

ASSE VIARIO MARCHE – UMBRIA E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA MAXI LOTTO 2

LAVORI DI COMPLETAMENTO DELLA DIRETTRICE PERUGIA ANCONA:
SS. 318 DI “VALFABBRICA”. TRATTO PIANELLO – VALFABBRICA
SS. 76 “VAL D’ESINO”. TRATTI FOSSATO VICO – CANCELLI E ALBACINA – SERRA SAN QUIRICO
“PEDEMONTANA DELLE MARCHE”, TRATTO FABRIANO – MUCCIA – SFERCIA

PROGETTO ESECUTIVO

CONTRAENTE GENERALE:	<i>Il responsabile del Contraente Generale:</i>	<i>Il responsabile Integrazioni delle Prestazioni Specialistiche:</i>
	Ing. Federico Montanari	Ing. Salvatore Lieto

PROGETTAZIONE: Associazione Temporanea di Imprese			
<i>Mandataria:</i>	<i>Mandanti:</i>		
			

RESPONSABILE DELLA PROGETTAZIONE PER I ATI Ing. Antonio Grimaldi GEOLOGO Dott. Geol. Fabrizio Pontoni COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE Ing. Michele Curiale			
---	---	--	---

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO		
Ing. Iginio Farotti		

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE 3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud 4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia IMPIANTI TECNOLOGICI Tipologici Relazione tecnica impianti	SCALA: - DATA: Gennaio 2021
--	--

Codice Unico di Progetto (CUP) F12C03000050021 (Assegnato CIPE 23-12-2015)

Codice Elaborato:	Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. prog.	Rev.
	L 0 7 0 3	2 1 3	E	2 1	IM 0 0 0 0 0	REL	0 1	D

REV.	DATA	DESCRIZIONE	Redatto		Controllato	Approvato
B	Settembre 2020	Emissione per istruttoria ANAS	PROGIN	M. De Iorio	S.Lieto	A. Grimaldi
C	Ottobre 2020	Emissione per istruttoria RINA	PROGIN	M. De Iorio	S.Lieto	A. Grimaldi
D	Gennaio 2021	Emissione per istruttoria RINA	PROGIN	M. De Iorio	S.Lieto	A. Grimaldi

I N D I C E

1. INTRODUZIONE.....	5
1.1. OGGETTO	5
1.2. SCOPO.....	5
1.3. ESIGENZE ED OBIETTIVI.....	6
2. DATI DI BASE	7
2.1. RIFERIMENTI NORMATIVI	7
2.2. GEOMETRIA	8
3. IMPIANTO DI ALIMENTAZIONE ELETTRICA	9
3.1. CABINE ELETTRICHE	9
3.2. RETI DI ALIMENTAZIONE	9
3.3. DISTRIBUZIONE DELL'ENERGIA	10
3.3.1. Connessione alla rete Enel	10
3.3.2. Media Tensione.....	10
3.3.3. Trasformazione.....	10
3.3.4. Bassa Tensione.....	11
3.3.5. Gruppi elettrogeni.....	11
3.3.6. Gruppi di continuità UPS.....	12
3.3.7. Cavi elettrici e canalizzazioni.....	12
3.3.8. Impianto di terra	12
3.3.9. Rifasamento	12
3.4. IMPIANTI NEI LOCALI TECNICI.....	13
3.4.1. Impianto luce e forza motrice.....	13
3.4.2. Riscaldamento e ventilazione.....	13
3.4.3. Sistema di rilevazione incendi.....	14
3.4.4. Impianti interni al locale gruppo di pompaggio antincendio	14
3.4.5. Impianto di terra e di equipotenzialità	14
3.4.6. Impianto antintrusione	15
4. ILLUMINAZIONE DEGLI SVINCOLI	16
4.1. PRINCIPI GENERALI DELLA VISIONE NELL'ILLUMINAZIONE STRADALE	16
4.2. RIFERIMENTI NORMATIVI.....	16
4.3. REQUISITI ILLUMINOTECNICI DELL'IMPIANTO	16
4.3.1. Generalità.....	16
4.3.2. Procedura per l'individuazione della categoria illuminotecnica.....	17
4.3.3. Classificazione della strada e categoria illuminotecnica di riferimento	17
4.3.4. Categoria illuminotecnica di esercizio	17
4.3.5. Requisiti illuminotecnici richiesti	17
4.3.6. Limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso	18
4.4. CALCOLO ILLUMINOTECNICO.....	18
4.5. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE.....	18
4.5.1. Sorgenti di alimentazione.....	18
4.5.2. Quadro elettrico di protezione e comando dell'illuminazione.....	19
4.5.3. Impianto di illuminazione stradale	19
4.6. DORSALI DI ALIMENTAZIONE.....	20

4.6.1.	Generalità.....	20
4.6.2.	Tubazioni in polietilene	20
4.6.3.	Interramento in banchina o in terreni in genere.....	20
5.	ILLUMINAZIONE DELLE GALLERIE	21
5.1.	INTRODUZIONE	21
5.2.	CALCOLO ILLUMINOTECNICO.....	21
5.3.	CARATTERISTICHE DEGLI IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE.....	21
5.3.1.	Illuminazione ordinaria	21
5.3.2.	Illuminazione di riserva.....	22
5.3.3.	Alimentazione elettrica	22
5.3.4.	Regolazione	22
5.4.	SENSORE DI LUMINANZA DEBILITANTE	24
5.5.	ILLUMINAZIONE DI EVACUAZIONE	24
6.	IMPIANTO DI VENTILAZIONE.....	26
6.1.	INTRODUZIONE	26
6.2.	CALCOLO DI DIMENSIONAMENTO	26
6.3.	SISTEMA DI VENTILAZIONE	26
6.3.1.	Acceleratori	26
6.3.2.	Alimentazione elettrica	26
6.3.3.	Comando.....	26
6.4.	MISURATORI INQUINANTI, VELOCITÀ E DIREZIONE DELL'ARIA IN GALLERIA	27
7.	STAZIONI DI EMERGENZA (SOS).....	28
8.	EROGAZIONE IDRICA ANTINCENDIO.....	29
8.1.	INTRODUZIONE	29
8.2.	DESCRIZIONE IMPIANTO	29
8.3.	PROTEZIONE TERMICA.....	30
8.4.	CARATTERISTICHE FUNZIONALI DELL'IMPIANTO.....	31
8.4.1.	Principi di funzionamento	31
8.4.2.	Caratteristiche elettriche e di alimentazione del gruppo di pompaggio	32
8.4.3.	Misure e sensori	32
9.	IMPIANTO DI SEGNALETICA LUMINOSA	33
10.	SISTEMA DI RILEVAZIONE INCENDI IN GALLERIA.....	34
11.	IMPIANTO DI CONTROLLO, AUTOMAZIONE E SUPERVISIONE	35
11.1.	INTRODUZIONE	35
11.2.	FUNZIONALITÀ DEL SISTEMA	35
11.3.	ARCHITETTURA GENERALE DELLA SOLUZIONE INTEGRATA.....	36
11.4.	I LIVELLI DELL'ARCHITETTURA.....	37
11.4.1.	Livello di supervisione (gestione locale).....	37
11.4.2.	Livello Automazione.....	38
11.5.	LOGICHE DI INTERVENTO DEGLI IMPIANTI - SCENARI.....	38
11.5.1.	Definizioni.....	38
11.5.2.	Regolazione delle priorità.....	38
11.5.3.	Annunci, registrazione	38

11.5.4.	IUM Interfaccia UoMo macchina del sistema del gestione dell'impianto	39
11.5.5.	Ventilazione e rilevamento incendio	40
11.5.6.	Controllo traffico	40
11.5.7.	Allarme incendio	41
11.5.8.	Chiamata SOS	41
11.6.	ESEMPI DI INTERAZIONI TRA IMPIANTI	41
11.6.1.	Interazioni provocate dall'impianto di rilevamento incendio	41
11.6.2.	Interazioni provocate dall'impianto telefono di soccorso (SOS)	41
11.6.3.	Interazioni provocate dall'impianto MT/BT	42
11.6.4.	Interazioni provocate dall'impianto di ventilazione	43

12. ALLEGATO – CALCOLO DELLA VENTILAZIONE 44

12.1.	FUNZIONAMENTO NORMALE	44
12.1.1.	Dati e ipotesi di calcolo	44
12.1.2.	Determinazione della quantità d'aria	44
12.1.3.	Perdite di carico	46
12.1.3.1.	Resistenza della galleria	46
12.1.3.2.	Effetto pistone	47
12.1.3.3.	Effetto meteorologico	48
12.1.4.	Resistenza totale	48
12.1.5.	Risultati del calcolo	49
12.2.	FUNZIONAMENTO IN CASO D'INCENDIO	49
12.2.1.	Perdite di carico	50
12.2.1.1.	Resistenza della galleria	51
12.2.1.2.	Effetto meteorologico	51
12.2.2.	Resistenza totale	52
12.2.3.	Risultati del calcolo	53
12.3.	CONCLUSIONI	53

13. ALLEGATO – CALCOLO DELLA RETE IDRICA ANTINCENDIO 54

13.1.	EQUAZIONI UTILIZZATE PER IL CALCOLO	54
13.2.	CALCOLO DELLA RETE DI DISTRIBUZIONE DELLA GALLERIA MECCIANO	55
13.2.1.	Caratteristiche del fluido termovettore	55
13.2.2.	Calcolo perdite di carico del circuito	55
13.2.3.	Calcolo caduta di pressione per differenza di quota	56
13.2.4.	Perdita di carico sull'idrante più sfavorito	56
13.3.	CALCOLO DELLA RETE DI DISTRIBUZIONE DELLA GALLERIA S. BARBARA	56
13.3.1.	Calcolo perdite di carico del circuito	57
13.3.2.	Calcolo caduta di pressione per differenza di quota	57
13.3.3.	Perdita di carico sull'idrante più sfavorito	57

1. INTRODUZIONE

1.1. OGGETTO

La presente relazione illustra il progetto esecutivo dei lavori di realizzazione degli impianti elettromeccanici a servizio della "Pedemontana delle Marche", inserita nell'ambito del Maxilotto 2 dell'Asse viario Marche-Umbria e Quadilatero di penetrazione interna, con riferimento ai seguenti stralci funzionali:

- *3° stralcio funzionale*: compreso tra lo svincolo di Castelraimondo nord e lo svincolo di Castelraimondo Sud;
- *4° stralcio funzionale*: compreso tra lo svincolo di Castelraimondo sud e l'innesto con la S.S. 77 a Muccia.

Questo tratto stradale presenta le seguenti infrastrutture (le lunghezze delle gallerie comprendono gli imbocchi):

Svincoli	Gallerie - Lunghezza (m)
Svincolo di collegamento alla S.P n. 132 Varanese	"FEGGIANO 2" - 40 m
Rotatoria by-pass di Muccia	"S. ANNA" - 195 m
Svincolo di Castelraimondo Sud	"SEANO" - 35 m
Svincolo di Camerino Nord	"MECCIANO" - 810 m
Svincolo di Camerino Sud	"S. BARBARA" - 662 m

1.2. SCOPO

Il presente documento è composto da una prima parte descrittiva degli equipaggiamenti impiantistici previsti per le infrastrutture in oggetto, alla quale segue una seconda parte di allegati contenenti i calcoli di dimensionamento dei principali impianti (illuminazione degli svincoli, illuminazione delle gallerie, impianto di ventilazione, alimentazione elettrica).

Gli impianti considerati nel presente documento sono:

- Alimentazione elettrica di tutte le utenze;
- Illuminazione esterna degli svincoli;
- Impianto di illuminazione in tutte le gallerie;
- Impianto di illuminazione di riserva in tutte le gallerie naturali;
- Impianto di illuminazione di evacuazione nelle due gallerie di lunghezza superiore a 500;
- Impianto di ventilazione nelle due gallerie di lunghezza superiore a 500;
- Stazioni di emergenza (SOS) nelle due gallerie di lunghezza superiore a 500;
- Erogazione idrica antincendio nelle due gallerie di lunghezza superiore a 500;
- Segnaletica stradale luminosa nelle due gallerie di lunghezza superiore a 500;
- Sistema di rivelazione incendi nelle due gallerie di lunghezza superiore a 500;

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud****4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia**

Opera L0703	Tratto 2B	Settore E	CEE 21	WBS IM0000	Id.doc. REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 6 di 58
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------

- Sistema di telecontrollo, automazione e supervisione nelle gallerie naturali.

1.3. ESIGENZE ED OBIETTIVI

L'allestimento impiantistico delle gallerie della tratta stradale in oggetto è stato selezionato in base all'esigenza prioritaria di dotarle di sistemi che permettano di raggiungere uno standard di sicurezza soddisfacente; per questo motivo, il presente progetto prevede la realizzazione di opere finalizzate a:

- assicurare un'elevata affidabilità degli impianti, con impiego di apparecchiature elettriche ed elettroniche tecnologicamente all'avanguardia;
- standardizzare quanto più possibile la tipologia delle apparecchiature previste, al fine di ottimizzare l'esercizio e la manutenzione;
- garantire un corretto ricambio d'aria in galleria nelle diverse condizioni di traffico (fluido, congestionato e in caso d'incendio);
- indicare la possibilità di fuga agli utenti in caso di incendio in galleria;
- assicurare un importante livello di disponibilità della distribuzione di energia elettrica, garantendo il funzionamento degli impianti essenziali anche in caso di interruzione della rete di alimentazione pubblica;
- rendere sicure ed affidabili le comunicazioni tra gli utenti in panne, rifugiati nei luoghi sicuri temporanei e la Centrale di Supervisione di tratta;
- garantire un buon livello di comfort di guida agli utenti stradali;
- limitare, compatibilmente con i punti su richiamati, l'onere economico di primo impianto, di manutenzione e di esercizio.

2. DATI DI BASE

2.1. RIFERIMENTI NORMATIVI

Come riferimento per la progettazione, vengono considerate le seguenti norme e raccomandazioni specifiche per il dimensionamento degli impianti previsti:

- Circolare Ministero LL.PP. del 6 dicembre 1999, n° 7938 "Sicurezza della circolazione nelle gallerie stradali con particolare riferimento ai veicoli che trasportano materiali pericolosi";
- D.M. LL.PP. del 5 giugno 2001 "Sicurezza nelle gallerie stradali";
- Direttiva 2004/54/CE del Parlamento e del Consiglio del 29 aprile 2004 relativa ai requisiti minimi di sicurezza per le gallerie della rete stradale transeuropea";
- D.M. 14 settembre 2005 "Norme di illuminazione delle gallerie stradali";
- D.M. del 19 aprile 2006 " Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali";
- D. Lgs. 5 ottobre 2006, n. 264 "Attuazione della Direttiva 2004/54/CE in materia di sicurezza per le gallerie della rete stradale transeuropea";
- Linee guida per la progettazione della sicurezza nelle gallerie stradali secondo la normativa vigente, emesse dalla Direzione Centrale Progettazione dell'ANAS S.p.A. nell'ottobre 2009;
- D.M. 13 luglio 2011 "Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la installazione di motori a combustione interna accoppiati a macchina generatrice elettrica o ad altra macchina operatrice e di unità di cogenerazione a servizio di attività civili, industriali, agricole, artigianali, commerciali e di servizi";
- D.P.R. 1 agosto 2011, n° 151 " Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione degli incendi, a norma dell'articolo 49, comma 4-quater, del decreto-legge 31 maggio 2010, n. 78, convertito, con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n. 122" e s.m.i.;
- Circolare Ministero Interno del 29 gennaio 2013, n° 1 "Circolare esplicativa per l'attuazione da parte dei gestori delle gallerie stradali degli adempimenti amministrativi introdotti dal Nuovo Regolamento di semplificazione di Prevenzione Incendi, emanato con il D.P.R. 151/11";
- la Norma UNI 11095 "Illuminazione delle gallerie stradali";
- la Norma UNI 11248 "Illuminazione stradale, selezione delle categorie illuminotecniche";
- Norme UNI 10779 "Impianti di estinzione incendi - Reti idranti – progettazione, installazione ed esercizio";
- Norme UNI EN 12845 "Installazioni fisse antincendio - Sistemi automatici a sprinkler - Progettazione, installazione e manutenzione";
- Norma UNI EN 13201-2 "Illuminazione stradale - Parte 2: Requisiti prestazionali";
- Norme UNI EN 16276 "Illuminazione di evacuazione nelle gallerie stradali";
- Norme UNI EN 1838 "Applicazione dell'illuminotecnica - Illuminazione di emergenza".
- Norma CEI 0-16 "Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica";
- Norma CEI 0-21 "Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica";
- Norma CEI EN 50522 (CEI 99-3) "Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.";

- Norma CEI EN 61936-1 (CEI 99-2) "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a. Parte 1: Prescrizioni comuni";
- Norme CEI 64-8 "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1.000 V in corrente alternata e a 1.500 V in corrente continua";
- Norme CEI 64-20 "Impianti elettrici nelle gallerie stradali";
- Raccomandazioni PIARC 2012R05EN "ROAD TUNNELS: Vehicle emissions and air demand for ventilation";
- ulteriori Norme UNI, CEI ed UNEL in vigore per il dimensionamento della distribuzione di media e di bassa tensione e per gli impianti speciali.

