



**NOUVELLE LIGNE LYON TURIN – NUOVA LINEA TORINO LIONE
PARTIE COMMUNE FRANCO-ITALIENNE – PARTE COMUNE ITALO-FRANCESE
CUP C11J05000030001**

**Chantier Opérationnel 04 – Cantiere Operativo 04
CIG Ze11ed230d**

**Travaux de réalisation des niches de retournement et d'aménagement intérieur de la galerie de La Maddalena, transport et mise en dépôt des matériaux excavés
Lavori di realizzazione delle nicchie di interscambio e di sistemazione interna della galleria La Maddalena, trasporto e messa a deposito del materiale di scavo**

**Projet Exécutif – Progetto Esecutivo
Génie civil – Opere civili**

**Gestion de la ventilation pendant les travaux - Rapport – Gestione della ventilazione durante le lavorazioni
- Relazione**

Indice	Date/ Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérfié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	29.04.2020	Première diffusion/Prima emissione	W. LANCIANO	M. GATTI	G. CASSANI
A	12.05.2020	Élaboré approuvé/Elaborato approvato	W. LANCIANO	M. GATTI	G. CASSANI
B	29.05.2020	Élaboré approuvé/Elaborato approvato	W. LANCIANO	M. GATTI	G. CASSANI

0	4	A	1	7	3	5	7	0	0	G	N	2	0	K	Z	
Cantiere Operativo Chantier Opérationnel		Contratto Contrat				Opera Ouvrage			Tratta Tronçon	Parte Partie						

E	R	E	I	M	4	0	0	1	B
Fase Phase	Tipo documento Type de document	Oggetto Objet		Numero documento Numéro de document			Indice		

Consulenza specialistica / Consultation spécialisée
Ing. Walter Lanciano
 Ordine degli Ingegneri nella Provincia di Parma
 Codice iscrizione 2994A

Empty box for signature or stamp.

-

Scala / Echelle

A	P
Stato / Statut	
Indirizzo / Adresse GED	

Il progettista / Le designer

L'appaltatore / L'entrepreneur

Il Direttore dei Lavori / Le Maître d'Oeuvre

**NOUVELLE LIGNE LYON TURIN – NUOVA LINEA TORINO LIONE
PARTIE COMMUNE FRANCO-ITALIENNE – PARTE COMUNE ITALO-FRANCESE
CUP C11J05000030001**

Chantier Opérationnel 04 – Cantiere Operativo 04
CIG Ze11ed230d

*Travaux de réalisation des niches de retournement et d'aménagement intérieur de la galerie
de La Maddalena, transport et mise en dépôt des matériaux excavés
Lavori di realizzazione delle nicchie di interscambio e di sistemazione interna della galleria La
Maddalena, trasporto e messa a deposito del materiale di scavo*

Projet Exécutif – Progetto Esecutivo
Génie civil – Opere civili

**Gestion de la ventilation pendant les travaux – Rapport
Gestione della ventilazione durante le lavorazioni - Relazione**

Consulenza specialistica a cura di :

Ing. Walter Lanciano

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Parma
Codice iscrizione 2994A

SOMMAIRE / INDICE

1. INTRODUZIONE.....	5
2. ELENCO ELABORATI	6
3. RIFERIMENTI NORMATIVI E RACCOMANDAZIONI	7
4. MODALITÀ DI GESTIONE DELLA VENTILAZIONE DURANTE LE LAVORAZIONI ED INTEGRAZIONE CON ELEMENTI DI SICUREZZA INNOVATIVI	8
4.1 GESTIONE DELLA VENTILAZIONE	8
4.2 SERRANDA DI REGOLAZIONE CIRCOLARE.....	9
4.3 CONTROLLO DEI FUMI DELLE VOLATE CON CORTINA D’ACQUA	11
4.4 SIMULAZIONE TERMOFLUIDODINAMICA.....	13
4.5 RIVELATORE LINEARE DI TEMPERATURA CON CAVO SENSORICO	14
5. SISTEMA DI SUPERVISIONE, GESTIONE E CONTROLLO	16
5.1 IMPIANTI GESTITI.....	16
5.2 ARCHITETTURA DEL SISTEMA DI SUPERVISIONE.....	16
5.3 RETE DI COLLEGAMENTO LOCALE (LAN)	17
5.4 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	17
ALLEGATO 1 – SCHEDA TECNICA VIRTUNEL.....	18

RESUME / RIASSUNTO

Ce rapport est établi dans le cadre du projet exécutif des travaux prévus pour la construction des niches d'échange à l'intérieur du tunnel exploratoire de La Maddalena et pour l'installation du revêtement de la première phase à l'intérieur du tunnel lui-même, pour toute la section excavée au TBM.

En particulier, le système de gestion de la ventilation est décrit pendant les phases de traitement, qui utiliseront une technologie de pointe intégrée à des systèmes de sécurité innovants.

Il est clair que ces aspects, qui ne sont pas purement conceptuels mais au contraire caractéristiques de la phase de construction, ne peuvent actuellement être développés que sous forme d'évaluations préliminaires et devront être définis en détail lors de la phase de préparation du chantier.

La presente Relazione viene redatta nell'ambito del Progetto Esecutivo dei lavori previsti per la realizzazione delle nicchie di interscambio da eseguirsi all'interno del cunicolo esplorativo La Maddalena e per la posa in opera del rivestimento di prima fase all'interno della galleria stessa, per tutto il tratto scavato con TBM.

In particolare viene descritto il sistema di gestione della ventilazione nel corso delle fasi di lavorazione, che si servirà di tecnologie all'avanguardia integrate con sistemi di sicurezza innovativi.

Risulta evidente che questi aspetti, che non sono prettamente progettuali ma al contrario sono caratteristici della fase di cantierizzazione, possono attualmente essere sviluppati solo in forma di valutazioni preliminari e dovranno essere definiti in dettaglio in fase di predisposizione del cantiere.

1. INTRODUZIONE

La presente relazione si inserisce tra i documenti previsti nell'ambito del Progetto Esecutivo dei lavori previsti per la realizzazione delle nicchie di interscambio da eseguirsi all'interno del cunicolo esplorativo La Maddalena e per la posa in opera del rivestimento di prima fase all'interno della galleria stessa, per tutto il tratto scavato con TBM.

In particolare viene descritto il sistema di gestione della ventilazione nel corso delle fasi di lavorazione, che si servirà di tecnologie all'avanguardia integrate con sistemi di sicurezza innovativi.

Risulta evidente che questi aspetti, che non sono prettamente progettuali ma al contrario sono caratteristici della fase di cantierizzazione, possono attualmente essere sviluppati solo in forma di valutazioni preliminari e dovranno essere definiti in dettaglio in fase di predisposizione del cantiere.

