comando e controllo e' residente sulle apparecchiature locali.

18.3.5. Sistema di comunicazione

E' rappresentato dall'insieme di dispositivi elettrici attivi e passivi, che realizzano la rete locale, sulla quale vengono interconnessi tutte le apparecchiature locali ed il sistema di supervisione.

Il supporto fisico è costituito da fibra ottica.

La scelta dello standard e dei protocolli per la rete locale deve essere operata in relazione alle apparecchiature che si vogliono interconnettere.

In questa soluzione viene adottata una rete locale a standard Ethernet. Essa infatti assicura la più ampia possibilità di collegamenti ed un elevato rendimento.

In questo caso anche il collegamento delle singole apparecchiature e del sistema di supervisione alla rete locale viene realizzato con interfacce Ethernet senza convertitori (ad esempio terminal server, etc.).

18.4. Modalità di funzionamento del sistema di telecontrollo

Il sistema è predisposto per lavorare con 3 diversi regimi:

- Manuale locale
- Manuale remoto
- Automatico

Il sistema può operare ad ogni istante secondo uno solo dei tre regimi, con le modalità sul seguito definite :

Regime Manuale locale

In regime manuale locale il sistema analizza solamente le informazioni provenienti dalla pulsantiera locale del quadro elettrico, oppure dal terminale locale collegato alla apparecchiatura.

L'impianto è quindi pilotato così come richiesto manualmente dall'operatore sul posto, in cabina elettrica od in centrale.

Regime Manuale remoto

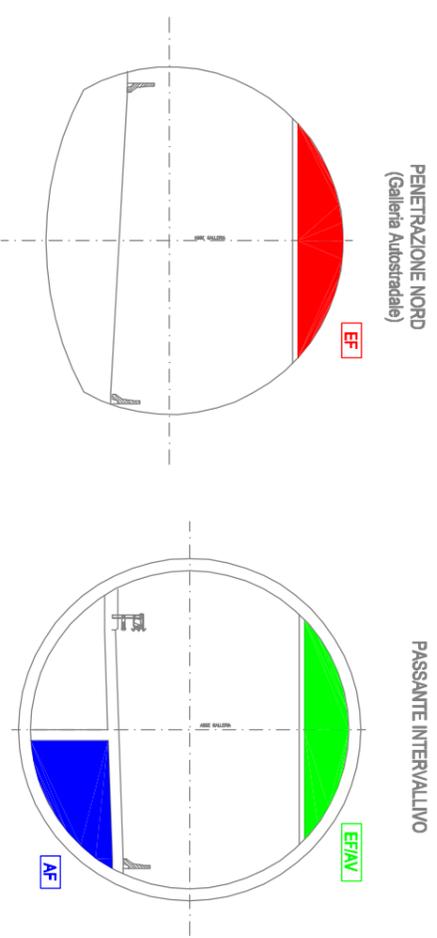
In regime manuale remoto il sistema acquisisce sia le informazioni provenienti dal sistema di supervisione sia le situazioni di allarme riconosciute come attive, con priorità per queste ultime.

L'impianto è sempre pilotato in funzione dell'ultima variazione di situazione ricevuta.