2.2. GEOMETRIA

Il tracciato stradale prevede una piattaforma ad unica carreggiata, con una corsia per ogni senso di marcia; la velocità di progetto è pari a 100 km/h.

Le gallerie sono costituite da un fornace bidirezionale a due corsie. La sezione tipo delle gallerie è rappresentata nella Figura 1.

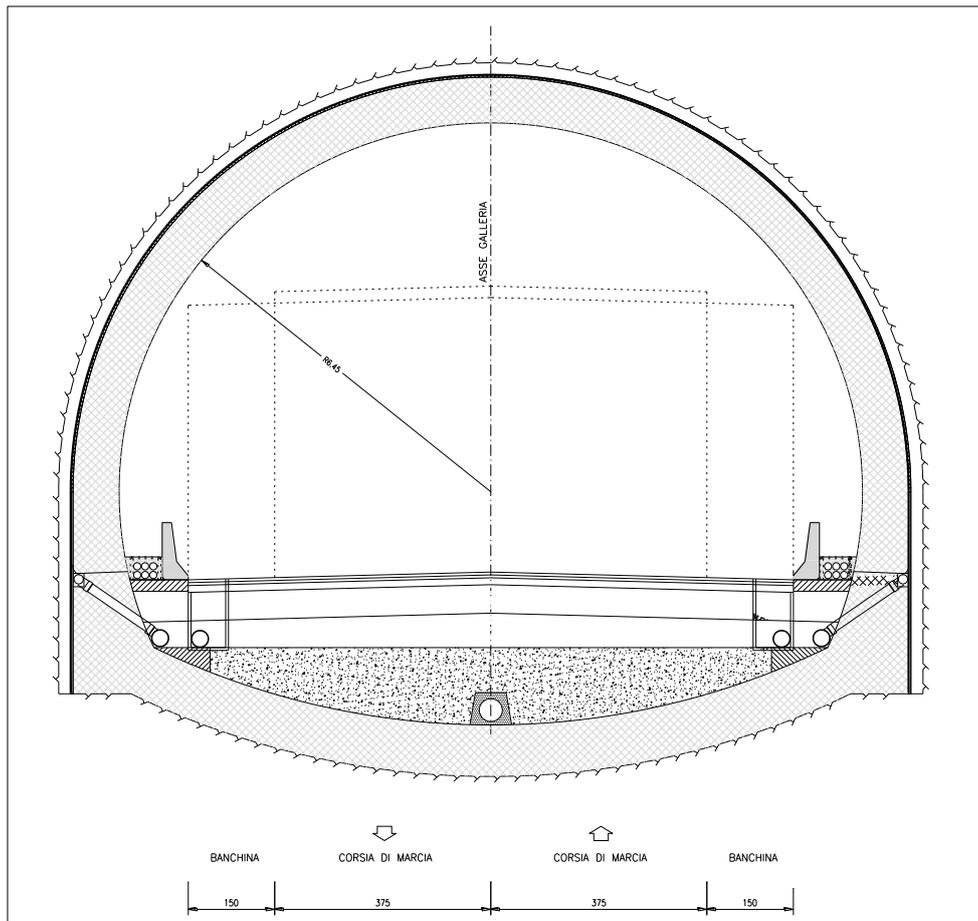


Figura 1. – Sezione tipo galleria

3. IMPIANTO DI ALIMENTAZIONE ELETTRICA

3.1. CABINE ELETTRICHE

L'alimentazione degli impianti delle gallerie naturali S. Anna, Mecciano e S. Barbara sarà gestita all'interno di locali tecnici costituiti da edifici prefabbricati.

Le gallerie Mecciano e S. Barbara, di lunghezza superiore a 500 m, sono alimentate tramite la rete pubblica di media tensione; le relative cabine elettriche MT/bt saranno costituiti da 6 locali separati destinati a: locale distributore (Enel), locale misure, locale quadri MT e trasformatori, locale quadri BT e gruppi statici di continuità (UPS), locale per il gruppo elettrogeno, locale apparecchiature per il telecontrollo.

La galleria S. Anna prevede un'alimentazione da rete pubblica in bassa tensione; il relativo edificio tecnico sarà articolato in tre locali: locale distributore (Enel), locale misure, locale quadri MT e trasformatori, locale quadri BT e gruppi statici di continuità (UPS).

Tutti questi fabbricati saranno equipaggiati con impianti luce e prese, rilevazione incendi, climatizzazione ed ogni accessorio prescritto dalle vigenti normative.

Gli impianti di illuminazione delle gallerie Feggiano II e Seano, nonché l'illuminazione degli svincoli saranno alimentati da una fornitura indipendente, per i quali saranno installati armadi stradali.

3.2. RETI DI ALIMENTAZIONE

Gli impianti saranno alimentati dalla rete pubblica, definita normale, che prevede:

- l'approvvigionamento dalla rete pubblica di distribuzione dalle rete in media o da quella in bassa tensione;
- l'eventuale trasformazione in bassa tensione;
- la distribuzione alle utenze.

La trasformazione in BT sarà effettuata con impiego di trasformatori aventi differenti tensioni al secondario in base al tipo di fornitura:

- 690V trifase per l'alimentazione degli impianti di ventilazione;
- 400V trifase con neutro per l'alimentazione di tutti gli altri impianti.

Per garantire la necessaria affidabilità dell'alimentazione degli impianti di sicurezza, nelle gallerie di lunghezza superiore a 500 m, ossia Mecciano e S. Barbara, sarà installato, nelle rispettive cabine elettriche, un gruppo elettrogeno; la rete elettrica ad essi sottesa sarà chiamata di emergenza.

Questa rete garantirà l'alimentazione dei seguenti impianti:

- l'impianto di ventilazione;
- il gruppo statico di continuità.

La rete sottesa ai gruppi di continuità assoluta (UPS), con autonomia di almeno 60 minuti, sarà denominata di sicurezza. Gli UPS sono previsti per l'alimentazione di sicurezza degli impianti delle gallerie S. Anna, Mecciano e S. Barbara.

Nel caso d'interruzione dell'energia sulla rete normale (anche per microinterruzioni), la rete di sicurezza garantirà l'alimentazione, dei seguenti impianti:

- l'illuminazione di riserva;
- l'illuminazione di evacuazione;
- la segnaletica luminosa;
- la semaforizzazione ed i pannelli a messaggio variabile;
- il sistemi di telecontrollo degli impianti;
- gli impianti di servizio nelle cabine elettriche.

3.3. DISTRIBUZIONE DELL'ENERGIA

3.3.1. Connessione alla rete Enel

Il punto di prelievo dell'energia avverrà in un apposito locale ricavato all'interno dei locali tecnici.

In caso di consegna in media tensione, il cavo di collegamento per la fornitura sarà attestato ai terminali dell'impianto di consegna collegato al rispettivo quadro elettrico di Media Tensione.

Nei casi di fornitura in Bassa Tensione, l'allacciamento sarà realizzato a partire dai morsetti del gruppo di misura; il limite di batteria, in questi casi, è individuato ai terminali del gruppo di misura.

3.3.2. Media Tensione

I quadri di media tensione saranno installati negli appositi locali delle cabine elettriche e saranno equipaggiati con le seguenti tipologie di celle:

- cella interruttore in SF6, per arrivo energia e protezione trasformatore;
- cella di misura, con analizzatore di rete per la misura dei valori di tensione, corrente, energia e fattore di potenza e per la rilevazione di presenza tensione di rete;
- cella di risalita cavi.

Le protezioni sul lato MT saranno affidate a relè a microprocessore che, coordinati con le protezioni elettroniche degli interruttori lato BT, garantiranno la protezione verticale del sistema.

3.3.3. Trasformazione

I trasformatori MT/BT saranno isolati in resina, con collegamento primario a Δ e secondario a Y; il centro-stella dei trasformatori sarà collegato francamente a terra per una distribuzione con sistema TN-S.

A valle di ciascun quadro MT è previsto un trasformatore avente tensione al secondario di:

- 690 V per l'alimentazione ai quadri BT di ventilazione;
- 400-230 V per l'alimentazione ai quadri BT di luce pubblica e servizi.

Un ulteriore trasformatore, tipo BT-BT, è previsto a valle del gruppo elettrogeno; infatti, parte della potenza erogata dal GE dovrà essere trasformata da 690V a 400 – 230V, per permettere l'alimentazione di emergenza, oltre che alle utenze a 690V (sottese direttamente al GE), anche a quelle a 400 – 230V.

I trasformatori saranno equipaggiati di sonde termometriche per il controllo della temperatura; un allarme di surriscaldamento provocherà l'apertura dell'interruttore di protezione a monte del trafo, segnalando l'anomalia al sistema di supervisione.

Opera L0703	Tratto 2B	Settore E	CEE 21	WBS IM0000	Id.doc. REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 11 di 58
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	--------------------------

3.3.4. Bassa Tensione

La distribuzione di bassa tensione sarà effettuata mediante quadri elettrici posti a valle dei trasformatori, o direttamente collegati alla consegna, se questa sia direttamente in bassa tensione, e destinati alla protezione delle linee dai contatti indiretti, dalle sovracorrenti, dovute a corto circuiti e sovraccarichi, e dalle sovratensioni.

Una ripartizione della distribuzione BT su più quadri elettrici permetterà una gestione razionale degli impianti.

In generale, la tipologia costruttiva dei quadri sarà forma 2B con accessibilità dal fronte del quadro, sul quale si troveranno le morsettiere e le manovre degli interruttori; l'ingresso e l'uscita cavi dai quadri BT sarà realizzata dal basso. Tutti i dispositivi di protezione ed i comandi saranno dotati di contatti ausiliari per la segnalazione dello stato e di eventuali anomalie al sistema di supervisione.

I quadri generali BT saranno suddivisi in sezioni diverse: rete normale, rete di emergenza (ove prevista) e rete di sicurezza (ove prevista).

Per quanto concerne i quadri di illuminazione, saranno dotati di dispositivi per la protezione di ogni singolo circuito luce e di sistemi di regolazione del flusso luminoso ad onde convogliate.

Nei locali tecnici saranno, inoltre, installati:

- un quadro rete sicurezza, alimentato dal gruppo di continuità UPS, destinato alla protezione delle utenze sottese a tale rete;
- un quadro servizi, per l'alimentazione delle utenze di cabina (illuminazione, prese, rilevazione incendi, condizionatori, ecc.).

Infine, il sistema di distribuzione BT prevede un quadro elettrico all'interno di ciascun armadio SOS in galleria; tali quadri sono destinati all'alimentazione delle dotazioni impiantistiche delle più vicine utenze poste nei fornicci (sensori rilevamento CO-OP-AN, ecc.).

3.3.5. Gruppi elettrogeni

I gruppi elettrogeni, destinati all'alimentazione della rete di emergenza, saranno installati all'interno delle cabine elettriche in appositi locali di ricovero, compartimentati REI120.

La commutazione tra rete e gruppo, collocata nel quadro generale di bassa tensione in cabina, sarà gestita da una logica con microprocessore, che darà al gruppo elettrogeno i comandi di avvio e di arresto.

Il quadro di bordo macchina avrà la funzione di:

- protezione linea di potenza in uscita;
- controllo dei servizi di diagnosi, allarmi e gestione gruppo;
- controllo e funzionalità del sistema di preriscaldamento acqua, olio e adduzione gasolio.

Il gasolio di alimentazione del motore diesel dei gruppi sarà stoccato in apposite cisterne interrato; le cisterne avranno una capacità sufficiente per contenere il carburante necessario a garantire almeno 24 ore di funzionamento in continuo del generatore.

3.3.6. Gruppi di continuità UPS

All'interno dei locali tecnici sono previsti gli UPS necessari a garantire una continuità di servizio alle utenze sottese alla rete di sicurezza.

Gli UPS saranno dotati di batterie sufficienti a garantire un'autonomia minima di 60 minuti.

Considerata l'entità dei carichi sottesi alla rete di sicurezza, la grandezza degli UPS sarà compresa nei valori tra 20 e 40 kVA.

3.3.7. Cavi elettrici e canalizzazioni

I cavi elettrici d'alimentazione e distribuzione dell'energia in bassa tensione ai diversi impianti avranno differenti caratteristiche di isolamento e di comportamento al fuoco, in base alle condizioni di posa e all'utilizzo.

Di principio, saranno impiegati i seguenti tipi di cavi elettrici:

- FG16(O)R16 (ex FG7(O)R) per posa in tubi interrati e nei cunicoli delle cabine elettriche;
- FG16(O)M16 (ex FG7(O)M1) per posa all'interno dei fornicci per circuiti non di sicurezza o emergenza;
- FTG18(O)M16 (ex FTG10(O)M1) per le dorsali d'alimentazione delle utenze di emergenza e sicurezza in galleria;
- FG16(O)M16 (ex FG7(O)M1) e FG17 (ex N07G9-K) per le derivazioni alle utenze in galleria;
- FG16OH2M16 (ex N1VC4VK) per la trasmissione di segnali.

Le vie cavi previste all'interno del presente progetto saranno le seguenti:

- tubi in PVC interrati all'esterno delle gallerie;
- tubi in PVC protetti in banchine nello spazio tra il new-jersey e la parete delle gallerie;
- passerelle in acciaio inox AISI 304 con coperchio esternamente ai fornicci;
- passerelle in acciaio inox AISI 304 asolate internamente ai fornicci;

3.3.8. Impianto di terra

Un impianto di terra unico è previsto per ogni galleria, al quale saranno collegate le masse dei sistemi di media e bassa tensione di tutti gli impianti utilizzatori, nonché le masse estranee.

In corrispondenza delle cabine e dei locali tecnici verranno realizzati gli impianti disperdenti, costituiti da una magliatura prevista sotto la fondazione e collegati tra loro da corde dorsali di terra poste lungo i fornicci delle gallerie ed interconnesse tra loro mediante collegamenti agli imbrocchi.

Le dorsali di terra saranno connesse ad appositi collettori previsti, oltre che nelle cabine, anche in corrispondenza degli armadi SOS.

3.3.9. Rifasamento

Il mantenimento del fattore di potenza $\cos\phi$ ad un valore superiore a 0,90 permetterà di eliminare gli oneri finanziari per le penali che l'Enel applica a causa dell'eccessivo consumo di energia reattiva.

Il rifasamento della distribuzione BT tiene conto delle caratteristiche di ogni singola

apparecchiatura che verrà collegata alla rete elettrica. In generale, la maggior parte degli utilizzatori previsti per i diversi impianti si possono ritenere in prima approssimazione già rifasati, ad eccezione dei motori dei ventilatori che presentano, di targa, un cosφ relativamente basso.

Per questo motivo, il progetto prevede l'installazione di quadri di rifasamento centralizzato nelle cabine elettriche, adeguatamente dimensionati e collegati in parallelo al sistema di ventilazione; questi quadri saranno di tipo automatico con inserzione a gradini e dotati di filtri contro le correnti armoniche. In particolare, nella galleria Mecciano si installerà una batteria di rifasamento automatica da 45 kVAr a cinque gradini, mentre nella galleria S. Barbara si installerà una batteria di rifasamento automatica da 30 kVAr a cinque gradini.

3.4. IMPIANTI NEI LOCALI TECNICI

3.4.1. Impianto luce e forza motrice

Gli impianti luce e forza motrice interni ai locali tecnici presenteranno grado di protezione almeno IP55; saranno installati in accordo con gli elaborati grafici di progetto; dovranno essere installati a vista mediante tubazioni in PVC con raccordi tubo-tubo e tubo-cassetta che non abbassino il grado di protezione e garantiscano la continuità metallica.