2. ELENCO ELABORATI

CO	Contratto	Opera	Tratta	Parte	Fase	Tipo documento	Oggetto	Numero documento	Titolo
04A	1735700	GN20	K	Z	E	RE	IM	4001	Impianto di ventilazione e di raffrescamento - Relazione
04A	1735700	GN20	K	Z	E	RE	IM	4002	Gestione della ventilazione durante le lavorazioni - Relazione
04A	1735700	GN20	K	Z	E	PL	IM	4004	Impianto di ventilazione e di raffrescamento – Planimetria generale
04A	1735700	GN20	K	Z	E	SE	IM	4005	Impianto di ventilazione e di raffrescamento – Sezioni trasversali
04A	1735700	GN20	K	Z	E	PL	IM	4006	Gestione della ventilazione durante le lavorazioni – Pianta con sezioni tipo e particolari di installazione della cortina d'acqua

3. RIFERIMENTI NORMATIVI E RACCOMANDAZIONI

La presente relazione è sviluppata con riferimento alle seguenti normative e raccomandazioni:

- D.P.R. del 20 marzo 1953, n.320 “Norme per la prevenzione degli infortuni e l'igiene del lavoro in sotterraneo”. Pubblicato nella Gazz. Uff. 5 maggio 1956, n. 109, S.O.;
- PSC - ALLEGATO 01 - Regole operative comuni Italo-Francesi (112 04A 17333400 SI02 1 Z E RE SI 7002 0);
- SIA 196 “ Ventilation des chantiers souterrains” (1998);
- D.lgs. 9 Aprile 2008, n. 81 - Testo Unico sulla salute e sicurezza sul lavoro. Testo coordinato con il D.Lgs. 3 agosto 2009, n. 106, Attuazione dell’articolo 1 della Legge 3 agosto 2007, n. 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro;
- Note interregionali Emilia-Toscana-Servizio Sanitario Regionale “Lavori in sotterraneo. Scavo in terreni grisutosi. Grisù 3.a edizione”;
- AITES ITA Report N1 WG5 P “Guidelines for good occupational health and safety practice in tunnel construction” (2008)
- AITES ITA Report N8 WG5 P “Guidance on the safe use of temporary ventilation ducting in tunnels” (2011)
- AFTES GT27R1A1 “Ventilation of underground works during construction” (2003)
- VentsimTM User Guide (version 4.8) – Ventsim Software
- MDG 29 “Guideline for the management of diesel engine pollutants in underground environments” NSW Department of Primary Industries, Australian Government
- Bauarbeiterschutzverordnung – BauV, BGBl. Nr. 340/1994 idF BGBl. Nr. 706/1995, BGBl. II. Nr. 121/1998 und BGBl. II Nr. 368/1998;
- SUVA. Misure di prevenzione contro il rischio di incendi ed esplosioni provocati dalla presenza di gas naturale negli strati rocciosi durante i lavori in sotterraneo. Fascicolo tecnico 66102.i. Luzern, marzo 2002.
- SUVA. Grenzwerte am Arbeitsplatz 2014. MAK- Werte, BAT-Werte, Grenzwerte für physikalische Ein- Wirkungen, Richtlinie 1903.d, Luzern, Januar 2014.

4. MODALITÀ DI GESTIONE DELLA VENTILAZIONE DURANTE LE LAVORAZIONI ED INTEGRAZIONE CON ELEMENTI DI SICUREZZA INNOVATIVI

4.1 Gestione della ventilazione

L'impianto di ventilazione di progetto (per dettagli si rimanda all'elaborato 04A-C173570-N-O-E-RE-IM-0001 "*Impianto di ventilazione e raffrescamento – Relazione*". sarà predisposto in modo tale da rimanere operativo e garantire un'adeguata ventilazione lungo tutta la galleria per tutto il periodo dei lavori, in particolare durante le fasi di scavo delle nicchie.

Si prevedrà quindi l'installazione di un setto/tampone di separazione ad una distanza idonea dalla progressiva finale di scavo della nicchia in fase di realizzazione, sufficiente a permettere il riflusso della ventilazione durante la fase di sfumo.

Il setto separatore sarà costituito da una cortina d'acqua posizionata trasversalmente ed in corrispondenza della serranda di regolazione in linea del circuito di ventilazione.

Durante le fasi di abbattimento con esplosivo, la cortina d'acqua crea una separazione tra l'area di lavoro e la successiva parte di galleria impedendo la circolazione dei fumi in quest'ultima a seguito del brillamento delle cariche esplosive. Una volta terminata la fase di sfumo, la cortina d'acqua si ferma automaticamente (o manualmente se necessario), e il sistema di distribuzione d'aria con serrande di regolazione mantiene la continuità del sistema di ventilazione fino a fondo scavo nel nuovo assetto.

La sequenza operativa per la gestione della ventilazione durante l'abbattimento con esplosivo dovrà quindi essere prevista come di seguito:

- **Fase 1** – Il sistema di ventilazione presente fornisce aria fresca sul luogo di lavoro e sul fronte scavo la portata d'aria adeguata.
- **Fase 2** – Lo scavo da realizzare è indicato in tratteggio. Viene interrotto il condotto di ventilazione a circa 5 metri dalla progressiva iniziale di scavo della nicchia. Viene attivato il setto di separazione costituito dalla cortina d'acqua (in figura simbolo ).
- **Fase 3** – Esecuzione della volata e attesa del tempo di sfumo con la ventilazione attiva fino in corrispondenza della nicchia.
- **Fase 4** – Ripristino della condotta di ventilazione e disattivazione della cortina d'acqua. La ventilazione viene ripristinata in condizioni tali da garantire l'adeguato fabbisogno di aria fresca nella nicchia per le successive operazioni di rivestimento e sul fronte scavo la portata d'aria adeguata.