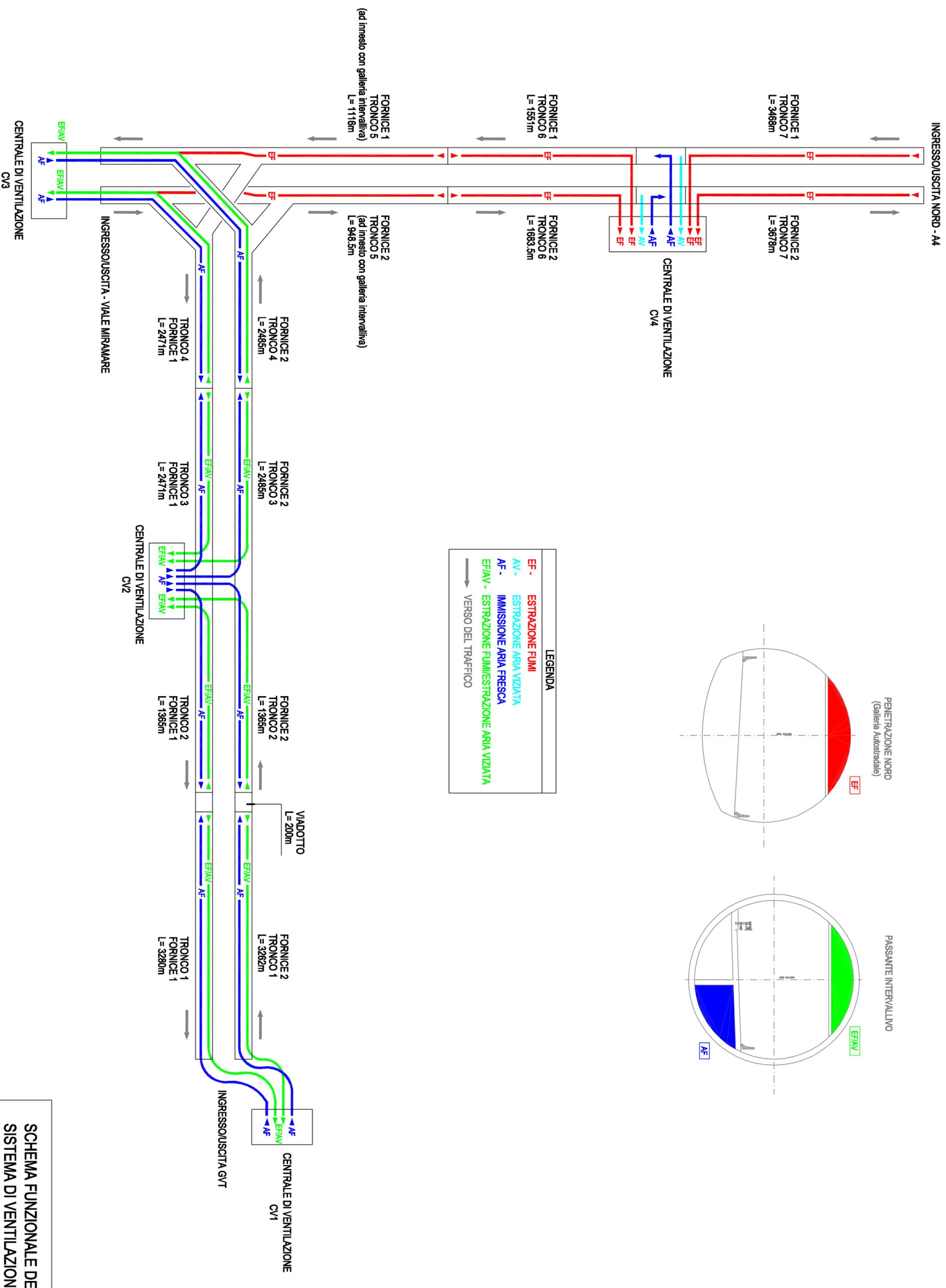
L'impianto reagisce quindi a fronte di una situazione di allarme in modo automatico e modifica la condizione di lavoro dell'impianto, inviando un comando da parte dell'operatore.

Regime Automatico

In regime automatico il sistema analizza le informazioni provenienti dai sensori e dai sistemi di allarme ed attua in automatico le funzioni programmate nel software.



LEGENDA	
EF -	ESTRAZIONE FUMI
AV -	ESTRAZIONE ARIA VIZIATA
AF -	IMMISSIONE ARIA FRESCA
EF/AV -	ESTRAZIONE FUMI/ESTRAZIONE ARIA VIZIATA
→	VERSO DEL TRAFFICO



SCHEMA FUNZIONALE DEL SISTEMA DI VENTILAZIONE