Le cassette di derivazione da esterno sono stagne; sono complete sul fondo di una guida per fissaggio di morsettiere e piastre a profilato.

Le linee elettriche sono in cavi tipo FG16(O)R16, con conduttori di protezione FS17.

L'impianto di F.M. sarà composto da prese del tipo da parete, adatte per il montaggio in batteria ed aventi un grado di protezione minimo IP 55 con spina inserita. Nel locale controllo della cabina, dove vengono installati tutti i PC con relativi monitor di gestione dei vari impianti (SOS, rilevazione incendi, ecc.), devono essere installate delle canaline attrezzate per consentire il collegamento in batteria delle varie apparecchiature.

3.4.2. Riscaldamento e ventilazione

Onde mantenere adeguate condizioni di temperatura dell'aria sia nel periodo estivo, in relazione ai valori di temperatura massima di funzionamento delle apparecchiature sarà installato un condizionatore nel locale supervisione. Considerando la volumetria dell'ambiente, è necessario installare un impianto che garantisca una resa termica e frigorifera tale da mantenere una temperatura interna che garantisca confort termico agli operatori ed il regolare funzionamento dei dispositivi installati nell'ambiente. Il sistema sarà di tipo mono-split installato a parete con unità esterna a pompa di calore reversibile, in grado di coprire il carico termico sia in condizioni estive che invernali: la potenza termica sarà 2.5 kW e la potenza frigorifera 2.2 kW.

Saranno, inoltre, previsti, nel locale MT/bt di ciascuna cabina, n.2 torrioni di estrazione per il ricambio dell'aria all'interno del locale stesso. L'estrazione è necessaria e calcolata secondo le norme CEI 99-4: l'allegato J di suddetta norma indica la relazione per il calcolo della portata d'aria per la ventilazione forzata del locale cabina:

$$Q_v \text{ [m}^3\text{/h]} = 317 \times P \text{ [kW]}$$

La potenza totale delle perdite da dissipare è calcolata nell'ipotesi cautelativa che il salto termico sia 10°C (45°C all'interno e 35°C all'esterno) e sono derivabili dalla potenza totale installata:

$P_{tot} = 660 \text{ kVA}$ $\cos \varphi = 0.9$ $\eta = 99\%$

Le perdite vengono considerate maggiorate del 15% come misura cautelativa, pertanto la portata d'aria che dovrà essere espulsa dal torrino di estrazione è:

$$Q_v = 317 \times 6.38 \text{ kW} = 2165 \text{ m}^3/\text{h}$$

Il torrino d'estrazione sarà installato nel locale MT/BT e nel locale BT e ciascuno elaborerà una portata d'aria di $2200 \text{ m}^3/\text{h}$.

Nella cabina, entro il locale di consegna dell'ente distributore, sarà realizzata una griglia di presa aria esterna e griglia di aerazione disposta sopra la porta di accesso per l'aerazione del locale stesso.

3.4.3. Sistema di rilevazione incendi

L'impianto di rivelazione incendi in cabina sarà costituito da rivelatori di fumo, posizionati a soffitto, con riporto dei segnali alla centralina di rivelazione locale; i rivelatori saranno conformi alle norme UNIEN54.

I rivelatori sono completi di zoccolo, led di segnalazione e trasduttore elettronico per l'identificazione e gestione del singolo rivelatore. Essi effettuano l'emissione di allarme su due livelli, con possibilità di selezione dalla centrale di rilevazione; inoltre, emetteranno un segnale di richiesta di intervento di manutenzione in caso di sporcamento eccessivo all'interno della camera.

All'interno dei locali saranno installati pulsanti manuali di allarme incendio ed avvisatori ottici acustici con lampade di segnalazione e sirena di allarme.

La centralina di rivelazione sarà dotata di allarme ottico ed acustico e tasti funzione con reset; disporrà di un alimentatore, con tensione a 230 V in ingresso, alimentato a monte dalla rete sicurezza, e con tensione di lavoro a 24Vcc, nonché di batteria tampone.

L'alimentazione dispone di un modulo per circuito supplementare di allarme; esso deve essere collegato al PLC di cabina per una eventuale remotizzazione.

Per l'esecuzione degli impianti saranno rispettate le prescrizioni della Norma UNI 9795.

3.4.4. Impianti interni al locale gruppo di pompaggio antincendio

Nei locali di pompaggio antincendio, si prevede l'impianto di illuminazione, gruppo prese di servizio, ventilatore assiale installato a parete, sistema di condizionamento monosplit a pompa di calore, relativo quadro elettrico per tali servizi e quadro elettrico per i gruppi di pompaggio in funzionamento ordinario; tutte le apparecchiature saranno di tipo stagno con grado di protezione IP65.

3.4.5. Impianto di terra e di equipotenzialità

A servizio delle nuove cabine è previsto un impianto di terra costituito da un dispersore lineare, possibilmente ad anello, posato, in scavo predisposto, lungo il perimetro dei manufatti e realizzato in corda di rame nuda; sarà integrato con picchetti verticali in acciaio ramato.

L'impianto di dispersione a terra sarà collegato ad un collettore di terra realizzato in piatto di rame da 600x100x10mm ubicato nel locale BT.

Al collettore faranno capo:

- i conduttori di terra;
- le barre di terra dei quadri di cabina;
- il centro stella e le carcasse dei trasformatori;
- il centro stella e le carcasse dei gruppi elettrogeni;
- il centro stella e le carcasse dei gruppi statici di continuità;
- schermi dei cavi MT e di segnale;
- i conduttori di protezione;
- i conduttori primari di equipotenzialità.

Nel locale MT-BT sarà, inoltre, prevista la posa a parete di una bandella in rame per il collegamento delle masse e masse estranee presenti nel locale.

All'interno della galleria, le dorsali principali di terra (conduttori di protezione comune ai vari circuiti) saranno realizzate in cavo FG17, di opportuna sezione, infilato nei cavidotti collocati lungo i marciapiedi o lungo le passerelle staffate in volta; da esse, saranno derivati i collegamenti terminali di terra delle apparecchiature in campo che non sono realizzate in classe II (quali i ventilatori, gli armadi SOS, le centraline CO/OP, gli anemometri, ecc.).

Si precisa, infine, che, poiché l'impianto di terra, realizzato come sopra descritto, non risulta inserito all'interno di un impianto di terra globale, saranno necessarie, al termine dei lavori ed in conformità alla Norma CEI applicabili, le misure della resistenza di terra e/o delle tensioni di passo e contatto.

3.4.6. Impianto antintrusione

I fabbricati dei locali tecnici a servizio delle gallerie Mecciano e S.Barbara saranno dotati di impianto antintrusione. L'impianto sarà costituito da sensori di movimento installati in ciascuno degli ambienti del fabbricato e collegati ad un sistema di controllo installato nel rack del locale supervisione.

Il sistema è inoltre collegato ad una sirena di allarme installata all'esterno del fabbricato equipaggiata con lampeggiante e dotata di batterie che garantiscono alimentazione di emergenza alla sirena.

4. ILLUMINAZIONE DEGLI SVINCOLI

4.1. PRINCIPI GENERALI DELLA VISIONE NELL'ILLUMINAZIONE STRADALE

L'illuminazione stradale deve permettere agli automobilisti di circolare di notte con la massima sicurezza ed il comfort più elevato possibile; l'obiettivo è quello di percepire distintamente, localizzandolo con certezza ed in tempo utile, i punti singolari della strada e gli ostacoli eventuali, per quanto possibile, senza l'aiuto dei fanali dell'autoveicolo.

La percezione sicura e rapida è possibile grazie al contrasto degli oggetti sul fondo; questo fondo è esteso alla totalità del campo visivo del conducente, che comprende, in ordine di importanza decrescente:

- la carreggiata ed i suoi bordi;
- le piazzole di sosta;
- il cielo, ivi compresi i punti luminosi formati dalla superficie visibile dei corpi illuminanti e delle lampade.

Più frequentemente, la percezione degli ostacoli si ottiene con l'effetto silhouette: l'ostacolo si distacca come ombra scura su fondo chiaro costituito dal rivestimento chiaro; poiché non si conosce a priori la natura dell'ostacolo, è auspicabile prendere tutti i provvedimenti utili affinché il contrasto sia sufficiente. La possibilità di percepire questo contrasto è influenzata da:

- il livello medio della luminanza del manto stradale;
- l'uniformità di detta luminanza;
- l'illuminazione dei bordi e dei dintorni della strada;
- la limitazione dell'abbagliamento causato dall'installazione.

Il livello di illuminamento è un'indicazione della quantità di luce ricevuta dalla carreggiata; si tratta di un'informazione utile, ma senza importanza pratica per l'apprezzamento della qualità visuale dell'impianto di illuminazione. Ciò che conta è l'aspetto della carreggiata illuminata, percepita dall'utente della strada; questo aspetto dipende dalla quantità di luce riflessa verso il conducente dalle diverse parti della carreggiata, ossia dalla luminanza del suo rivestimento.

4.2. RIFERIMENTI NORMATIVI

Il progetto dell'illuminazione esterna, oltre alle norme richiamate in precedenza, si è basato anche sulle seguenti norme:

- Legge n.10 del 24/07/2002 della Regione Marche "Misure urgenti in materia di risparmio energetico e contenimento dell'inquinamento luminoso", oltre alle modifiche introdotte dalla L.R. del 20/01/2004 n.1;
- Legge n.20 del 28/02/2005 della Regione Umbria "Norme in materia di prevenzione dall'inquinamento luminoso e risparmio energetico".

4.3. REQUISITI ILLUMINOTECNICI DELL'IMPIANTO

4.3.1. Generalità

Le caratteristiche fotometriche di un impianto di illuminazione stradale sono definite mediante la categoria illuminotecnica; per pervenire alla definizione della categoria, occorre eseguire una valutazione del rischio.

4.3.2. Procedura per l'individuazione della categoria illuminotecnica

La categoria illuminotecnica dell'impianto si individua come segue:

- 1) definizione della categoria illuminotecnica di ingresso: noto il tipo di strada, mediante il prospetto 1 della Norma UNI 11248;
- 2) definizione della categoria illuminotecnica di progetto: nota la categoria illuminotecnica di ingresso, occorre valutare i parametri di influenza della suddetta Norma, per confermare o modificare la categoria illuminotecnica di ingresso;
- 3) definizione della categoria illuminotecnica di esercizio: in base all'analisi dei rischi ed agli aspetti relativi al contenimento dei consumi energetici, introdurre una o più categorie illuminotecniche di esercizio, specificando le condizioni dei parametri di influenza che rendono corretto il funzionamento dell'impianto secondo la data categoria.

L'adozione di impianti con caratteristiche variabili (variazione del flusso luminoso emesso), purché nel rispetto dei requisiti previsti dalla categoria illuminotecnica di esercizio corrispondente, rappresenta una soluzione per assicurare condizioni di risparmio energetico nell'esercizio e di contenimento del flusso luminoso emesso verso l'alto.

4.3.3. Classificazione della strada e categoria illuminotecnica di riferimento

In base alla norma, è stata definita una categoria illuminotecnica di riferimento relativa alle diverse strade di accesso agli svincoli, da cui ottenere la categoria relativa alle rampe degli svincoli.

Considerando sia la strada principale, sia le strade secondarie, la categoria di riferimento sarà M2, essendo l'asse principale non illuminato.

4.3.4. Categoria illuminotecnica di esercizio

In base all'analisi di rischio condotta nel precedente paragrafo, si può osservare che è possibile ridurre la categoria illuminotecnica al ridursi del traffico.

- con traffico inferiore al 50%, è possibile modificare la categoria illuminotecnica da quella di progetto C2 a quella di esercizio C3;
- con traffico inferiore al 25%, è possibile modificare la categoria illuminotecnica da quella di progetto C2 a quella di esercizio C4.

4.3.5. Requisiti illuminotecnici richiesti

I requisiti di quantità e qualità dell'illuminazione stradale sono indicati dalla Norma UNI EN 13201-2; essi sono espressi in termini di livello ed uniformità di luminanza/illuminamento del manto stradale, illuminazione dei bordi della carreggiata, limitazione dell'abbagliamento, uniformità.

Le prescrizioni ivi formulate sono quelle minime per manti asciutti; tuttavia, se l'impianto soddisfa tali condizioni, la sicurezza della circolazione risulta ragionevolmente soddisfacente anche in condizioni di pioggia.

Le prestazioni richieste per ciascuna categoria illuminotecnica di progetto e di esercizio sono riassunte nella seguente tabella:

Area di calcolo	Categoria illuminotecnica	Illuminamento	Uniformità generale
rampa di accesso	C2	20 lux	0,4

La categoria equivalente in luminanza per il calcolo di riferimento è riportata nella seguente tabella.

Area di calcolo	Categoria illuminotecnica	Luminanza	Uniformità longitudinale	Uniformità generale	Abbagliamento
Rampa di accesso	M2	1,5 cd/m ²	0,7	0,4	10 %

L'impianto di illuminazione deve soddisfare, inoltre, le esigenze di guida visiva, in larga misura determinata dalla disposizione dei centri luminosi, dalla loro successione geometrica, dalla loro intensità luminosa e dal colore della luce emessa; affinché tali esigenze siano soddisfatte, si eviterà ogni discontinuità dell'impianto che non sia la conseguenza di punti singolari, per i quali sarà necessario richiamare l'attenzione degli automobilisti.

Infine, nel calcolo si terrà conto di un fattore di manutenzione pari a 0,9, per tener conto del decadimento del flusso emesso dalle lampade e della sporcizia sull'armatura, che ne riduce le prestazioni.

Le pavimentazioni stradali impiegate in Italia rientrano normalmente in due classi, denominate C1 e C2; in mancanza della conoscenza dei parametri globali, un'indicazione di larga massima sulla ripartizione dei coefficienti di luminanza può essere ottenuta associando la classe C1 alle pavimentazioni in calcestruzzo e la classe C2 a quelle in asfalto. Nel nostro caso, avendo una pavimentazione in asfalto, si considererà un manto stradale di classe C2, caratterizzato da un coefficiente medio di luminanza Q_0 pari a 0,07.

4.3.6. Limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso

Il progetto, per ridurre il flusso disperso, prevede l'adozione di apparecchi di illuminazione con emissione massima a 90° non superiore a 0 cd/klm, in accordo con le prescrizioni della Legge Regionale prima richiamate.

4.4. CALCOLO ILLUMINOTECNICO

Il calcolo illuminotecnico di dimensionamento degli impianti di illuminazione degli svincoli è sviluppato applicando la Norma UNI 11248; i dati di riferimento e i risultati del calcolo sono riportati nell'apposita relazione di calcolo.

4.5. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

4.5.1. Sorgenti di alimentazione

L'impianto di illuminazione sarà alimentato da un punto di consegna dell'energia in bassa tensione nei pressi dello svincolo.

In questo caso, il sistema di distribuzione sarà del tipo TT e le caratteristiche dell'energia nel punto di consegna saranno le seguenti:

- | | |
|---------------------------------------|----------------------|
| 1) tensione di alimentazione nominale | 400/230 V \pm 10%; |
| 2) frequenza nominale | 50 \pm 1 Hz; |
| 3) massima corrente di corto circuito | 10 kA. |

4.5.2. Quadro elettrico di protezione e comando dell'illuminazione

Dalla sorgente di alimentazione sarà prelevata l'energia che alimenterà tutti gli impianti di illuminazione, tramite un collegamento in cavo che perverrà al quadro di illuminazione che proteggerà e comanderà l'impianto.

Nel quadro illuminazione saranno inseriti gli interruttori automatici magnetotermici quadripolari di protezione e comando delle linee di illuminazione, dai quali trarranno origine le linee di alimentazione previste.

L'accensione e lo spegnimento dei circuiti di illuminazione verrà comandata da un sensore crepuscolare e da un orologio ed attuata mediante contattore.

Tutti i componenti dell'impianto di illuminazione dovranno essere messi in opera utilizzando materiale e tecniche idonei per l'installazione in un ambiente avente le seguenti caratteristiche:

- | | |
|----------------------------------|----------------------|
| a) temperatura interna | tra -10 e 40 °C; |
| b) temperatura esterna | tra -20 e 60 °C; |
| c) umidità relativa interna | inferiore a 80%; |
| d) grado di protezione | IP65; |
| e) ambiente secondo le norme CEI | normale; |
| f) altezza sul livello del mare | inferiore a 1.000 m. |

4.5.3. Impianto di illuminazione stradale

L'alimentazione degli apparecchi di illuminazione verrà effettuata mediante più circuiti derivanti dai quadri di zona, posizionati nei pressi degli svincoli; l'alimentazione di ciascun corpo illuminante verrà effettuata con il sistema "entra – esci" e derivazione in morsettiera posizionata alla base del palo di illuminazione.