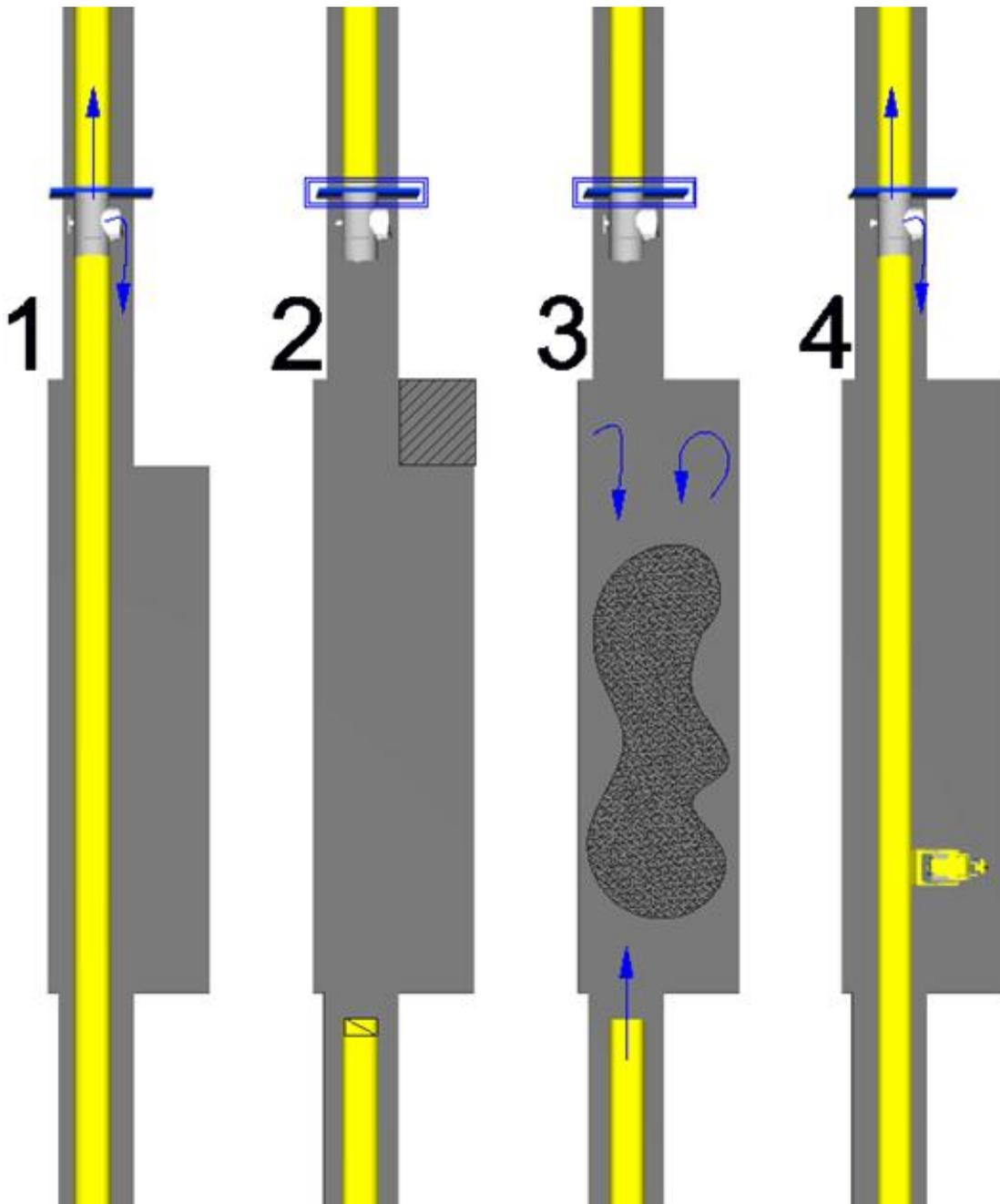


Figura 1 – Schema illustrativo della gestione della ventilazione durante le fasi di abbattimento con esplosivo.

4.2 Serranda di regolazione circolare

L'innovazione nella gestione localizzata del luogo in cui effettivamente si ha la necessità di aria fresca per le lavorazioni, viene soddisfatta con stacchi e serrande circolari installate nella tubazione di ventilazione. L'elemento di distribuzione, con stacco laterale contiene al suo interno due serrande a pala circolare dalla semplice manovrabilità per apertura e chiusura, sia in manuale che in automatico.

Inoltre grazie alla sua compattezza l'ingombro nella sezione trasversale risulta estremamente contenuto e in linea con quello della tubazione flessibile installata (vedi Figura 3 seguente).

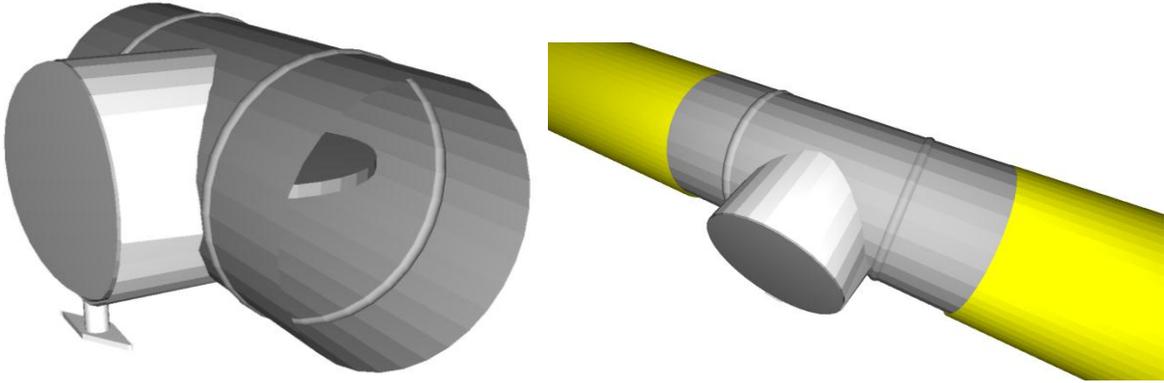


Figura 2 - elemento a doppia serranda di regolazione

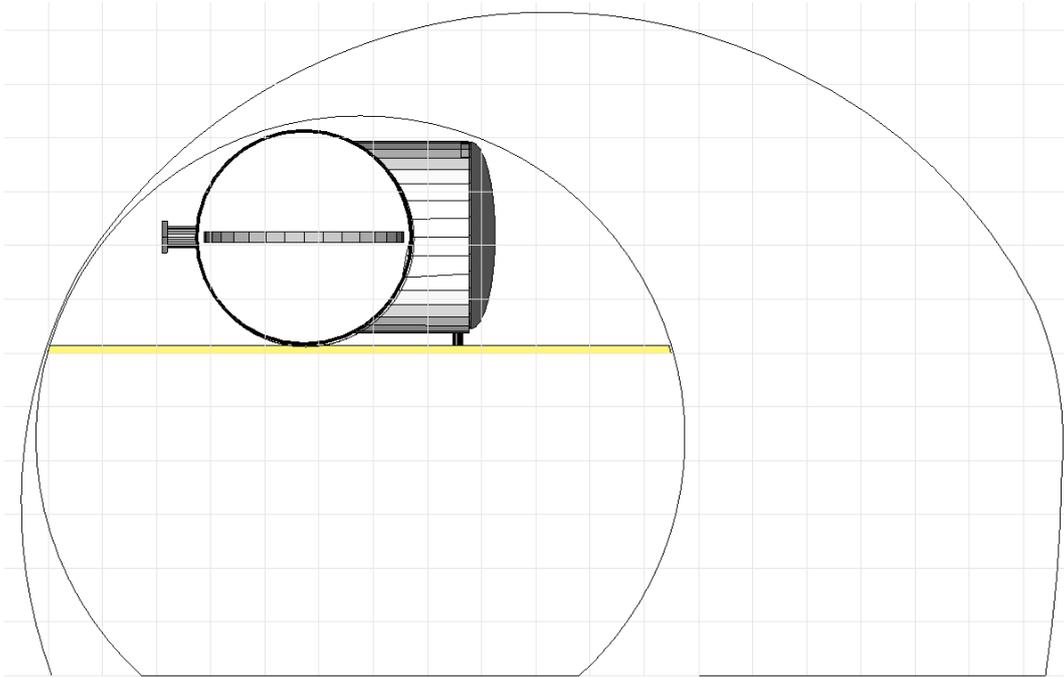


Figura 3 – sezione trasversale

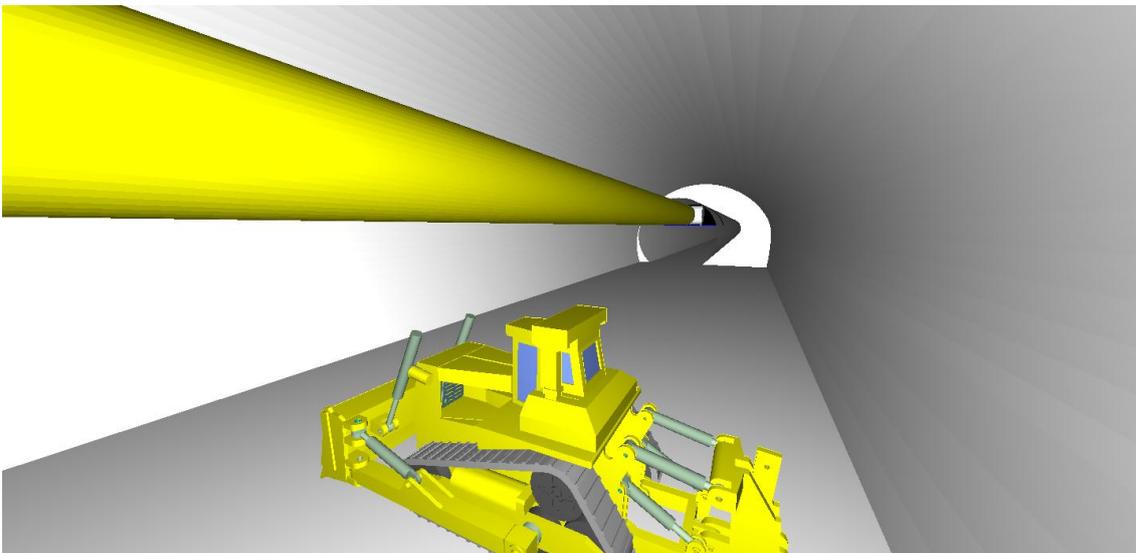


Figura 4 - vista dall'interno nicchia verso fronte scavo

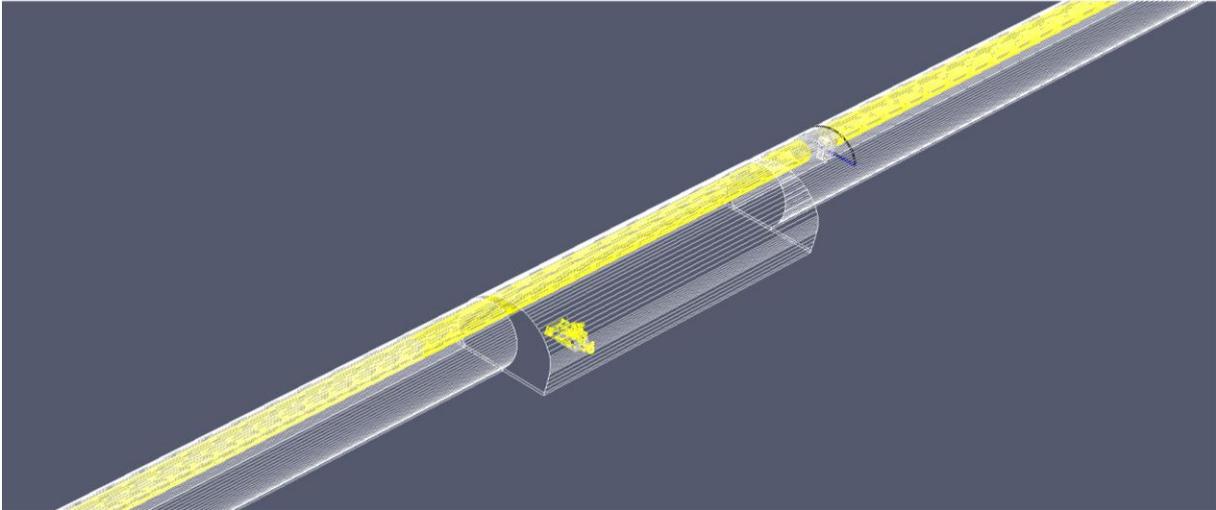


Figura 5 - prospettiva zona nicchia ed individuazione delle tubazioni

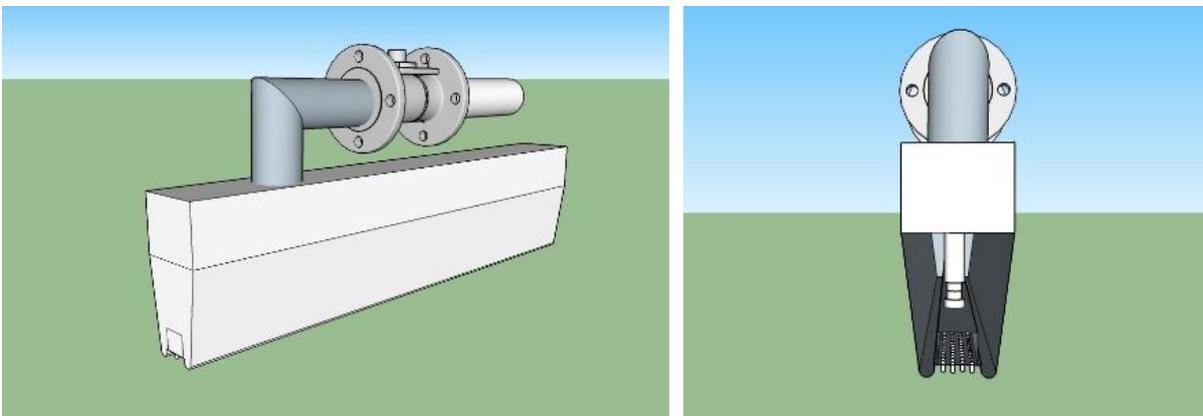
4.3 Controllo dei fumi delle volate con cortina d'acqua

La cortina d'acqua descritta sinteticamente nei paragrafi precedenti verrà realizzata mediante un sistema denominato VirTunnel (vedi scheda tecnica in ALLEGATO 1), che simula la caduta della pioggia a velocità bassissima producendo l'uscita di un fluido omogeneo e continuo su tutta l'altezza, creando una barriera di acqua senza soluzione di continuità.