I pali saranno in lamiera di acciaio zincato di altezza 9 m f.t., posati entro basamenti prefabbricati, con sbraccio di lunghezza 1,5 m.

L'impianto di illuminazione degli svincoli sarà del tipo unilaterale con corpi illuminanti a LED con potenza pari a 83W, delle caratteristiche indicate negli elaborati grafici e nelle relazioni di calcolo, disposti ad un'interdistanza di circa 34 m.

Per l'illuminazione delle rotatorie, si ricorrerà alla realizzazione di torri farodi altezza fuori terra di 20 m, dotate di proiettori LED da 330 W, aventi ottiche asimmetriche del flussoluminoso; ciascun apparecchio sarà alimentato singolarmente dalla cassetta a piantana dedicata alla torre.

Tutti gli apparecchi di illuminazione, dotati di driver DALI con ingresso di alimentazione 230V, saranno completi di un modulo di telecomando che dovrà permettere:

- la lettura e modifica dello stato ON / OFF della sorgente luminosa: nello stato ON la

piastra dei LED (o altra sorgente luminosa) è accesa, nello stato OFF è spenta ed il dispositivo non emette alcuna luce;

- la lettura e modifica del livello di luminosità della sorgente luminosa, variandola da un livello minimo pari a 0 ad un livello massimo pari a 100;
- la lettura della presenza di un'avaria grave che può causare la mancata accensione della sorgente luminosa;
- la lettura della temperatura presente sulla piastra della sorgente luminosa;
- la lettura del fattore di potenza e della corrente assorbita dall'intero punto luce;
- la lettura della potenza attiva, reattiva, apparente assorbita dall'intero punto luce.

Inoltre dovrà segnalare i seguenti guasti:

- modulo non raggiungibile dall'unità di controllo;
- alimentatore guasto; tale guasto non dovrà, comunque, inficiare la raggiungibilità del modulo, che dovrà rimanere in comunicazione con l'unità di controllo;
- temperatura fuori soglia, presente nel caso in cui la temperatura interna al punto luce superi una soglia di alert definita;
- corrente fuori soglia, presente nel caso in cui la corrente che circola sul circuito elettrico della sorgente luminosa superi una soglia di alert definita.

Inoltre, ogni modulo potrà emettere "beacon" Bluetooth per la segnalazione dinamica di informazioni date dalla centrale a dispositivi quali automobili, smartphone, ecc.

4.6. DORSALI DI ALIMENTAZIONE

4.6.1. Generalità

Per la distribuzione dell'alimentazione elettrica dal quadro illuminazione alle utenze, saranno utilizzati cavi unipolari di qualità FG16R16 0,6/1 kV, della sezione indicata sugli elaborati grafici, per l'alimentazione dell'impianto di illuminazione.

Tutti i cavi saranno posati in cavidotti in polietilene a doppia parete di colore rosso.

4.6.2. Tubazioni in polietilene

Le tubazioni saranno a doppio strato in polietilene strutturato ad alta densità, corrugate esternamente e con parete liscia interna, con resistenza allo schiacciamento di 450N, complete di giunto a manicotto, conformi alle norme CEI EN 50086-1-2-4, di diametro nominale 110 mm.

Ogni cavidotto sarà segnalato mediante nastro segnalatore indelebile interrato sulla verticale del cavidotto ad una distanza di circa 30 cm da esso.

Lungo i cavidotti, verranno predisposti pozzetti di infilaggio e derivazione in corrispondenza dei centri luminosi, degli attraversamenti, ecc.; i pozzetti avranno dimensioni minime di cm 40 x 40 x 60, comunque tali da permettere l'infilaggio dei cavi, rispettando il raggio di curvatura ammesso.

Attraverso opportune iniezioni in malte cementizie, verrà reso impossibile lo sfilaggio e quindi il furto dei cavi.

4.6.3. Interramento in banchina o in terreni in genere

La profondità di posa sarà non inferiore a cm 75 dal piano banchina o dal piano campagna, misurata a partire dall'estradosso della protezione in cls magro dei cavi.

5. ILLUMINAZIONE DELLE GALLERIE

5.1. INTRODUZIONE

Il progetto prevede due tipi di illuminazione in galleria:

- l'illuminazione ordinaria, necessaria ad assicurare una visibilità adeguata ai conducenti nella zona di ingresso e all'interno della galleria, sia di giorno che di notte; sarà costituita dall'illuminazione di base lungo l'intero tracciato delle gallerie e dall'illuminazione di rinforzo, limitata alla zona degli imbocchi;
- l'illuminazione di riserva, prevista per fornire un minimo di visibilità agli utenti della galleria e per consentire loro di abbandonare quest'ultima con i loro veicoli in caso di interruzione dell'alimentazione elettrica.

L'alimentazione degli impianti di illuminazione sarà suddivisa in più circuiti; questa soluzione permette di ottenere una riduzione della sezione dei cavi elettrici e, contemporaneamente, di conseguire un aumento della sicurezza funzionale in caso d'incendio.

5.2. CALCOLO ILLUMINOTECNICO

Il calcolo illuminotecnico di dimensionamento degli impianti in galleria è sviluppato applicando la Norma UNI 11095; i dati di riferimento e i risultati del calcolo sono riportati nell'apposita relazione di calcolo.

5.3. CARATTERISTICHE DEGLI IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE

5.3.1. Illuminazione ordinaria

L'illuminazione ordinaria è costituita dall'illuminazione permanente e da quella di rinforzo.

L'illuminazione permanente è realizzata mediante due file di proiettori LED, in classe II ad ottica simmetrica, installati sotto la passerella portacavi mediante staffa con aggancio rapido a clip ad altezza di 6.00 m dal piano stradale.

Questi apparecchi, della potenza di 68 W, flusso luminoso emesso di 8'500 lm e temperatura di colore 4.000 K, sono disposti a interdistanza di 20 m.

Per calcolare la luminanza interna si è considerata una strada con classe illuminotecnica di riferimento pari a M2, che però per analisi dei rischi è stata portata a M3, ottenendo così una luminanza pari a 2 cd/m².

L'illuminazione di rinforzo intende assicurare in ore diurne un buon comfort visivo all'utente in ingresso nella galleria; essa richiede una zona all'imbocco con elevati valori di luminanza, decrescenti in funzione delle caratteristiche stradali e della velocità di progetto, per garantire l'adattamento dell'occhio dai massimi valori d'illuminamento esterno a quelli interni della galleria.

Il concetto di illuminazione di rinforzo in controflusso si basa sull'impiego di apparecchi illuminanti ad ottica asimmetrica; nel caso specifico, saranno utilizzati proiettori a LED in classe II con temperatura di colore 4.000°K, aventi le seguenti caratteristiche:

- potenza 105 W, flusso luminoso 12.800 lm;
- potenza 129 W, flusso luminoso 15.800 lm;
- potenza 152 W, flusso luminoso 18.700 lm;

- potenza 305 W, flusso luminoso 37.400 lm;
- potenza 357 W, flusso luminoso 43.700 lm;
- potenza 458 W, flusso luminoso 53.400 lm.

Il posizionamento degli apparecchi è previsto in modo analogo a quelli dell'illuminazione di base, ma con interdistanze a passo variabile, in funzione del livello di luminanza da mantenere in base alla distanza dall'imbocco.

Il calcolo della luminanza di ingresso è stato valutato nella relazione di calcolo illuminotecnico.

5.3.2. Illuminazione di riserva

L'illuminazione di sicurezza sarà costituita dalla metà degli apparecchi dell'illuminazione permanente (uno su due, in modo alternato, con passo di 40 m), al fine di garantire 1 cd/m^2 , come richiesto dalla norma UNI.

I circuiti luce di sicurezza verranno alimentati dalla rete di sicurezza (UPS) e di emergenza (gruppi elettrogeni), per garantirne il funzionamento anche in caso di mancanza della tensione dalla rete normale.

5.3.3. Alimentazione elettrica

L'alimentazione degli apparecchi illuminanti sarà suddivisa in più circuiti, per permettere di:

- contenere le sezioni di linea entro valori ragionevoli;
- aumentare la selettività in caso di guasti;
- migliorare la sicurezza funzionale in caso d'incendio;
- suddividere le accensioni in modo differenziato.

Ogni circuito sarà di tipo 3F+N, con carico distribuito sulle tre fasi in modo simmetrico ed equilibrato.

La derivazione dalla linea dorsale ad ogni singolo apparecchio illuminante sarà effettuata mediante giunto riaccessibile in amalgama di gel; dalla giunzione, un cavo $2 \times 1.5 \text{ mm}^2$ alimenterà il compound con sistema presa-spina IP67. Un cavo di pari sezione collegherà il compound all'apparecchio illuminante.

L'illuminazione di emergenza sarà sottesa all'UPS e al gruppo elettrogeno previsti nelle cabine.

5.3.4. Regolazione

Per la regolazione dell'illuminazione permanente e di rinforzo, si adotta un sistema di telegestione punto punto ad onde convogliate tra quadro di comando e singolo proiettore, secondo le prescrizioni della EN 50065-1. Il sistema esegue il comando di dimmerazione entro i 30 secondi, rispondente al controllo della dimmerazione in tempo reale all'entrata delle gallerie basata sulla luminanza debilitante misurata.

Nel quadro elettrico sarà installato un modulo di gestione avente le seguenti caratteristiche:

- contenitore modulare inseribile su guida DIN;
- tensione di alimentazione 230 V - 50 Hz;
- riconoscimento impianto ACCESO / SPENTO da ingresso in tensione o da ingressi digitali;
- comunicazione da e verso i proiettori in tempo reale;

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud****4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia**

Opera L0703	Tratto 2B	Settore E	CEE 21	WBS IM0000	Id.doc. REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 23 di 58
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	--------------------------

- uscita digitale programmabile 5 Vcc 50 mA legata all'orologio astronomico interno;
- orologio astronomico integrato, con programmazione dei parametri in locale e da remoto;
- memorizzazione dei seguenti dati dei proiettori.

Nel quadro elettrico saranno installate dei gruppi bobine filtro per isolare la rete telecomandata verso monte (lato alimentazione).

In ogni proiettore di galleria sarà installato un modulo per telegestione e dimmerazione a onde convogliate avente le seguenti caratteristiche:

- classe di isolamento II;
- gradi di protezione IP65;
- range temperatura di funzionamento: da -20 a +65 °C;
- tensione di alimentazione 230 V - 50 Hz;
- comunicazione tramite onde convogliate direttamente sui cavi di alimentazione con modulazione tipo ASK e portante a 125 kHz (classe 116);
- Baud-rate di comunicazione tipico 1000 Baud;
- uscita optoisolata (transistor open collector) con comando duty cycle a frequenza 200 Hz per il comando della dimmerazione da 0% a 100% del corpo illuminante, con step di 1% oppure con comando 1-10 V, oppure con comando DALI;
- isolamento tra alimentazione e comando: minimo 6 mm in aria e 5000 Vcc;
- comando ON/OFF lampada;
- funzione Midnight (abilitabile dal software di programmazione), calcolo della mezzanotte presunta in base alle ore di accensione delle notti precedenti e su questo dato applicazione degli orari e delle percentuali di dimmerazione, e possibile programmare fino a 10 fasce orarie e a 10 diversi livelli di dimmerazione differenti nell'arco della notte;
- creazione scenografie gestibili in automatico dal modulo e modificabili dal software del centro di controllo;
- esecuzione, su richiesta del modulo di gestione, che le registra nella propria memoria, delle seguenti grandezze elettriche:
 - stato della lampada (accesa/spenta),
 - tensione di rete,
 - corrente assorbita,
 - fattore di potenza,
 - potenza attiva, reattiva e apparente,
 - potenza teorica risparmiata,
 - tempo totale di lampada alimentata,
 - tempo totale di lampada effettivamente accesa;
- generazione di misure e allarmi per valori fuori soglia minima/massima (direttamente dal software del centro di controllo, dopo la ricezione delle misure eseguite e con possibilità di impostare i range di comparazione) dei seguenti parametri:
 - lampada spenta,
 - lampada non comunicante,
 - valore fuori soglia del tempo di lavoro della lampada,
 - valore fuori soglia della tensione di alimentazione,
 - valore fuori soglia della corrente assorbita,
 - avaria condensatore.

5.4. SENSORE DI LUMINANZA DEBILITANTE

L'occhio percepisce un oggetto focalizzato sulla fovea soltanto se il contrasto tra la sua luminanza e quella dello sfondo supera una soglia minima; il contrasto intrinseco tra oggetto e sfondo viene attenuato dalla luminanza debilitante che si sovrappone all'immagine sulla fovea a causa della diffusione della luce.

La luminanza debilitante si sovrappone come un velo luminoso all'immagine focalizzata sulla fovea dell'occhio di un osservatore, riducendo il contrasto degli oggetti osservati fino anche ad annullarne la visibilità; questo fenomeno è di particolare gravità per il conducente di un autoveicolo che si avvicina all'entrata di una galleria e deve percepire l'eventuale presenza di un ostacolo in tempo utile per intervenire sulla condotta di guida.

La luminanza debilitante dovuta alle zone che circondano il fornice della galleria (cielo, strada, prati, ecc.) è, infatti, molto elevata.

Per questo motivo la norma UNI 11095 sull'illuminazione delle gallerie si basa sulla luminanza debilitante per determinare la luminanza stradale necessaria nella zona di entrata per garantire la sicurezza del traffico.

Un apposito sensore effettua tutte le misurazioni necessarie per la determinazione della L_d secondo la formula:

$$\text{Luminanza debilitante } L_d = L_{seq} + L_{atm} + L_{par}$$

In particolare, per la misura della L_{seq} - luminanza equivalente di velo - (diffusione della luce dovuta dalla somma della luminanza alla quale l'occhio del guidatore è soggetto a seguito della diffusione nel bulbo oculare delle luminanze perturbatrici di fonti luminose esterne) il sensore copre il campo di misura limitato entro un cono circolare con asse orientato verso il centro del fornice e semiapertura pari a $28,4^\circ$, tagliato orizzontalmente sopra e sotto a 20° per simulare l'effetto di schermatura di un parabrezza, ricorrendo al diagramma polare di Adrian costituito da 9 anelli concentrici suddivisi in 12 settori, angolarmente uguali e pari a 30° , ma di altezza tale che l'area di ciascun settore produca la stessa luminanza di velo equivalente qualora soggetto ad una luminanza costante.

Provvede, inoltre, a determinare la luminanza dell'atmosfera L_{atm} (luminanza perturbatrice della visione dovuta alla diffusione della luce negli strati dell'atmosfera compresa nella distanza di arresto) entro il cono di apertura pari a 2° ed a calcolare la luminanza del parabrezza L_{par} (luminanza perturbatrice della visione dovuta alla luce intercettata dal parabrezza di un veicolo) secondo la formula $L_{par} = 0,4 \times L_{seq}$.

È facilmente intuibile che, per eseguire correttamente queste misure, il centro del suddetto diagramma deve coincidere esattamente con il punto nella sezione ingresso posto sull'asse di mezzzeria della galleria ad una quota di 1,5 m dal piano stradale.

5.5. ILLUMINAZIONE DI EVACUAZIONE

L'impianto di illuminazione di evacuazione costituisce una guida luminosa verso le uscite all'esterno, tramite gli imbocchi della galleria, la cui funzionalità non viene pregiudicata dai fumi generati da un eventuale incendio all'interno del tunnel.

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud****4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia**

Opera L0703	Tratto 2B	Settore E	CEE 21	WBS IM0000	Id.doc. REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 25 di 58
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	--------------------------

Nel caso specifico, l'impianto risulterà costituito da apparecchi segnalatori di tipo a parete, costituiti da "picchetti" a diodi LED luminosi, disposti su più lati del picchetto, montati sul piedritto ad un'altezza compresa tra 80 e 120 cm e passo 15 m lungo l'intero sviluppo della galleria; tale modalità di installazione garantisce, sul piano stradale, un livello medio di illuminamento, in una zona di almeno 100 cm lungo il percorso pedonale di fuga della galleria, pari a 5 lux medi, con valore minimo pari a 2 lux. Tali valori si prescrivono limitatamente alle due banchine lungo i piedritti del tunnel, in quanto solo questi spazi vengono considerati come via d'esodo a piedi per gli utenti. Si precisa che i livelli di illuminamento sopra menzionati trovano rispondenza con il valore prescritto nelle "Linee guida per la progettazione della sicurezza nelle gallerie stradali ANAS" seconda edizione 2009.