Il sistema crea una schermatura termica per impedire che il fumo e i gas caldi provenienti dalle volate eseguite per lo scavo delle nicchie (ed eventualmente anche in fase di emergenza nel caso si sviluppi un incendio all'interno della galleria) possano invadere la galleria a valle dell'incendio, ossia verso il foro cieco della galleria, zona che appunto si vuole tenere libera da qualsiasi prodotto di esplosione e combustione.

Per la realizzazione della barriera d'acqua a bassissima velocità, vengono utilizzati ugelli che producono un getto cilindrico di acqua particolarmente fitto, idoneo ad ottenere un elevato assorbimento del calore.

Il VirTunnel non provoca spruzzi, essendo costituito da tubi cilindrici d'acqua perfettamente verticali e confinati in piccoli diametri, ricreando un tamponamento temporaneo e dalla facile attivazione a differenza dei sistemi rigidi a pannelli che necessitano continue ed impegnative lavorazioni.



Il sistema automatico VirTunnel è realizzato attraverso la giunzione di elementi modulari, che formano settori idraulicamente autonomi.

Ogni elemento è costituito fondamentalmente da una tubazione in acciaio inox e da supporti di fissaggio realizzati anche essi in acciaio.

La sua caratteristica principale consiste, oltre che nel bassissimo consumo energetico, nella facilità di montaggio che rende la sua posa veloce e indipendente dell'andamento nella realizzazione delle opere civili.

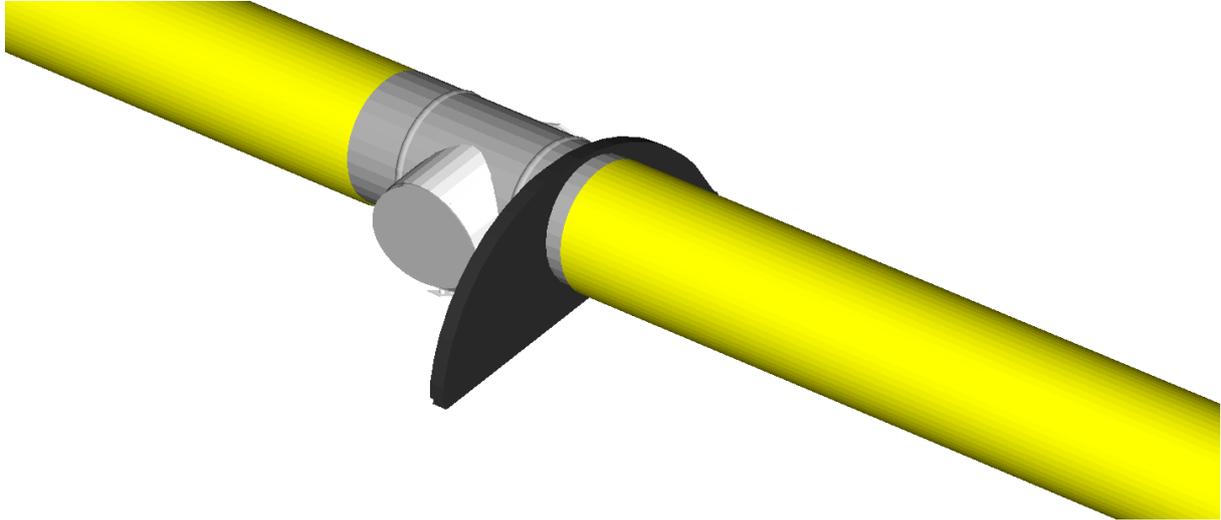


Figura 6 - individuazione degli elementi costitutivi

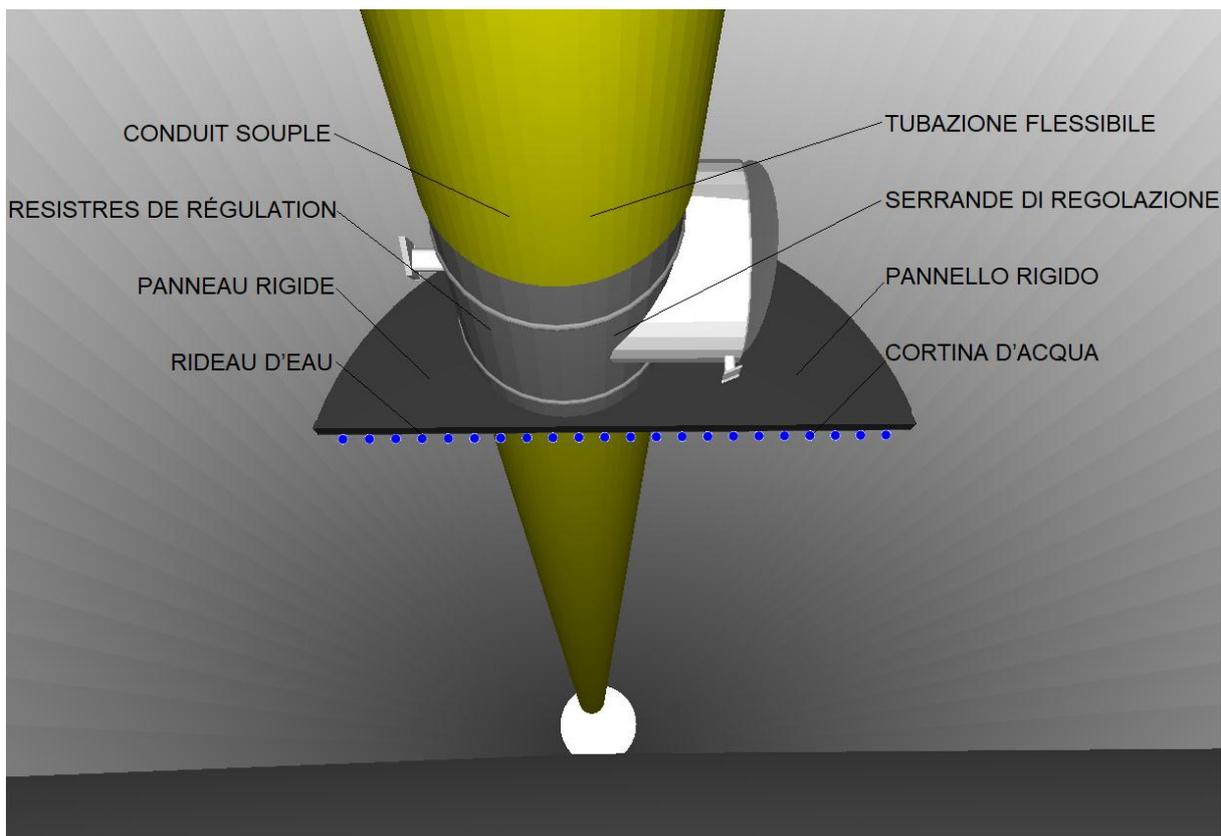


Figura 7 - individuazione degli elementi costitutivi

Il setto di separazione ad acqua garantisce un adeguato isolamento tra l'area di lavoro in corrispondenza delle nicchie e la successiva parte di galleria e prevede inoltre un sistema di apertura per poter permettere la circolazione dell'aria all'interno della galleria in seguito al ripristino della ventilazione successivamente ai brillamenti.

4.4 Simulazione termofluidodinamica

Per verificare la funzionalità del sistema si è provveduto all'esecuzione di una simulazione termofluidodinamica con definizione di un apposito modello 3D.

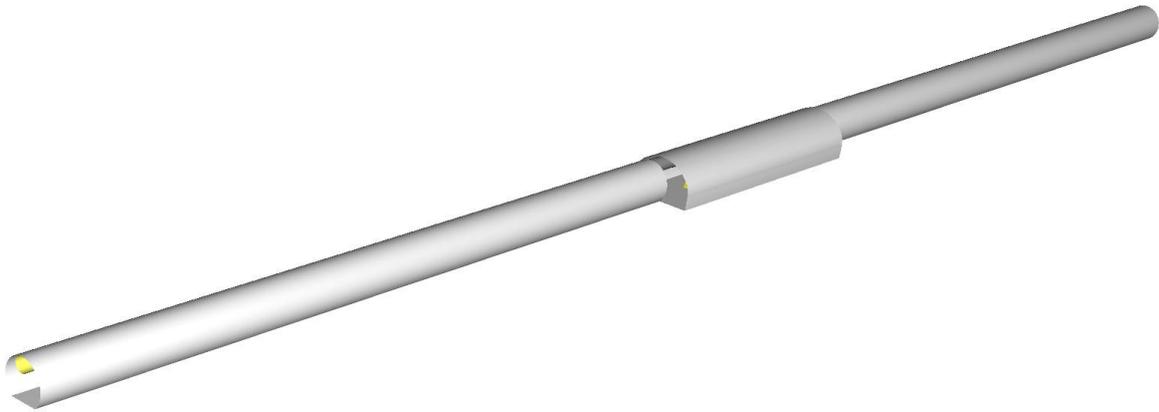


Figura 8 - inquadramento del modello 3D oggetto di simulazione

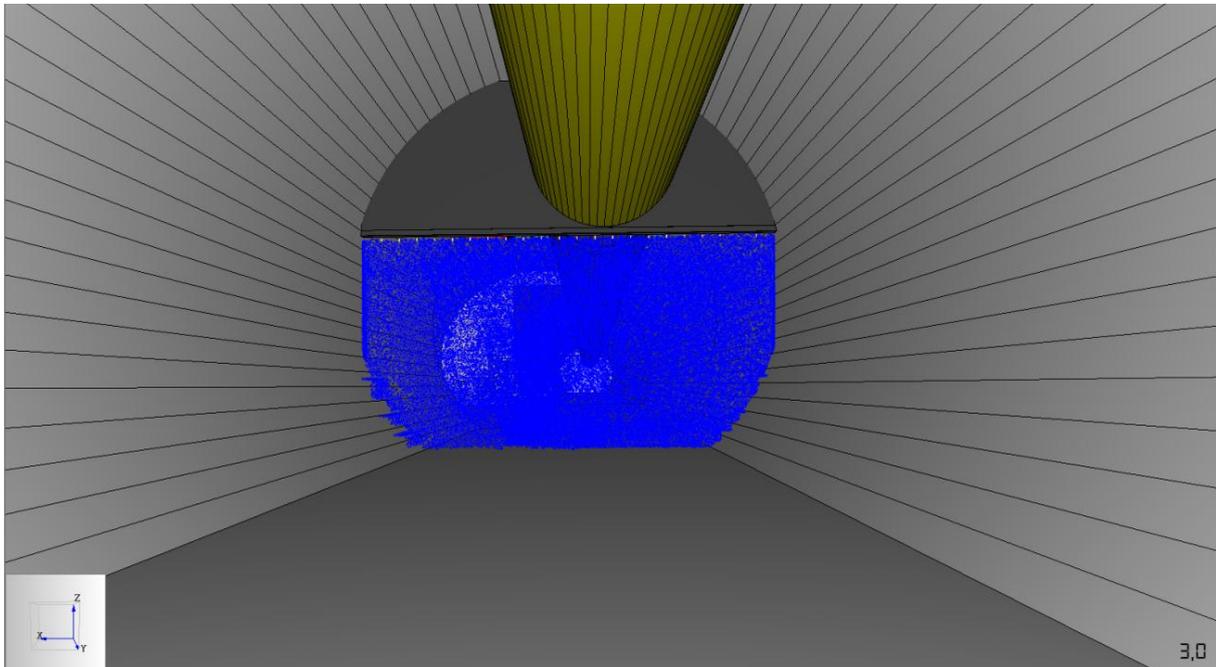


Figura 9 - Simulazione CFD della cortina d'acqua – istante t=3s

I risultati della simulazione della cortina d'acqua in galleria a foro cieco soddisfano le prestazioni attese.

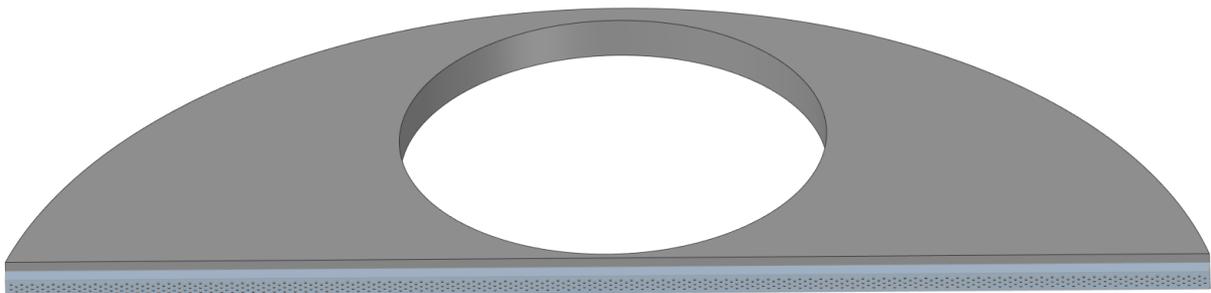


Figura 10 – Vista dal basso della cortina d'acqua

Nel seguito si riportano i diagrammi cromatici 3D della simulazione CFD a verifica dell'efficacia del sistema cortina d'acqua – distributore con serranda a pala circolare.

La direzione del flusso d'aria è sempre verso l'uscita della galleria. L'unica rappresentazione cromatica di velocità entrante è relativa alla velocità delle particelle d'acqua della cortina.