Una canalizzazione chiusa, posata lungo il new jersey, avrà lo scopo di contenere le dorsali di alimentazione dei picchetti (costituite da cavi di tipo FTG18(O)M16 resistenti al fuoco e alimentati dal quadro più vicino) e delle relative muffole o giunti passanti di derivazione.

L'illuminazione di evacuazione sarà normalmente a regime minimo (3% del flusso massimo) e riportata al valore nominale in caso di incendio o pericolo, con lo scopo di fornire una guida luminosa agli utenti, visibilità pessima od un guasto all'illuminazione principale.

In determinate situazioni (ad esempio, durante le operazioni di manutenzione), gli apparecchi potranno essere automaticamente, tramite il sistema di supervisione, impostati su lampeggio per avere, da parte degli utenti, la massima attenzione durante la percorrenza della galleria.

6. IMPIANTO DI VENTILAZIONE

6.1. INTRODUZIONE

L'impianto di ventilazione delle gallerie sarà di tipo longitudinale, mediante da appositi acceleratori assiali; sarà impiegato per mantenere il livello degli agenti inquinanti entro i valori limite dettati dalle vigenti raccomandazioni e per la gestione dei fumi in caso d'incendio.

La ventilazione meccanica sarà prevista nelle gallerie Mecciano e S.Barbara.

6.2. CALCOLO DI DIMENSIONAMENTO

I dati di riferimento e i risultati del calcolo sono riportati nel capitolo 12.

6.3. SISTEMA DI VENTILAZIONE

6.3.1. Acceleratori

Gli acceleratori assiali saranno reversibili, silenziati e verranno installati a coppie in volta alle gallerie; saranno in acciaio inox AISI 304, adatti per funzionamento in emergenza in caso di incendio con temperatura di 400°C per 90 minuti.

Saranno dotati di sistemi di controllo delle vibrazioni, dell'orizzontalità e della temperatura ed avranno le seguenti caratteristiche principali:

- Diametro girante 1'000 mm;
- Diametro massimo: ca. 1'200 mm;
- Spinta minima nominale: 850 N;
- Portata volumetrica minima: 30m³/s;
- Potenza assorbita massima: 30 kW 3F 690V.

La disposizione delle coppie di acceleratori lungo i forni delle gallerie sarà di tipo distribuito, con una ripartizione equidistante tra le coppie (circa 100 m) de una distanza della prima e dell'ultima coppia a circa 120 m dall'imbocco/uscita.

6.3.2. Alimentazione elettrica

L'alimentazione elettrica degli acceleratori sarà effettuata a partire dalle cabine elettriche presenti agli imbocchi delle gallerie, da cui avrà origine una linea elettrica trifase per ogni acceleratore.

In prossimità di ciascuna unità, sarà installata una cassetta equipaggiata di sistema presa-spina, per permettere un sezionamento locale dell'alimentazione in occasione di interventi di manutenzione; tale cassetta sarà in acciaio inox AISI 304, con caratteristiche tali da garantire un funzionamento in emergenza in caso di incendio con temperatura di 400°C per 90 minuti.

Il funzionamento di tutti gli acceleratori installati in galleria, anche in caso di mancanza della tensione di rete pubblica, sarà garantito dai gruppi elettrogeni (rete emergenza); questa soluzione permette di far fronte al fabbisogno di ventilazione qualora si verifichi un incendio in galleria, anche contestualmente ad un fuori servizio della rete elettrica.

6.3.3. Comando

La ventilazione sarà comandato dal sistema di controllo e automazione in funzione dei segnali ricevuti dalla rilevazione ambientale (CO, opacità, direzione e velocità dell'aria), dalla rilevazione

incendi e dalla videosorveglianza.

L'avviamento degli acceleratori sarà graduale, in funzione della concentrazione degli agenti inquinanti presenti in galleria; il livello di ventilazione richiesto verrà raggiunto azionando sequenzialmente un numero maggiore di acceleratori. Al fine di ottenere un pari numero di ore di funzionamento di tutti gli acceleratori installati, ne è previsto l'inserimento ciclico.

La direzione di spinta sarà determinata in base alla spinta prevalente nel caso di differenti condizioni meteorologiche tra i due portali della galleria.

Un comando manuale degli acceleratori sarà possibile attraverso il sistema di controllo e supervisione, o direttamente dai pulsantiere poste sul fronte degli armadi elettrici in cabina.

6.4. MISURATORI INQUINANTI, VELOCITÀ E DIREZIONE DELL'ARIA IN GALLERIA

Appositi strumenti, disposti lungo la galleria, necessari al monitoraggio dei valori di monossido di carbonio (CO), di opacità (OP), di direzione e velocità dell'aria, permetteranno di determinare l'inserzione e lo spegnimento degli acceleratori.

I misuratori CO-OP saranno costituiti da un dispositivo di controllo della qualità dell'aria, formato da un analizzatore di spettro a percorso aperto con assorbimento nel visibile e nell'infrarosso; saranno disposti lungo i fornicci a distanze di circa 500÷600 m e fissati ad un'altezza di 4 m sulle pareti della galleria.

La misura della velocità e direzione dell'aria in galleria è affidata ad appositi anemometri, costituiti da un dispositivo di controllo del flusso d'aria con tecnologia ad ultrasuoni; gli anemometri saranno disposti in corrispondenza dei sensori CO-OP.

Un'unità di controllo per ogni gruppo di strumenti garantirà l'elaborazione dei segnali di misura e di stato per la trasmissione dei dati verso il sistema di telecontrollo e supervisione; tali unità saranno installate nei quadri elettrici previsti negli armadi SOS e connesse al sistema di telecontrollo mediante la rete di comunicazione locale transitante in galleria.

L'alimentazione elettrica degli strumenti di misura sarà derivata dalla rete di sicurezza (UPS).

7. STAZIONI DI EMERGENZA (SOS)

Nelle gallerie di lunghezza superiore a 500 m, Mecciano e S. Barbara, sono messe a disposizione degli utenti, delle stazioni di emergenza costituite da armadi contenenti le apparecchiature e le attrezzature SOS; tali armadi saranno collocati sul piedritto sopra al new jersey, ad interdistanza non superiore a 150 m e opportunamente segnalati con un cartello luminoso del tipo "SOS + ESTINTORE + IDRANTE". Sono previste stazioni di emergenza anche in corrispondenza di tutti gli imbocchi delle gallerie.

Ogni postazione SOS sarà attrezzata con chiamata telefonica programmabile a quattro servizi preselezionati di soccorso (soccorso medico, polizia, vigili del fuoco, ANAS), realizzata mediante un apparato stagno a viva voce con selezione memorizzata.

Completeranno il posto periferico di soccorso una sezione per l'attestazione dei cavi, un'unità logica di fonia e due estintori.

L'impianto sarà tale da supportare un sistema di comunicazione diretta in fonia bidirezionale a "viva voce" tra utente che chiede soccorso ed ente soccorritore facente capo al pulsante selezionato dall'utente stesso.

Il sistema sarà ingegnerizzato in modo che siano resi disponibili in centrale, oltre alle attivazioni del pulsante di emergenza, anche le segnalazioni di apertura sportelli e di avvenuto prelievo estintore, qualora venga rimosso dall'armadio SOS, avvisi che potranno essere utilizzati per allarmi specifici.

La postazione telefonica sarà collegata al Centro di Controllo locale previsto in corrispondenza della cabina sud di alimentazione della galleria, che provvederà ad assicurare la comunicazione telefonica con l'ente di soccorso chiamato dall'utente.

Gli apparati per il sistema SOS verranno alloggiati all'interno di un armadio metallico con struttura in montanti e pannelli in lamiera di acciaio inox, completo di dispositivi di apertura scomparti e celle di inserimento dispositivi elettronici.

8. EROGAZIONE IDRICA ANTINCENDIO

8.1. INTRODUZIONE

Al fine di combattere efficacemente l'eventuale insorgere di incendi all'interno delle gallerie di lunghezza superiore a 500 m, Mecciano e S. Barbara, saranno realizzati in ciascuna di esse un impianto di spegnimento incendi fisso ad acqua costituito da idranti UNI 45 e UNI 70, alimentati mediante una rete di distribuzione idrica ad unico anello, realizzata mediante tubazioni in polietilene PE 100 PFA 16.

L'impianto è composto da:

- vasca di riserva idrica con capacità pari ad almeno 100 m³, dimensionata al fine di garantire un'autonomia per più di 2 ore di erogazione;
- gruppo di pressurizzazione composto da una elettropompa principale di spinta e da una motopompa secondaria;
- elettropompa pilota;
- rete di distribuzione a maglia costituita da una tubazione PeAD, con giunti a manicotto, alloggiata al di sotto dei marciapiedi della carreggiata;
- idranti UNI45 in galleria e UNI 70 agli imbocchi e in coincidenza delle piazzole di sosta interne alle gallerie;
- attacchi autopompa VVF;
- saracinesche di intercettazione.

L'impianto è stato dimensionato considerando una contemporaneità di n° 4 idranti UNI 45 e un idrante UNI 70, per una portata complessiva di 780 l/min, in ottemperanza a quanto indicato nelle Linee guida di ANAS per la progettazione della sicurezza nelle gallerie stradali.

8.2. DESCRIZIONE IMPIANTO

Il posizionamento della centrale di pompaggio e l'indicazione del percorso della tubazione idrica che va dalla vasca antincendio fino all'imbocco della galleria, nonché gli schemi funzionali delle centrali di pressurizzazione sono riportati negli elaborati grafici pertinenti.

All'interno della centrale idrica antincendio saranno previste le seguenti opere e apparecchiature:

- vasca acqua di accumulo con capacità utile di almeno 100m³; la portata sarà misurata e totalizzata mediante apposito misuratore; il livello viene rilevato da un'asta graduata, mentre i valori di livello minimo, per il quale si interrompe il funzionamento della pompa antincendio, e il valore di massimo vengono rilevate da livellostati elettronici;
- un gruppo antincendio composto da:
 - un'elettropompa principale centrifuga ad asse orizzontale da 46,8 m³/h, (H = 65 m c.a.), installata sotto battente, con propria condotta d'aspirazione;
 - una motopompa secondaria, di riserva alla principale, centrifuga ad asse orizzontale da 46,8 m³/h, (H = 65 m c.a.), installata sotto battente, con propria condotta d'aspirazione;
- un gruppo di compensazione, costituito da un'elettropompa pilota ad asse verticale installata sotto battente (Hmin = 45 m c.a.);
- valvole d'intercettazione delle pompe principali, bloccate in posizione di aperto, tipologia a membrana;

- pressostati, livellostati e misuratori di pressione, di livello e di portata dell'acqua di reintegro in vasca;
- quadri elettrici d'alimentazione, manovra e controllo;
- apparecchiature di controllo della temperatura del locale tecnico;
- impianto d'illuminazione normale e d'emergenza.

Su ciascun fianco della galleria, gli idranti UNI45, completi di lancia e manichetta di lunghezza 20m; saranno installati ogni 150m su entrambi i lati con disposizione a quinconce; gli idranti UNI70 e gli attacchi autopompa per i Vigili del Fuoco saranno collocati agli imbocchi.

Per ogni idrante UNI45, la dotazione prevista comprende:

- cassetta d'acciaio inox, spessore minimo 1mm, con vetro frangibile;
- pressostato per segnalare a distanza il fuori servizio della o delle tratte di collettore;
- rubinetto idrante UNI 45;
- manichetta di lunghezza 20m con lancia frazionatrice 12mm;
- una valvola di intercettazione;
- doppio estintore portatile.

Per ogni idrante UNI70, la dotazione prevista comprende:

- eventuale cassetta d'acciaio inox, spessore minimo 1mm, con vetro frangibile;
- pressostato per segnalare a distanza il fuori servizio della o delle tratte di collettore;
- rubinetto idrante UNI 70;
- una valvola di intercettazione;

Per gli attacchi autopompa VV.F., la dotazione prevista comprende:

- cassetta d'acciaio inox spessore minimo 1mm, con vetro frangibile;
- pressostato per segnalare a distanza il fuori servizio della o delle tratte di collettore;
- un attacco di mandata UNI 70;
- una valvola di intercettazione;
- una valvola di ritegno.

Per intercettare qualsiasi guasto o interruzione, nel condotto vengono disposte, in prossimità di ogni cassetta idrante, una saracinesca di sezionamento NA priva della manovra; il leverismo sarà a disposizione delle squadre di manutenzione, che potranno isolare tratti della rete, previo coordinamento con le squadre di pronto intervento.

Il collegamento tra i vari tratti di tubazione verrà realizzato mediante l'impiego di idonei giunti a manicotto.

L'alimentazione della rete è assicurata dalla prevalenza delle pompe installate nella stazione di pressurizzazione; esse sono in grado di contrastare le perdite di carico nel tratto di rete che serve la galleria.

8.3. PROTEZIONE TERMICA

La rete antincendio della galleria è costituita da polietilene ad alta densità (PEAD), utilizzato nel diametro 160mm; sarà dotata di protezione termica solo nei tratti all'imbocco e all'uscita della canna. Difatti, per un'estensione di 150 m dall'inizio della galleria, la tubazione sarà dotata di cavo

scaldante; in questi tratti, e fino a 10 m verso l'esterno, le tubazioni saranno dotate di guaina flessibile in elastomero sintetico estruso a cellule chiuse.

Il cavo scaldante autoregolante ha la funzione di proteggere dal congelamento il fluido ivi contenuto; è protetto dalle sollecitazioni meccaniche tramite guaina esterna in poliolefina ed è efficace fino a -20 °C. La corrente di transito è 0,018 A/m.

La tubazione che corre al di fuori delle gallerie è sempre interrata alla quota di almeno 1 m dal piano stradale; tale strato di terreno garantisce una buona protezione contro il rischio di congelamento.

Nei tratti interni alla centrale idrica sarà utilizzato del tubo in acciaio rivestito con catramatura pesante, in modo da aver una buona protezione termica.

8.4. CARATTERISTICHE FUNZIONALI DELL'IMPIANTO

8.4.1. Principi di funzionamento

L'impianto viene mantenuto in pressione dalla pompa di compensazione, o pilota, con sistema automatico (tipo autoclave) di partenza ed arresto; alla maggior richiesta data dall'apertura di una manichetta, parte l'elettropompa principale, azionata da un pressostato.

La partenza della pompa di servizio deve essere segnalata da un dispositivo acustico/luminoso, così come la mancanza di una fase o della tensione.

In caso di mancata attivazione dell'elettropompa, se la pressione in rete non si ristabilisce dopo un intervallo di tempo impostabile, si avvia la motopompa di riserva.

Per evitare arresti intempestivi in condizioni di emergenza, le pompe possono essere arrestate solo con comando manuale; possono restare in funzione indefinitamente, in quanto un'opportuna valvola di sfioro provvede a ricircolare l'acqua in vasca anche dopo la chiusura di tutti gli idranti, fornendo, così, il tempo necessario alle squadre di pronto intervento di provvedere manualmente all'arresto delle pompe.

Per ogni pompa è previsto un circuito di ricircolo di servizio, che viene assicurato tramite un diaframma, che evita il surriscaldamento e la rottura del sistema quando le pompe funzionano a mandata chiusa.

Sarà previsto un circuito con ritorno in vasca per la misurazione della portata tramite tronchetto misuratore o asometro a lettura diretta; tale circuito viene impiegato anche per le prove manuali di controllo e di collaudo.

Nella centrale idrica antincendio sarà, inoltre, ubicato un quadro locale di comando e controllo con:

- manipolatori marcia e arresto pompe;
- allarme luminoso basso livello acqua in vasca;
- segnalazione di pompe in moto.

I segnali d'allarme saranno raggruppati e riportati al sistema di telecontrollo.

8.4.2. Caratteristiche elettriche e di alimentazione del gruppo di pompaggio

L'alimentazione del gruppo di pompaggio sarà derivata dal QGBT e, in mancanza dell'alimentazione primaria, l'energia sarà erogata dal gruppo elettrogeno; ciò assicura un altissimo grado di disponibilità dell'alimentazione elettrica.

I principali dati elettrici del gruppo di pompaggio sono i seguenti:

- tensione di alimentazione nominale: 400V;
- frequenza nominale: 50Hz;
- tensione controlli esterni al quadro: 24Vca;
- grado di protezione quadro elettrico: IP54;
- avviamento diretto.

I cavi di collegamento sono dimensionati per una portata pari al 150% della corrente nominale delle apparecchiature.

8.4.3. Misure e sensori

La centrale sarà equipaggiata dai seguenti sensori ed elementi di misura i cui segnali verranno inviati al sistema di supervisione.

Misura continua di livello dell'acqua nella vasca d'accumulo

Questa misura ha lo scopo di riportare al supervisore lo stato del livello dell'acqua nella vasca e di rilevare anche il gradiente di riduzione di tale livello, dovuto all'eventuale mancanza del reintegro dalla rete idrica pubblica, o ad una forte perdita nella vasca.

Livellostati

Questa misura ha lo scopo di indicare al sistema di pompaggio lo stato basso dell'acqua nella vasca; per basso livello, il sistema di controllo invierà un segnale d'allarme al supervisore.

Misura continua della pressione

Questa misura ha lo scopo di indicare il trend della pressione nella rete idranti e, quindi, controllare, in condizione di "riposo", l'intervento del sistema di compensazione e valutare l'entità delle perdite di pressione dovute ai trafiletti

Misura continua della portata acqua di reintegro in vasca

Questa misura ha lo scopo di indicare e totalizzare il flusso dell'acqua dalla rete pubblica per il riempimento e il reintegro della vasca; dal trend di portata, abbinato con quello del livello e della pressione, si può dedurre l'entità dei trafiletti nella rete idranti.

Il misuratore sarà posizionato sulla tubazione in acciaio in ingresso all'impianto all'interno della centrale idrica.

9. IMPIANTO DI SEGNALETICA LUMINOSA

L'impianto previsto avrà lo scopo di:

- fornire una sicura indicazione della transitabilità delle corsie in galleria;
- informare gli utenti sulle condizioni del traffico (congestione, interruzione, incidente, incendio, lavori in corso ed ogni altro pericolo);
- segnalare il percorso delle vie di fuga ed i posti di chiamata soccorso.

La segnaletica luminosa sarà realizzata per le gallerie di lunghezza superiore a 500 m, ossia Mecciano e S. Barbara; le indicazioni verranno effettuate mediante i seguenti segnali:

- pannelli a messaggio variabile, posti all'esterno, in approccio alla galleria a circa 160 m dal portale d'imbocco, costituiti da pannello alfanumerico da 4 righe x 15 caratteri e pannello pittogramma, equipaggiato di struttura di sostegno "a bandiera";
- pannelli a messaggio variabile, posti al portale d'imbocco, costituiti da moduli "freccia-croce" indicanti la disponibilità delle corsie;
- cartelli luminosi bifacciali, a sezione triangolare, per la segnalazione delle distanze vie di fuga, disposti sulle pareti a quinconce ogni 75 m;
- cartelli luminosi bifacciali a sezione rettangolare per la segnalazione di postazione SOS, estintori ed idranti;
- cartelli luminosi monofacciali a sezione rettangolare per la segnalazione di piazzola di sosta e preavviso piazzola a 250 m.

Gli impianti di segnaletica luminosa e di semaforizzazione saranno alimentati dalla rete elettrica di sicurezza (UPS), allo scopo di mantenere la continuità del servizio anche in caso di mancanza di erogazione energia dalla rete pubblica.

10. SISTEMA DI RILEVAZIONE INCENDI IN GALLERIA

L'impianto di rivelazione incendi in galleria sarà realizzato mediante rivelatore lineare di calore; il cavo sensore garantirà la protezione di tutta l'estensione della stessa. Sarà installato in sommità della volta ed il suo fissaggio sarà assicurato mediante idonei collari fissati al rivestimento in cls tramite tasselli.

Il segnale sarà generato da una sorgente laser contenuta nell'unità di controllo ed il software di valutazione del segnale sarà in grado di misurare sia il calore radiato che il calore convettivo; esso permetterà di:

- segnalare il valore della temperatura lungo tutto il cavo, in funzione della posizione e del tempo;
- reagire ad una variazione di temperatura, anche a temperature molto basse;
- segnalare lo stato della zona;
- assegnare un set di parametri di allarme diverso per ogni zona del cavo; in genere, si tenderà a rendere il sistema più sensibile nelle aree centrali rispetto alle parti più vicine ai portali, così da ridurre il rischio di falsi allarmi;
- modificare i parametri di allarme;
- segnalare rotture del cavo e guasti;
- definire fino a 128 zone di monitoraggio.

Il sistema sarà in grado di fornire importanti informazioni quali:

- la precisa localizzazione dell'incendio;
- la grandezza dell'incendio;
- la direzione dell'incendio.

La segnalazione di un allarme incendio sarà generata dal raggiungimento di uno dei seguenti parametri:

- valore temperatura massima in una zona;
- gradiente temperatura (incremento di temperatura nell'unità di tempo) in una zona;
- temperatura variabile localmente: aumento della temperatura in una zona rispetto al valore medio.

L'unità di controllo, che costituisce la parte del sistema che genera il raggio laser ed effettua la valutazione del segnale, permetterà la gestione di tratte di varia lunghezza in funzione dell'unità di gestione.

L'alimentazione degli impianti di rilevazione incendi sarà derivata dalla rete di sicurezza (UPS).

11. IMPIANTO DI CONTROLLO, AUTOMAZIONE E SUPERVISIONE

11.1. INTRODUZIONE

Al sistema di telecontrollo sarà affidata l'automazione degli impianti tecnologici previsti per le gallerie naturali, garantendo la trasmissione sicura delle informazioni generate dal campo e dei comandi prodotti dalla gestione verso il sistema di supervisione remoto; il sistema sarà strutturato in modo da permettere che i singoli impianti telecontrollati possano essere gestiti in modo automatico ed autonomo, anche in assenza del sistema di supervisione. Il sistema di controllo sarà costituito da:

- controllori locali, posti nelle cabine elettriche (PLC);
- periferiche decentrate, situate nei by-pass (RIO);
- interfacce di comunicazione.

Ai controllori locali (PLC) sarà affidata la gestione dei seguenti sistemi:

- distribuzione elettrica;
- ventilazione della galleria;
- illuminazione di base, di emergenza e di rinforzo;
- rilevazione incendi;
- semaforizzazione e messaggi variabili;
- trasmissione dati.

Per ogni galleria sarà creata una rete locale Ethernet TCP/IP in fibra ottica, in grado di trasmettere dal campo alle cabine e viceversa i seguenti segnali dati-audio-video:

- misure di concentrazione degli inquinanti (CO e opacità);
- misure di direzione e velocità dell'aria;
- misure delle vibrazioni e dell'orizzontalità degli acceleratori;
- misure di luminanza;
- comunicazione pannelli a messaggio variabile;
- comunicazione posti SOS.

La rete locale, chiusa ad anello per assicurare la comunicazione anche in caso d'interruzione o anomalia di un tratto della rete stessa, sarà predisposta per l'interfacciamento verso la rete SDH di ANAS.

Il collegamento alla rete SDH ed il Centro di Supervisione di Tratta non costituiscono oggetto del presente progetto, anche se saranno previsti tutti gli apprestamenti hardware e software atti a permettere la rapida connessione alla rete SDH.

11.2. FUNZIONALITÀ DEL SISTEMA

Le principali funzionalità garantite dal sistema sono le seguenti:

- totale interoperabilità dei sottosistemi, che pur mantenendo una autonomia funzionale, assicurano una completa omogeneità nell'uso della rete di comunicazione e nell'uso di protocolli specifici per il livello funzionale richiesto, nonché una libera e completa espandibilità con garanzia delle funzioni richieste ed una totale indipendenza del cliente dal costruttore;

- massima decentralizzazione funzionale in grado di massimizzare il grado di sorveglianza sia locale che remota;
- massimo uso delle tecnologie di comunicazione dell'Information Technology;
- massimo grado di apertura del sistema in tutte le direzioni:
 - verso sistemi di terzi;
 - integrazione di sistemi di terzi;
 - accesso dinamico ai dati da applicazioni Office Automation;
 - uso dei più evoluti standard di programmazione oggi disponibili che assicurano l'investimento e la totale accessibilità al sistema tramite prodotti standard di mercato.

Gli aspetti tecnici precedentemente esposti e gli obiettivi che un sistema di questo tipo deve perseguire, impongono delle soluzioni architetture innovative in termini di comunicazione ed in termini funzionali che possano garantire i seguenti aspetti:

- uso di reti ad alta velocità con protocollo TCP/IP;
- flessibilità nella configurazione del sistema, in particolare durante la fase di gestione e di manutenzione;
- interazione fra i sottosistemi: tutte le interazioni tra i diversi sottosistemi saranno realizzate tramite il protocollo BACnet su TCP/IP senza distinzione su quale tipo di mezzo fisico le periferiche sono collegate;
- il sistema sarà in grado di comunicare con i sottosistemi direttamente senza fare uso di Communication Server;
- tutte le funzioni del sistema saranno assicurate anche in caso di caduta del sistema di supervisione.

Il sistema di supervisione sarà in grado di svolgere funzioni che non vadano ad interagire direttamente sul livello di automazione (a meno che non siano necessarie forzature o validazioni da parte di operatori abilitati in casi di emergenza o sulla base di scenari che prevedano tale possibilità) al fine di assicurare una totale autonomia funzionale dei singoli sottosistemi e delle loro interazioni dal livello di supervisione: ciò è assicurato dal protocollo BACnet su TCP/IP che garantisce una reale e totale interoperabilità di tutti i sottosistemi controllati.

11.3. ARCHITETTURA GENERALE DELLA SOLUZIONE INTEGRATA

Ogni singolo sottosistema sarà chiamato a svolgere una precisa e dedicata funzione ma, per poter assicurare le massime prestazioni e la massima affidabilità, sarà assicurata una comunicazione in senso orizzontale con gli altri sottosistemi presenti in galleria; le azioni delle singole periferiche di automazione saranno pertanto integrate e coordinate in quanto molte procedure svolte dai singoli sottosistemi richiedono l'azione integrata di più periferiche di automazione.

Il sistema di controllo, automazione e supervisione locale della galleria permetterà di realizzare il controllo integrato dei differenti sistemi tecnologici a servizio della galleria, garantendone il funzionamento ottimizzato in termini di prestazioni, sicurezza, continuità di esercizio e risparmio energetico.

L'architettura del sistema di supervisione, ferme restando le garanzie di sicurezza, sarà strutturata in modo tale da permettere la massima flessibilità sia hardware sia software, per poter rispondere efficacemente ai cambiamenti, tenendo anche in considerazione che le esigenze operative e della gestione potranno essere modificate nel tempo con una rapidità maggiore rispetto alle esigenze

impiantistiche.

L'operatività sul sistema, richiesta dalla gestione tecnica, sarà flessibile e libera, in modo da consentire un'efficace navigazione tra le numerose informazioni disponibili, tale da fornire risposte ad attività non rigidamente predefinite.

La piattaforma di supervisione sarà la stessa per i differenti sottosistemi. Questo consentirà una maggiore semplicità e sicurezza di gestione degli impianti unitamente a minori costi di ingegneria, messa in servizio e istruzione del personale preposto alla conduzione degli impianti stessi.

11.4. I LIVELLI DELL'ARCHITETTURA

Per assicurare sia la comunicazione sia l'automazione dei sottosistemi, l'architettura del sistema di controllo, automazione e supervisione si baserà su tre livelli:

- supervisione;
- automazione;
- campo;

dove il livello di automazione risulterà funzionalmente indipendente dal livello di supervisione.

In caso di disservizio del sistema di supervisione, sarà garantita la completa funzionalità del livello di automazione e, di conseguenza, la sicurezza degli utenti della galleria.

11.4.1. Livello di supervisione (gestione locale)

Il livello di gestione locale avrà il compito di elaborare e presentare in modo efficace agli operatori le informazioni ricevute dal campo tramite il livello di comunicazione; le principali funzionalità del sistema di supervisione saranno essenzialmente:

- la gestione remota dei guasti e degli allarmi;
- il monitoraggio e la gestione remota di tutti gli impianti;
- la modifica dei parametri operativi.

Il sistema sarà dotato di postazione di lavoro basata su Personal Computer operante in ambiente Windows XP con possibilità di eseguire, contemporaneamente agli applicativi del sistema, altri applicativi (Spreadsheet, Word processing, Database, ecc.).

La stazione di lavoro, situata in cabina elettrica, costituirà un'interfaccia grafica animata di elevata semplicità, sarà in grado di gestire tutti gli impianti collegati al sistema e potrà essere connessa con altre postazioni per realizzare un sistema multi-utente.

La stazione di lavoro, connessa in una architettura client/server alla rete Ethernet TCP/IP, sarà funzionalmente autonoma, in modo da garantire una completa affidabilità del sistema ed una assoluta continuità di funzionamento.

Tramite Ethernet TCP/IP il sistema sarà in grado di aprire il proprio ambiente a sistemi esterni che necessino di comunicare, con una capacità totale di azione sul sistema stesso, senza limitazioni se non quelle proprie derivanti dall'implementazione parziale o totale del protocollo di comunicazione.

Per una distribuzione locale e geografica delle informazioni, il sistema di supervisione potrà

svolgere anche funzioni di WEB Server per accesso remoto tramite Internet/Intranet, con workstation generiche senza software specifico.

11.4.2. Livello Automazione

Il livello di automazione avrà il compito di elaborare e gestire in modo specializzato e in un ambito completamente integrato tutti gli impianti tecnologici.

Il livello di automazione sarà costituito da controllori tra di loro comunicanti con protocollo BACnet su TCP/IP. Ogni controllore sarà dotato di un proprio indirizzo IP configurabile dinamicamente, con connessione diretta in rete, per la gestione degli impianti e per l'integrazione di periferiche.

Il software delle periferiche sarà realizzato tramite collaudati blocchi software pre-configurati e memorizzati su memorie FLASH, con algoritmi specifici per il controllo e l'automazione di tutti i sottosistemi di galleria.

Il sistema di automazione è scalabile e modulare, permettendo l'applicazione di tecnologie DDC innovative per piccoli e grandi sistemi di automazione, assicurando la possibilità futura di estendere il sistema.

11.5. LOGICHE DI INTERVENTO DEGLI IMPIANTI - SCENARI

11.5.1. Definizioni

Per "scenario" si intende una condizione predefinita di esercizio degli equipaggiamenti di un impianto.

La condizione di esercizio è determinata da "riflessi", ossia da un insieme di comandi da attuare a fronte di un evento anomalo. I riflessi devono assicurare che una reazione predefinita sia intrapresa da un certo impianto a fronte di un determinato evento verificatosi in un altro impianto.

I riflessi possono essere:

- *Automatici*, se intrapresi automaticamente dagli impianti;
- *Manuali*, se intrapresi dagli impianti solo dopo assenso dell'operatore;
- *Misti*, se implicano azioni da intraprendere automaticamente ed altre da intraprendere dopo l'assenso di un operatore.

11.5.2. Regolazione delle priorità

L'inserimento appropriato dei segnali richiede che siano chiaramente definite le priorità. È indispensabile che gli inserimenti automatici (allarme incendio, SOS) abbiano sempre la precedenza sui quelli inseriti manualmente, sia che si operi con il comando a distanza che con quello locale.

Nelle sovrapposizioni di scenari i segnali possono essere richiesti da due o più scenari contemporaneamente. Affinché i segnali possano essere inseriti correttamente, le immagini di ogni tipo di segnale devono essere ordinate secondo un grado di priorità. All'immagine con l'effetto più restrittivo viene attribuita la priorità superiore; in caso di conflitto tale immagine sovrascrive l'immagine con priorità inferiore.

11.5.3. Annunci, registrazione

Nell'ambito del dialogo di comando deve essere rappresentata sullo schermo una serie di annunci.

L'intervallo fra la scelta, l'annuncio e la disponibilità per il prossimo comando deve essere di pochi secondi.

L'attivazione di scenari deve essere registrata a livello del sistema di gestione dell'impianto traffico. La registrazione dell'attivazione deve contenere le seguenti informazioni:

- Nome dello scenario;
- Tratta;
- Stato (in servizio, in formazione, realizzata, in soppressione).

11.5.4. IUM Interfaccia UoMo macchina del sistema del gestione dell'impianto

Il PLC master di galleria deve mettere a disposizione, come web-server, pagine contenenti tutte le informazioni necessarie alla visualizzazione ottimale dei processi di comando traffico. Esse sono:

- scenari;
- guasti ai singoli segnali;
- allarmi e segnalazioni di sistemi esterni.

Tutte le informazioni vengono rappresentate graficamente ed attualizzate costantemente. Sul terminale con grafica a colori vengono rappresentate almeno:

- la visualizzazione generale della zona d'influenza completa di segnaletica del traffico e indicazione dei valori del rilevamento traffico;
- la visualizzazione settoriale di porzioni della zona d'influenza; questa rappresentazione sarà accompagnata da una piccola visualizzazione generale per il riferimento geografico;
- lo schema elettrico di distribuzione (centrali e sottostazioni di commutazione) compresi gli elementi di protezione contro le sovratensioni atmosferiche;
- lo schema del collegamento informatico degli elementi del comando (calcolatore d'oggetto, automatici programmabili terreno, ecc.);
- la lista degli scenari;
- la lista degli allarmi con possibilità di selezione per data e orario.

Tutte le immagini devono essere animate con il controllo dei singoli elementi. In caso di disinserimento, guasto, perdita di collegamento, ecc. un segnale luminoso rosso di allarme deve indicare all'operatore il malfunzionamento dell'installazione.

L'operatore avrà a disposizione una finestra suddivisa in due parti, su cui:

- vedere lo stato reale della segnaletica (ottenuto mediante le segnalazioni provenienti dal processo);
- potrà applicare alla segnaletica uno scenario scelto dalla lista per farne una valutazione (anteprima).

Dopo l'applicazione dello scenario selezionato, l'operatore vedrà modificarsi in tempo reale lo stato della segnaletica. Le modifiche in tempo reale avverranno solamente per retrosegnalazione (informazione in provenienza dai segnali sul terreno). Alla fine della procedura di applicazione l'operatore potrà verificare se lo stato del terreno corrisponde allo stato richiesto (paragone dello stato della segnaletica delle 2 finestre).

11.5.5. Ventilazione e rilevamento incendio

L'impianto di ventilazione deve garantire la ventilazione della galleria per salvaguardare gli utenti della strada sia in condizioni normali sia in condizioni di emergenza (incendio).

La ventilazione della galleria sarà di tipo longitudinale. Le modalità di funzionamento dei ventilatori sarà determinata da una serie di algoritmi sviluppati ad hoc per ogni situazione di traffico normale, congestione, incidenti, incendio ecc.

L'impianto di rilevamento incendio è una parte dell'impianto di ventilazione; esso ha lo scopo di rilevare:

- linearmente le variazioni di temperatura in galleria;
- puntualmente le variazioni di temperatura.

I dati acquisiti sono elaborati e quindi visualizzati unitamente allo stato dell'impianto stesso. L'impianto è incaricato di trasmettere direttamente gli allarmi incendio ad impianti particolari che reagiscono in caso di incendio. Essi sono:

- Segnaletica;
- Illuminazione;
- Videosorveglianza.

Gli scenari possibili a partire dalla IUM (interfaccia uomo-macchina) del PLC di galleria dipendono direttamente dalle parti dell'installazione ad esso collegate; gli scenari possibili sono:

- attivazione dei ventilatori di competenza;
- attivazione di algoritmi di ventilazione predefiniti per la parte di impianto controllata.

Gli scenari possibili a partire dal Centro di Controllo corrispondono alla somma degli scenari applicabili dal PLC di galleria con in più:

- chiusura totale della galleria;
- scelta rapida di algoritmi incendio per tutta la galleria;
- scelta algoritmi di ventilazione per tutta la galleria.

11.5.6. Controllo traffico

Nel caso dell'impianto di controllo del traffico, per scenario si intende una sequenza della segnaletica a messaggio variabile; gli scenari da prevedere dovranno permettere le seguenti regolazioni del traffico:

- avvertimento di pericolo tramite segnali luminosi lampeggianti;
- riduzione di velocità;
- chiusura di una corsia;
- chiusura completa della galleria.

Un determinato scenario può riguardare solo un tratto della galleria o tutta la galleria, o richiedere l'applicazione di condizioni diverse in differenti parti della galleria.

Allo scopo di definire la struttura degli scenari la galleria dovrà essere suddivisa in tratte tra loro omogenee dal punto di vista della gestione del traffico; gli scenari previsti al momento sono:

- circolazione normale;
- incendio (n scenari, secondo la tratta in cui viene rilevato l'incendio);
- opacità elevata;
- gas tossici elevati;
- colonna;
- chiamata SOS;
- panne dell'impianto di alimentazione.

11.5.7. Allarme incendio

In caso di rilevamento incendio viene trasmessa al PLC la segnalazione relativa, comprensiva della posizione in cui ha avuto luogo il rilevamento, provvedendo all'inserimento automatico degli scenari di chiusura dell'accesso alla galleria.

Il provvedimento diventa effettivo dopo un determinato tempo dal rilevamento, per dar modo all'operatore di giudicare se si tratta di vero o falso allarme, e confermare o annullare l'inserimento dello scenario.

Ad ogni scenario incendio deve essere richiamato l'algoritmo di ventilazione idoneo al particolare evento.

11.5.8. Chiamata SOS

Tramite l'impianto SOS è possibile effettuare una chiamata di emergenza alla centrale di controllo/comando. In questo caso vengono automaticamente inseriti i lampeggianti di avvertimento per segnalare una situazione di pericolo.

11.6. ESEMPI DI INTERAZIONI TRA IMPIANTI

11.6.1. Interazioni provocate dall'impianto di rilevamento incendio

Sorgente	Informazione	Destinazione	Tipo d'azione	Trattamento
Rilevamento incendio (da cavo temosensibile; opacimetro; operatore)	Incendio in galleria o tratta	ILL	automatica	Scenario di luminosità massima per la galleria e scenario d'inserimento dell'illuminazione vie di fuga
		VEN	con consenso dall'operato-re o dopo timeout	Algoritmo di ventilazione specifico
		Impianto controllo traffico	con consenso dall'operato-re	Scenario specifico nella tratta interessata

11.6.2. Interazioni provocate dall'impianto telefono di soccorso (SOS)

Sorgente	Informazione	Destinazione	Tipo d'azione	Trattamento
----------	--------------	--------------	---------------	-------------

Sorgente	Informazione	Destinazione	Tipo d'azione	Trattamento
SOS	Chiamata di soccorso	ILL	automatico	Scenario di luminosità massima nella tratta interessata
		Impianto controllo traffico	con quietanza dall'operatore	Scenario specifico nella tratta interessata
	Rimozione di un estintore dalla sua sede	ILL	automatica	Scenario di luminosità massima per la galleria e scenario d'inserimento dell'illuminazione vie di fuga
		Impianto controllo traffico	con consensodall'operatore o dopo timeout	Scenario specifico gestione traffico e chiusura della galleria
		VEN	con consensodall'operatore o dopo timeout	Scenario specifico

11.6.3. Interazioni provocate dall'impianto MT/BT

Sorgente	Informazione	Destinazione	Tipo d'azione	Trattamento
MT/BT	gruppo statico di continuità in funzione da x minuti	Attivazione segnaletica di tratta	con consensodall'operatore	Chiusura della galleria
		guasto totale ¹	ILL	automatica
	Impianto controllo traffico		con consensodall'operatore	Chiusura della galleria
	guasto parziale ²	ILL	automatico	Illuminazione di emergenza
		Impianto controllo traffico	con consensodall'operatore	Scenario specifico: riduzione della velocità

¹ Ventilazione in caso di incendio non più permessa

² Ventilazione in caso di incendio ancora permessa

11.6.4. Interazioni provocate dall'impianto di ventilazione

Sorgente	Informazione	Destinazione	Tipo d'azione	Trattamento
VEN	Superamento soglia CO o OP	ILL	automatico	Scenario di livello di luminosità nella tratta interessata
		VEN	Automatico con consensodell'operatore	Applicazione algoritmo di ventilazione dedicato
		Impianto controllo traffico	con consensodall'operatore	Chiusura della galleria

12. ALLEGATO – CALCOLO DELLA VENTILAZIONE

12.1. FUNZIONAMENTO NORMALE

Nel presente studio si segue il procedimento di calcolo raccomandato dal PIARC.

12.1.1. Dati e ipotesi di calcolo

I dati di base considerati nel calcolo sono i seguenti:

Galleria	Lunghezza (m)	Dati di traffico (veicoli / ora)		
		Auto benzina	Auto diesel	Autocarri
Mecciano	810	752	188	113
S.Barbara	662	735	184	113

Altitudine media	270 m
Pendenza	+1.8/-1.8%
Area	63 m ²
Diametro idraulico	8.12 m
Flusso veicolare	bidirezionale
Velocità flusso veicolare inquinante)	30 km/h (velocità critica in termini di massima emissione inquinante)
Concentrazione max CO	70 p.p.m.
Fumi (coeff. assorbimento)	0.007 1/m

Si noti che il traffico globale transitante nella galleria è stato diviso nella proporzione 60/40 tra i due sensi di marcia; tale suddivisione è stata applicata poiché i ventilatori, se il traffico in un senso di marcia fosse uguale al traffico dell'altro senso (suddivisione 50/50), funzionerebbero in una sorta di "equilibrio instabile" (poiché sono totalmente reversibili) e, quindi, non in una condizione reale.

Inoltre, ponendosi nella suddetta condizione, ci si trova in una situazione più sfavorevole rispetto quella con il traffico equidistribuito tra le due corsie.

12.1.2. Determinazione della quantità d'aria

I principali agenti inquinanti da considerare sono il monossido di carbonio (CO) e i fumi (opacità). Per la determinazione della quantità d'aria fresca per diluire il CO si è usata la seguente formula:

$$Q_{co} = \frac{q_{co} \cdot f_v \cdot f_i \cdot f_h}{3600} \cdot (D_{bc}) \cdot \frac{10^6}{CO_{lim}} \cdot L \quad [m^3/s]$$

dove:

Q_{co} : portata aria fresca per diluire il CO [m³/s],

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

Opera L0703	Tratto 2B	Settore E	CEE 21	WBS IM0000	Id.doc. REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 45 di 58
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	--------------------------

- qco : emissione base per autoveicolo di CO [m³/h veicolo] = 0,16
- fv : coefficiente di velocità = 1,
- fi : coefficiente di pendenza = 1 in discesa; = 1,196 in salita,
- fh : coefficiente di altitudine = 1,27,
- Dbc : numero veicoli a benzina e camion al km, (un camion emette la stessa quantità di CO di un autoveicolo) [veicoli corsia/km] = 28,8 per Mecciano; = 28,3 per S. Barbara, da ripartire tra salita e discesa nel rapporto di 60 / 40% alla velocità di riferimento (30 km/h),
- COLim : concentrazione ammissibile di CO [p.p.m.] = 70,
- L : lunghezza galleria [km] = 0,81 per Mecciano; = 0,662 per S. Barbara.

Introducendo i dati si ottengono, per ciascuna galleria, i seguenti valori:

Galleria	Portata d'aria Q _{co} (m ³ /s)	Velocità dell'aria (m/s)
Mecciano	37,84	0,60
S.Barbara	30,39	0,48

Per i fumi si è usata la seguente formula:

$$Q_F = \frac{q_t \cdot m_c \cdot f_{iv} \cdot f_h}{3600} \cdot D_c \cdot \frac{L}{K_{lim}} + \frac{q_t \cdot m_a \cdot f_{iv} \cdot f_h}{3600} \cdot D_a \cdot \frac{L}{K_{lim}} \quad [m^3/s]$$

dove:

- QF : portata d'aria fresca per diluire i fumi [m³/s],
- qt : emissione base di fumi [m²/ht] = 8,
- mc : peso medio camion [t] = 20,
- fiv : coefficiente di velocità/pendenza = 1,075 in salita; = 0,9 in discesa,
- fh : coefficiente di altitudine = 1,27,
- Dc : numero dei camion al km [veicoli/km] = 3,77 da ripartire tra salita e discesa nel rapporto di 60 / 40% alla velocità di riferimento (30 km/h),
- L : lunghezza galleria [km] = 0,81 per Mecciano; = 0,662 per S. Barbara.
- Klim : coefficiente estinzione fumi [m⁻¹] = 0,007,
- ma : peso medio autovetture Diesel [t] = 1,

Da : numero autovetture Diesel al km [veicoli/km] = 6,27 per Mecciano; = 6,13. per S. Barbara, da ripartire tra salita e discesa nel rapporto di 60 / 40% alla velocità di riferimento (30 km/h).

Introducendo i dati si ottengono, per ciascuna galleria, i seguenti valori:

Galleria	Portata d'aria Q_F (m^3/s)	Velocità dell'aria (m/s)
Mecciano	27.32	0.43
S.Barbara	22.28	0.35

12.1.3. Perdite di carico

Per indurre a trasportare lungo la galleria una portata d'aria calcolata, è necessario determinare le perdite di carico generate da:

- attrito della galleria
- effetto pistone degli autoveicoli (positivo o negativo)
- effetto meteorologico.

12.1.3.1. Resistenza della galleria

Per calcolare la resistenza della galleria si è usata la seguente formula:

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

dove:

- R_g : resistenza [Pa],
- α : coefficiente di perdita all'entrata = 1,
- β : coefficiente di perdita all'uscita = 0,6,
- λ : coefficiente d'attrito delle pareti della galleria = 0,03,
- L : lunghezza galleria [m] = 810 per Mecciano; = 662 per S. Barbara,
- D_h : diametro idraulico [m] = 8,12,
- ρ : massa volumica [kg/m^3] = 1,2,
- V_g : velocità dell'aria in galleria [m/s] = 0,60 per Mecciano; = 0,48 per S. Barbara.

Introducendo i dati si ottengono, per ciascuna galleria, i seguenti valori:

Galleria	Resistenza R_g (Pa)
Mecciano	1.00
S.Barbara	0.57

12.1.3.2. Effetto pistone

Questa resistenza può essere positiva o negativa, in funzione alla direzione del flusso veicolare (uguale o contrario al senso della ventilazione), oppure se la velocità del traffico è inferiore alla velocità dell'aria in galleria.

Quanto sopra può essere espresso mediante la seguente formula:

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

dove:

i $i = 1$ valori riferiti ad autoveicoli leggeri (benzina e diesel),

$i = 2$ valori riferiti ad autoveicoli pesanti (autocarri),

ε_i è un coefficiente +1 o -1 in funzione alla direzione, del traffico (uguale o contrario al senso della ventilazione) oppure se $V_i > V_g$ o $V_i < V_g$,

n_i numero dei veicoli presenti in galleria = 28,4 autoveicoli e 3,1 mezzi pesanti per corsia in Mecciano;
 = 20,3 autoveicoli e 2,49 mezzi pesanti per corsia in S. Barbara, da ripartire tra salita e discesa nel rapporto di 60 / 40%,

$(C_x \cdot \Omega)_i$ area resistente dei veicoli (area frontale corretta dal coefficiente di penetrazione) [m^2] = 1 per gli autoveicoli; = 3 per i mezzi pesanti,

A_t area tunnel [m^2] = 63,

δ massa volumica [kg/m^3] = 1,2,

V_i velocità dei veicoli [m/s] = 8,3

* +1 per veicoli che viaggiano in senso contrario rispetto alla ventilazione,
 -1 per veicoli che viaggiano nello stesso senso della ventilazione,

μV_g velocità dell'aria in galleria [m/s] = 0,60 per Mecciano; = 0,48 per S. Barbara.

Introducendo i dati si ottengono, per ciascuna galleria, i seguenti valori:

Galleria	Resistenza R _p (Pa)
Mecciano	8.51
S.Barbara	6.47

12.1.3.3. Effetto meteorologico

Il fattore relativo all'effetto meteorologico si introduce per calcolare il possibile effetto della velocità del vento agli imbocchi della galleria. Essendo un parametro dipendente dalla differenza di altitudine e pressione atmosferica e non riscontrando una criticità in merito alla velocità del vento dovuta all'orografia dell'area in esame, si stima una velocità del vento di 0 m/s a cui corrisponde una resistenza di

$$R_m = k \frac{\rho \cdot v^2}{2}$$

dove:

k = coefficiente di perdita,

r = densità dell'aria,

v = velocità dell'aria.