Inoltre la simulazione ha permesso di verificare che la velocità media dell'aria nella galleria, alla portata d'aria di progetto del sistema di ventilazione predimensionato, è inferiore a 5 m/s, come prescritto dal DPR 320/53.

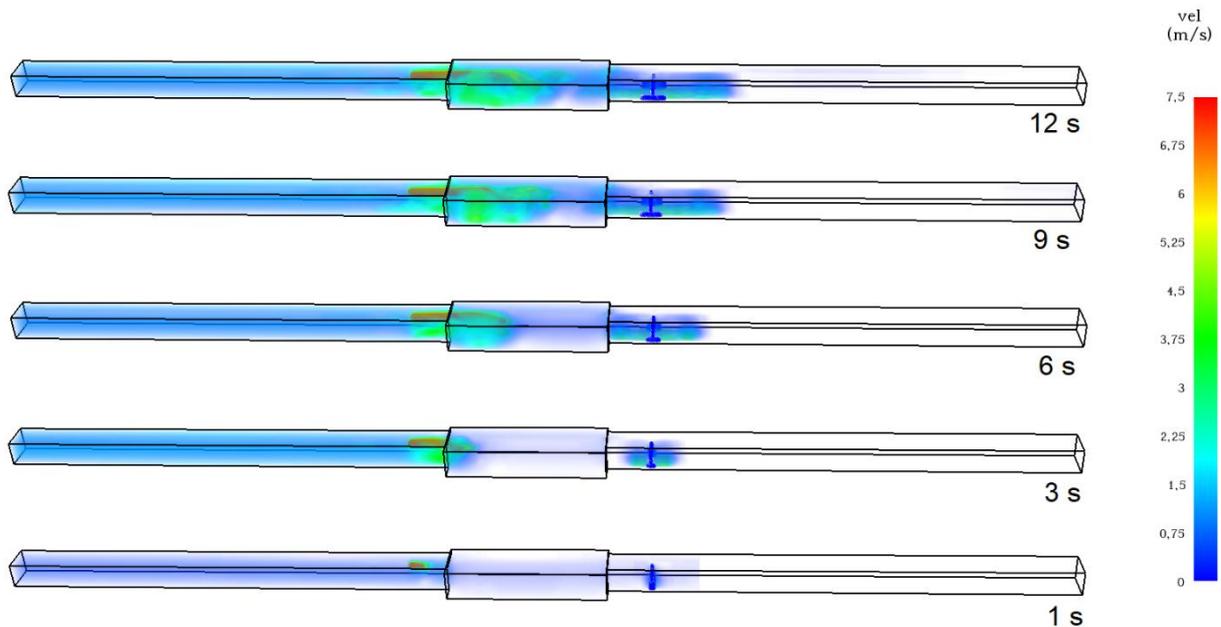


Figura 11 - Diagrammi cromatici della velocità dei fluidi

4.5 Rivelatore lineare di temperatura con cavo sensorico

Il sistema di gestione della ventilazione durante le lavorazioni sarà integrato con un rivelatore di temperatura tipo MODULTEM (il primo sistema lineare modulare "Plug & Play"), i cui componenti principali sono:

- **Control Unit:** Unità di controllo per il trattamento delle informazioni provenienti dal cavo termosensibile e per la comunicazione con il sistema di supervisione;
- **Sensor Cable:** Rivelatore termico lineare con cavo dotato di sensori termosensibili posizionati a distanze fisse all'interno del cavo.



Figura 12 – Control unit e sensor cable

L'Unità di controllo del rilevatore di temperatura può controllare fino a due derivazioni (per una lunghezza massima di 2 X 250 m) e fornisce l'alimentazione elettrica, effettua la scansione ciclica dei sensori inseriti nel cavo, legge i valori di temperatura ed elabora le misure con i diversi criteri di riferimento ogni 10 secondi (ciclo di misura).

Quando la temperatura di un sensore supera la soglia massima viene generato un allarme. Lo stesso accade anche quando vi è un incremento di temperatura, anche di pochi gradi, in un dato intervallo di tempo prefissato (allarme differenziale).

Dato che la temperatura viene misurata con una risoluzione di 0,1°C, il sistema raggiunge una alta sensibilità e, grazie all'uso di affidabili algoritmi, consente l'eliminazione di falsi allarmi.

Il sistema automatico di rilevamento incendio a Cavo Sensorico è specialmente adatto per applicazioni con condizioni ambientali estreme e non è influenzato da fumi di scarico, polvere, umidità, nebbia, variazioni di pressioni dell'aria, vibrazioni e campi elettromagnetici.

Il sistema può essere fissato direttamente sulla fune d'acciaio del sistema di sospensione della tubazione di ventilazione. Oltre alla temperatura istantanea e al gradiente di temperatura, il sistema rileva anche la direzione del flusso di fumi caldi in caso d'incendio.

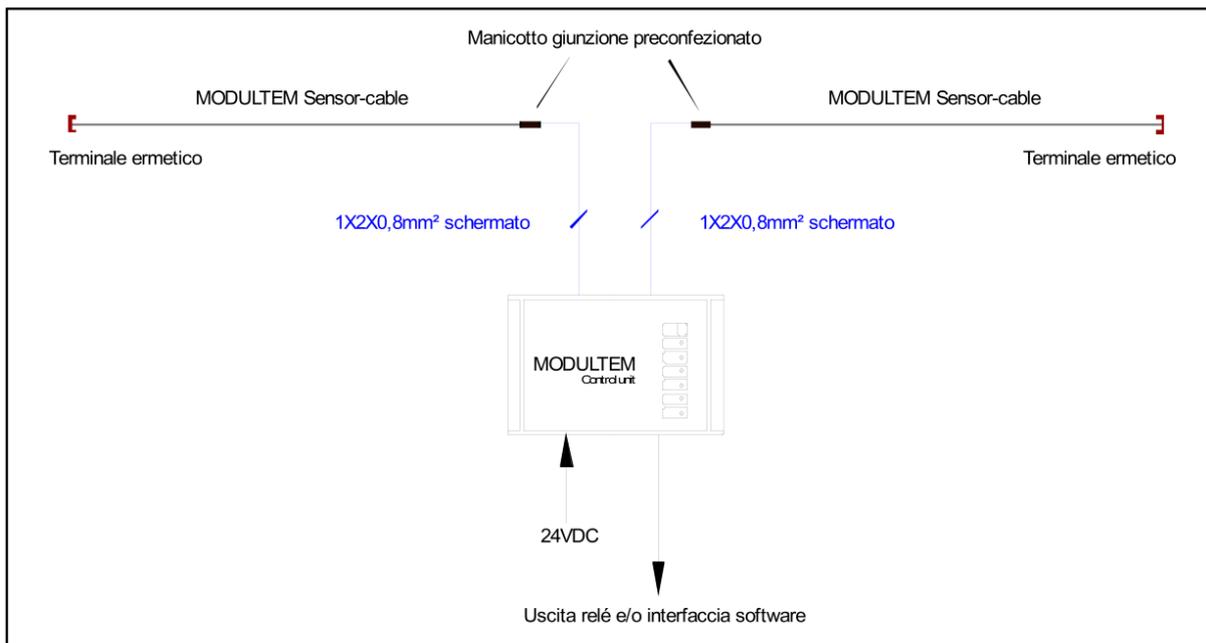


Figura 13 – Schema sistema di rilevazione temperatura

5. SISTEMA DI SUPERVISIONE, GESTIONE E CONTROLLO

La gestione ed il controllo del sistema predisposta saranno realizzati in modo tale da garantire tutte le interazioni funzionali e di sicurezza tra i vari sistemi e sottosistemi oltre alla completa supervisione locale e centralizzata degli impianti previsti. Inoltre il sistema permetterà il comando ed il controllo degli impianti installati a servizio della galleria in fase di scavo delle nicchie.