Poiché gli imbocchi si trovano alla stessa quota, risulta:

$$R_m = 0 \text{ Pa.}$$

12.1.4. Resistenza totale

La resistenza totale è determinata dalla somma delle tre resistenze calcolate:

$$R_t = R_g + R_p + R_m$$

da cui risultano le corrispondenti forze totali stabilite dal prodotto della resistenza per l'area della galleria.

Introducendo i dati si ottengono, per ciascuna galleria, i seguenti valori:

Galleria	Resistenza totale R _t (Pa)	Forza totale F _t (N)
Mecciano	9.5	599
S.Barbara	7.1	447

Le forze così determinate, tenuto conto dell'area della sezione delle gallerie, sono però riferite ad aria in movimento per cui, per poter scegliere il tipo e la quantità di ventilatori, è necessario trasformare F_t in forza senza aria in movimento.

$$F_o = \frac{F_t}{K \left(1 - \frac{V_g}{V_v} \right)}$$

Prima di proseguire nel calcolo si ipotizza di poter usare un acceleratore con una portata di 24.0 m³/s, una velocità in uscita di 30 m/s ed una spinta unitaria di 850 N.

Gli acceleratori possono essere installati in volta a coppia.

K : coefficiente di posizionamento = 0,7

V_g : velocità dell'aria in galleria [m/s] = 0,60 per Mecciano; = 0,48 per S. Barbara

V_v : velocità dell'aria in uscita dal ventilatore [m/s] = 30

Introducendo i dati si ottengono, per ciascuna galleria, i seguenti valori:

Galleria	Forza F ₀ (N)
Mecciano	873.2
S.Barbara	643.1

12.1.5. Risultati del calcolo

Il numero degli acceleratori risulta dalla relazione:

$$nv = F_0/850$$

Introducendo i dati si ottengono, per ciascuna galleria, le seguenti quantità di acceleratori:

Galleria	Q.tà acceleratori calcolata	Q.tà acceleratori arrotondata a coppie per funzionamento normale
Mecciano	1.03	2
S.Barbara	0.76	2

12.2. FUNZIONAMENTO IN CASO D'INCENDIO

S'ipotizza che possa prendere fuoco un camion o comunque un mezzo pesante (condizione più sfavorevole); dagli atti del PIARC si evince che la velocità minima dell'aria da tenere in galleria per controllare i fumi è di 2÷3 m/s. Essendo la galleria bidirezionale, è evidente che qualsiasi direzione d'aria scelta andrà ad aumentare il carico termico e fumogeno di una delle due corsie.

Si procede in due fasi:

- **EVACUAZIONE:** si dovrà permettere la stratificazione del fumo in volta; per tale operazione,

cioè permettere l'evacuazione delle persone, la velocità dell'aria è di $1 \div 2$ m/s;

- LAVAGGIO: ad evacuazione avvenuta, per permettere l'intervento, ad esempio dei pompieri, si deve aumentare la velocità, in modo tale da creare un fronte pulito dalla parte in cui si deve lavorare; la velocità consigliata è di $2 \div 3$ m/s.

In caso d'incendio, è opportuno considerare che il focolaio sia situato fra una coppia di ventilatori; risulta, quindi, necessario aumentare il numero di ventilatori; è, altresì, necessario calcolare il rialzo termico della temperatura dell'aria in galleria, affinché non si superi un valore tale da compromettere lo stato di operabilità dei ventilatori.

I ventilatori sono adatti ad operare, in caso d'emergenza, a 400°C per 90 minuti.

Ipotizzando una velocità dell'aria di 3 m/s, s'avrà:

$$Q_v = A_t \times v \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

ove

Q_v = portata d'aria $[\text{m}^3/\text{s}]$,

A_t = area della sezione $[\text{m}^2] = 63$,

v = velocità dell'aria $[\text{m/s}] = 3$.

Introducendo i dati si ottiene:

$$Q_v = 189 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Il rialzo termico è invece determinato usando la seguente formula:

$$T_f = \frac{E}{\rho \cdot C_p \cdot Q_v} + 290 \quad (\text{K})$$

ove

E = potenza termica dell'incendio $\text{MW} = 30$,

ρ = massa volumica dell'aria $(\text{kg}/\text{m}^3) = 1.2$,

C_p = calore specifico dell'aria $(\text{J}/\text{kg per } ^{\circ}\text{K}) = 1005$,

290 = fattore di conversione per passare in Kelvin $(273 + t_{\text{ambiente}})$.

Introducendo i dati si ottiene

$$T_f = 421^{\circ}\text{K} (148^{\circ}\text{C}).$$

12.2.1. Perdite di carico

In caso d'incendio, l'effetto pistone viene a mancare perché il flusso veicolare è bloccato; le resistenze presenti nel tunnel sono, quindi, determinate dalla resistenza della galleria R_g e l'ipotizzato effetto meteorologico R_m .

12.2.1.1. Resistenza della galleria

Per calcolare la resistenza della galleria si è usata la seguente formula:

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

dove:

- R_g : resistenza [Pa],
 α : coefficiente di perdita all'entrata = 1,
 β : coefficiente di perdita all'uscita = 0,6,
 λ : coefficiente d'attrito delle pareti della galleria = 0,03,
 L : lunghezza galleria [m] = 810 per Mecciano; = 662 per S. Barbara,
 D_h : diametro idraulico [m] = 8,12,
 ρ : massa volumica [kg/m³] = 1,2,
 V_g : velocità dell'aria in galleria [m/s] = 3.

Introducendo i dati si ottengono, per ciascuna galleria, i seguenti valori:

Galleria	Resistenza R _g (Pa)
Mecciano	24,8
S.Barbara	21,8

12.2.1.2. Effetto meteorologico

Il fattore relativo all'effetto meteorologico si introduce per calcolare il possibile effetto della velocità del vento agli imbocchi della galleria. Essendo un parametro dipendente dalla differenza di altitudine e pressione atmosferica e non riscontrando una criticità in merito alla velocità del vento dovuta all'orografia dell'area in esame, si stima una velocità del vento di 0 m/s a cui corrisponde una resistenza di:

$$R_m = k \frac{\rho \cdot v^2}{2}$$

dove:

- k = coefficiente di perdita,
 ρ = densità dell'aria,

$v =$ velocità dell'aria.

Poiché gli imbocchi si trovano alla stessa quota, risulta:

$$R_m = 0 \text{ Pa.}$$

12.2.2. Resistenza totale

La resistenza totale è determinata dalla somma delle due resistenze calcolate:

$$R_t = R_g + R_m$$

da cui risultano le corrispondenti forze totali stabilite dal prodotto della resistenza per l'area della galleria.

Introducendo i dati si ottengono, per ciascuna galleria, i seguenti valori:

Galleria	Resistenza totale R_t (Pa)	Forza totale F_t (N)
Mecciano	24,8	1562
S.Barbara	21,8	1376

Questa forza è però riferita ad aria in movimento (3 m/s), per cui, per poter scegliere il tipo e la quantità di ventilatori, è necessario trasformare F_t in forza senza aria in movimento.

$$F_0 = \frac{F_t}{K \left(1 - \frac{V_g}{V_v} \right)} \quad (\text{N})$$

Prima di proseguire nel calcolo, si ipotizza di poter usare un acceleratore con una portata di 24 m³/s, una velocità in uscita di 30 m/s ed una spinta unitaria di 850 N.

Gli acceleratori possono essere installati in coppia.

K : coefficiente di posizionamento,

V_g : velocità dell'aria in galleria (m/s),

V_v : velocità dell'aria in uscita dal ventilatore (m/s).

Introducendo i dati si ottengono, per ciascuna galleria, i seguenti valori:

Galleria	Forza F_0 (N)
Mecciano	2480
S.Barbara	2185

12.2.3. Risultati del calcolo

Si aumenta la spinta in modo forfaitario del 50%, per cui si ottiene:

$$nv = (Fo+50\%)/850.$$

Introducendo i dati, si ottengono, per ciascuna galleria, le seguenti quantità di acceleratori:

Galleria	Quantità acceleratori calcolata	Quantità acceleratori a coppie arrotondata
Mecciano	5	6
S.Barbara	4	4

12.3. CONCLUSIONI

Si adottano acceleratori del tipo 1'000R (reversibili), con una spinta statica di circa 850 N e una potenza di circa 30 kW.

Il numero di acceleratori necessario per la soluzione di progetto è:

Galleria	Quantità acceleratori)
Mecciano	6
S.Barbara	4

13. ALLEGATO – CALCOLO DELLA RETE IDRICA ANTINCENDIO

13.1. EQUAZIONI UTILIZZATE PER IL CALCOLO

Le relazioni di calcolo applicate sono le seguenti:

- calcolo della caduta di pressione del circuito utilizzando la formula di Hazen-Williams:

$$p = (6,05 \times Q^{1,85} \times 10^9) / (C^{1,85} \times d^{4,87}),$$

- equazione della caduta di pressione dovuta alla variazione altimetrica fra la centrale antincendio e la galleria:

$$\Delta p_{altimetrica} = \rho \cdot g \cdot \Delta H,$$

- equazione della caduta di pressione totale:

$$\Delta p_{totale} = \Delta p_{circuito} \pm \Delta p_{altimetrica},$$

dove

$\Delta p_{circuito}$ = Σ cadute di pressione continue ed accidentali del circuito [Pa];

$\Delta p_{altimetrico}$ = caduta di pressione per differenza di quota [Pa];

Δp_{totale} = prevalenza della pompa per resistenze fluidodinamiche continue ed accidentali e per differenza di quota [Pa];

p perdita di carico unitaria [mm c.a./m];

Q portata acqua [l/min];

C costante dipendente dalla natura del tubo:

100 per tubi in ghisa,

120 per tubi in acciaio,

140 per tubi in acciaio inossidabile, in rame o ghisa rivestita,

150 per tubi in plastica;

d diametro interno medio della tubazione [mm];

ρ massa volumica del fluido [kg/m³]

g accelerazione di gravità [m/s²]

ΔH altezza della colonna d'acqua se la centrale è collocata ad una quota diversa da quella riferita al profilo longitudinale della galleria [m]

Il calcolo del circuito dell'impianto antincendio viene fatto sulla base della portata massima, fissata in 780 l/minuto, che consente il funzionamento contemporaneo di un idrante UNI70 e di quattro idranti UNI45; inoltre, si è tenuto conto della lunghezza e della pendenza della galleria e dell'ubicazione della centrale antincendio.

Per porsi nelle condizioni più sfavorevoli, il calcolo è stato eseguito considerando guasto uno dei due collegamenti tra la centrale di pressurizzazione ed il fornice e che gli idranti alimentati si trovino in fondo alla linea radiale che si è venuta a configurare in questa situazione.

La verifica dell'impianto è stata quindi effettuata valutando che sia garantita una pressione residua non inferiore a 0,4 MPa sugli idranti UNI 70 e di 0,2 MPa sugli idranti UNI 45.

13.2. CALCOLO DELLA RETE DI DISTRIBUZIONE DELLA GALLERIA MECCIANO

13.2.1. Caratteristiche del fluido termovettore

FLUIDO	ACQUA
Temperatura media [°C]:	10.0
Pressione [kPa]:	100.0000
Densità [kg/m ³]:	999.491
Viscosità [Pa s]:	0.00131900

TIPO DI CIRCUITO: Mandata

13.2.2. Calcolo perdite di carico del circuito

Formule utilizzate

Codice	Descrizione
1	Hazen-Williams

Tubazioni utilizzate

Codice	Descrizione
20	PEAD

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud
4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia

Opera L0703	Tratto 2B	Settore E	CEE 21	WBS IM0000	Id.doc. REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 56 di 58
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	--------------------------

Codice tratto	Descrizione del tratto	Lunghezza tratto	Portata	Costante tubo PEAD	Di tubo	Perdita unitaria	Perdita tratto	Perdita tratto
		[m]	[l/min]		[mm]	[mm c.a./m]	[mm c.a.]	[kPa]
0	Perdite in centrale							50,0
0-1	Da centrale a IDR 05	1250	780	150	147	3,56	4.451	44
1-2	Da IDR 05 a IDR 04	150	660	150	147	2,61	392	3,8
2-3	Da IDR 04 a IDR 03	150	540	150	147	1,8	271	2,7
3-4	Da IDR 03 a IDR 02	150	420	150	147	1,13	170	1,7
4-5	Da IDR 02 a IDR 01	150	300	150	147	0,61	91	0,9
6	Perdite accidentali (curve, valvole, ecc.)							10,0
7	Pressione residua su IDR 01 (UNI 70)							400
	Totale							513

13.2.3. Calcolo caduta di pressione per differenza di quota

Considerato che il fondo della vasca di accumulo di trova 5 m più in basso della quota dell'ultimo idrante, ossia $\Delta H = 5$ m, risulta:

$$\Delta p_{\text{altimetrico}} = 999,491 \times 9,8 \times 5 = 49,0 \text{ kPa.}$$

13.2.4. Perdita di carico sull'idrante più sfavorito

La perdita di carico sull'idrante più sfavorito è data dalla somma delle perdite di carico del circuito idraulico e della caduta di pressione per differenza di quota, cioè:

$$\Delta p_{\text{totale}} = 513 + 49 = 562 \text{ kPa.}$$

Pertanto, il gruppo di pressurizzazione deve prevedere una prevalenza non inferiore a 562 kPa; tenendo conto di un opportuno margine di errore, si stabilisce che la prevalenza del gruppo di pressurizzazione sia pari a 637 kPa, ossia 65 m c.a.

13.3. CALCOLO DELLA RETE DI DISTRIBUZIONE DELLA GALLERIA S. BARBARA

FLUIDO	ACQUA
Temperatura media [°C]:	10.0
Pressione [kPa]:	100.0000
Densità [kg/m ³]:	999.491

Viscosità [Pa s]: 0.00131900

TIPO DI CIRCUITO: Mandata

13.3.1. Calcolo perdite di carico del circuito

Formule utilizzate

Codice	Descrizione
1	Hazen-Williams

Tubazioni utilizzate

Codice	Descrizione
20	PEAD

Codice tratto	Descrizione del tratto	Lunghezza tratto	Portata	Costante tubo PEAD	Di tubo	Perdita unitaria	Perdita tratto	Perdita tratto
		[m]	[l/min]		[mm]	[mm c.a./m]	[mm c.a.]	[kPa]
0	Perdite in centrale							50,0
0-1	Da centrale a IDR 05	1100	780	150	147	3,56	3.917	38
1-2	Da IDR 05 a IDR 04	150	660	150	147	2,61	392	3,8
2-3	Da IDR 04 a IDR 03	150	540	150	147	1,8	271	2,7
3-4	Da IDR 03 a IDR 02	150	420	150	147	1,13	170	1,7
4-5	Da IDR 02 a IDR 01	150	300	150	147	0,61	91	0,9
6	Perdite accidentali (curve, valvole, ecc.)							10,0
7	Pressione residua su IDR 01 (UNI 70)							400
	Totale							507

13.3.2. Calcolo caduta di pressione per differenza di quota

Considerato che il fondo della vasca di accumulo di trova 5 m più in basso della quota dell'ultimo idrante, ossia $\Delta H = 5$ m, risulta:

$$\Delta p_{\text{altimetrico}} = 999,491 \times 9,8 \times 5 = 49,0 \text{ kPa.}$$

13.3.3. Perdita di carico sull'idrante più sfavorito

La perdita di carico sull'idrante più sfavorito è data dalla somma delle perdite di carico del circuito idraulico e della caduta di pressione per differenza di quota, cioè:

2.12 PEDEMONTANA DELLE MARCHE**3° stralcio funzionale: Castelraimondo nord – Castelraimondo sud****4° stralcio funzionale: Castelraimondo sud – innesto S.S. 77 a Muccia**

Opera L0703	Tratto 2B	Settore E	CEE 21	WBS IM0000	Id.doc. REL	N. prog. 01	Rev. D	Pag. di Pag. 58 di 58
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	--------------------------

$$\Delta p_{\text{totale}} = 507 + 49 = 556 \text{ kPa.}$$

Pertanto, il gruppo di pressurizzazione deve prevedere una prevalenza non inferiore a 556 kPa; tenendo conto di un opportuno margine di errore, si stabilisce che la prevalenza del gruppo di pressurizzazione sia pari a 637 kPa, ossia 65 m c.a.