5.1 Impianti gestiti

Gli impianti gestiti dal sistema di controllo sono i seguenti:

- Ventilazione galleria:
 - Sensori: di monossido di carbonio in galleria; di opacità dell'aria in galleria; di velocità e temperatura dell'aria in galleria; di vibrazione ed orizzontalità dei ventilatori di rilancio; di temperatura degli avvolgimenti dei motori;
 - Comando e stato: dei ventilatori; delle serrande; del Gruppo Frigo; delle protezioni installate nei quadri elettrici.
- Illuminazione:
 - Segnali di stato delle protezioni installate nei quadri elettrici e regolatori di flusso;
 - Comando e stato dell'illuminazione ordinaria e di emergenza.
- Impianto di comunicazione e di emergenza
- Impianto TVCC: Segnali di allarme e diagnostica dai nodi TVCC di cabina.
- Impianto idrico antincendio e trattamento acque
- Impianto rivelazione incendio: Centrali gestione Cavi Sensorici.
- Impianti elettrici di potenza in cabina

Il sistema di controllo sarà strutturato in modo da mantenere le funzioni vitali delle unità elementari degli impianti cosicché un'interruzione del sistema stesso, non pregiudichi in alcun modo l'intervento di base dei sistemi di sicurezza.

Le informazioni raccolte dai sensori, verranno processate da sistemi che, in accordo a specifici algoritmi, allertano il personale di controllo e disporranno una procedura di reazione alla variazione delle condizioni di esercizio; sia per le condizioni di normale, sia in caso di eventi incidentali.

5.2 Architettura del sistema di supervisione

L'architettura dell'impianto di supervisione risulta essenzialmente costituita da:

- N° 1 PC - Stazione operatore di supervisione/controllo generale dell'impianto
- N° 1 stampante in B/N per i report
- Software SCADA - Supervisory Control And Data Acquisition completo di licenze.

I PLC saranno collegati tra loro e con le altre unità del sistema tramite rete di comunicazione locale (LAN) realizzata in fibra ottica ad anello. I PLC possiedono gli algoritmi di gestione generali ed i protocolli di comunicazione verso le altre unità I/O.

5.3 Rete di collegamento locale (LAN)

Per la trasmissione dei dati tra i PLC e le unità I/O la rete prevista è del tipo ad anello.

Essa sarà costituita da cavo in fibra ottica multimodale 50/125µm, armata con guaina doppia serie LSOH per posa interna/esterna.

5.4 Considerazioni conclusive

Analogamente a tutti gli aspetti trattati in questa fase di progetto esecutivo, caratterizzato da un'adeguata definizione del livello di dettaglio, per aspetti legati alla gestione degli impianti, in particolare quelli connessi alla sicurezza, si rimanda alla fase operativa di cantiere per una migliore ed efficiente gestione dei sistemi e risorse presenti in ogni fase.

ALLEGATO 1 – SCHEDA TECNICA VIRTUNEL



Scheda TECNICA

VirTunel

Cortina di acqua per situazioni di emergenza
all'interno delle gallerie.

In partnership with:



BSC Project Srl
P.I./C.F. 11313010156
info@becproject.it
www.becproject.it
Pec: becproject@pec.it

Sede Legale:
Via Ettore Bugatti, 11
Milano 20142
Cap. Soc. € 300.000,00 I.V.
Rea Milano 1456342

Sede Operativa:
Via Giovanni Marcora, 9/11
San Donato Milanese 20097 (MI)
Tel +39 02 98232858
Fax +39 02 98233109

Pagina 1 di 3



I - DESCRIZIONE.

Cortina d'acqua ideata per fungere da separazione tra la zona interessata dai prodotti della combustione ed il passaggio delle persone in caso di evento all'interno di una galleria.



Art. N. 79.101.3.4

II - CARATTERISTICHE.

Canale rettangolare in acciaio inossidabile di 3m di larghezza e 80 mm di spessore. Nella parte inferiore dispone di fori dai quali fuoriesce l'acqua che forma la cortina.

III - DATI IDRAULICI.

Q= 10 mc/h per 3 metri di cortina.

P= 1 m.c.a.

Entrambi i parametri si riferiscono all'attacco del collegamento alla cortina.

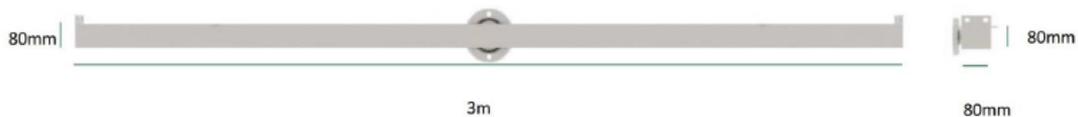
IV - COLLEGAMENTO IDRAULICO.

Attacco DN65 PN10

Norma 2642

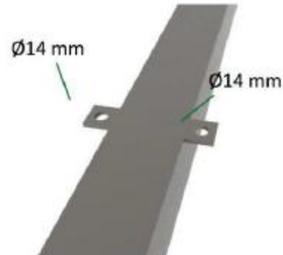
Si collega al sistema idraulico tramite 4 viti M16.

V - MISURA DELLA CORTINA.

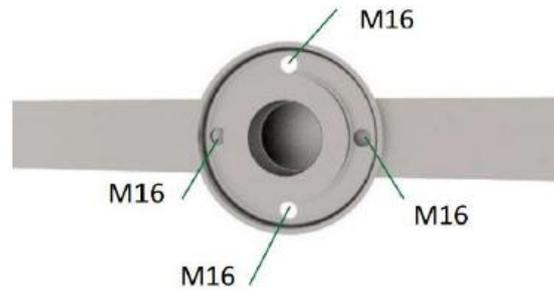




VI - DETAGLIO FISSAGGIO.



VII - DETAGLIO ATTACCO:



In partnership with:

