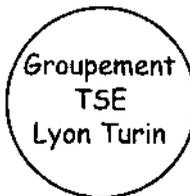


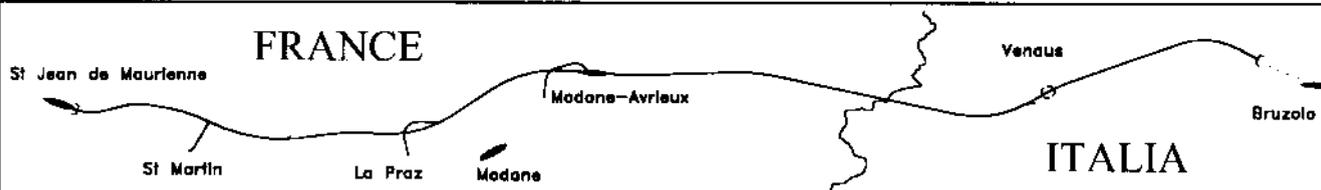


Questo progetto è cofinanziato dall'Unione europea (TEN-T)



NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO TRANSALPINO TORINO - LIONE
TRATTA CONFINE DI STATO ITALIA/FRANCIA - BRUZOLO

INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE
DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N°443/2001



PROGETTO PRELIMINARE

Opzioni di ventilazione della galleria di
Bussoleno

Scala

| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Autorizzato |
|------|------------------|--------------|------|------------|------|-----------|------------|-------------|
| A | EMISSIONE FINALE | M.CIARNIELLO | - | A.VENTURA | - | N.NICITA | 20/02/2003 | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|------|---------|-----------|---|---|-----------|-------------------|---|---|---------|---|---|---------|---|---|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Rif.Doc. | P | P | 2 | 0 | 8 | 5 | T | S | E | 2 | R | A | N | X | : | : | E | : | : | : | 2 | 1 | 2 | 3 | A |
| | fase | n° S.C. | emettente | | | tipo doc. | codice geografico | | | oggetto | | | n° doc. | | | indice | | | | | | | | | |

INDICE

| | | |
|----|--|----|
| 1. | PREMESSA..... | 2 |
| 2. | SCENARI DI RIFERIMENTO..... | 3 |
| 3. | DESCRIZIONE DEL SISTEMA..... | 4 |
| | 3.1. Funzionamento dell'impianto di sovrappressione..... | 4 |
| | 3.1.1. REGOLAZIONE DEL FUNZIONAMENTO DI UN COLLEGAMENTO IN CASO DI INCENDIO..... | 6 |
| 4. | RISPOSTA DEL SISTEMA RISPETTO AGLI SCENARI DI RIFERIMENTO..... | 7 |
| | 4.1. Incendio alla motrice di testa su treno passeggeri tipo ETR500 (o due TGV accoppiati); | 7 |
| | 4.2. Incendio alla motrice di coda su treno passeggeri tipo ETR500 (o due TGV accoppiati); | 7 |
| | 4.3. Incendio al centro treno su treno passeggeri tipo ETR500 o due TGV accoppiati;..... | 7 |
| | 4.4. Incendio alla motrice di un treno merci o treno AF;..... | 8 |
| | 4.5. Incendio in qualsiasi carro di un treno merci o treno AF..... | 8 |
| 5. | CONFRONTO CON LE MODALITA' DI PROTEZIONE DEL TUNNEL DI BASE (VENTILAZIONE LONGITUDINALE)..... | 9 |
| 6. | ALCUNE VALUTAZIONI SUI COSTI..... | 10 |
| 7. | RIFERIMENTI..... | 11 |

1. PREMESSA

Il presente documento riporta una soluzione alternativa per la sicurezza in galleria del tunnel di Bussoleno, rispetto alla soluzione individuata per il tunnel di base.

Tale soluzione è stata sviluppata come alternativa secondo quanto richiesto dal gruppo di lavoro ventilazione del Comitato di Sicurezza e segue i criteri e l'approccio alla sicurezza utilizzato nelle gallerie attualmente in fase di progettazione e di realizzazione in Italia. Ciò anche in considerazione del fatto che tale standard di sicurezza è applicato nelle gallerie del Gravio e del Musinè che, in territorio italiano, seguono la galleria di Bussoleno in direzione Torino.

Ovviamente la soluzione presentata implica una modifica dei termini di riferimento del progetto che suggerivano la ventilazione longitudinale del tunnel ferroviario, senza dare spazio a soluzioni alternative o equivalenti.

Infine occorre ricordare, come del resto risulterà evidente dal tipo di soluzione proposta, che tale soluzione è valida soltanto nella configurazione della galleria di Bussoleno a doppia canna singolo binario.

2. SCENARI DI RIFERIMENTO

Gli scenari presi a riferimento per effettuare sia il dimensionamento che il confronto con la soluzione relativa al tunnel di base sono i seguenti:

- a) Incendio alla motrice di testa su treno passeggeri tipo ETR500 o due TGV accoppiati;
- b) Incendio alla motrice di coda su treno passeggeri tipo ETR500 o due TGV accoppiati;
- c) Incendio al centro treno su treno passeggeri tipo ETR500 o due TGV accoppiati;
- d) Incendio alla motrice di un treno merci o treno AF;
- e) Incendio in qualsiasi carro di un treno merci o treno AF.

Per ogni scenario sarà considerata la presenza di treni passeggeri sia a monte che a valle del treno incidentato, situazione che rappresenta il "worst case" dal punto di vista della sicurezza, visto il numero di persone potenzialmente coinvolgibili.

3. DESCRIZIONE DEL SISTEMA

Il sistema si fonda sul concetto che in caso di incidente, in particolare con sviluppo di incendio, sia possibile ricoverare i passeggeri in un luogo al sicuro dall'evento incidentale e con la possibilità comunque di esodare verso l'esterno con tranquillità in assoluta sicurezza.

Il luogo nel quale è possibile garantire quanto indicato è rappresentato dalla canna adiacente a quella incidentata.

Quindi occorre garantire il ricovero delle persone nella canna adiacente minimizzando il percorso all'interno della galleria incidentata. A tal fine, considerando le caratteristiche dei treni (conformi alle STI), l'interasse ottimale per i collegamenti tra le due canne è circa 250. Infatti con tale distanza nelle condizioni peggiori si hanno almeno due collegamenti (rameaux) a disposizione per il passaggio nella canna sana, con un percorso massimo in galleria dell'ordine delle decine di metri (considerando che una parte del percorso di evacuazione viene effettuato a bordo treno).

Tutto ciò è sempre vero a prescindere dalla posizione dell'incendio a bordo treno.

Ovviamente tutti i collegamenti (rameaux) sono progettati in modo da impedire che i fumi possano passare dalla canna incidentata a quella sana. A tal fine tutti i collegamenti sono dotati di due porte (REI 120), ognuna in corrispondenza di una canna, e di un sistema di ventilazione che mette il collegamento in sovrappressione rispetto alla galleria incidentata, in modo tale da impedire l'ingresso dei fumi, anche quando le porte sono aperte durante le fasi di esodo.

3.1. Funzionamento dell'impianto di sovrappressione

I collegamenti costituiscono quindi dei locali che vengono pressurizzati (V. Tavola 1) mediante appositi ventilatori e isolati dalle due canne mediante pareti e porte di tipo REI 120' od HCM 120', resistenti alle alte temperature.

Per ciascun collegamento vengono installati un primo ventilatore in corrispondenza della parete di separazione rispetto ad una canna ed un secondo ventilatore in corrispondenza della parete di separazione dall'altra canna.

In caso di incendio in una canna, vengono avviati dal PCC (Posto di Controllo Centralizzato) i ventilatori installati dal lato della canna indenne attraverso i PLC (Controllore a Logica Programmata) dei rami interessati dall'evento.

Questi ventilatori pressurizzano i rami ed impediscono l'ingresso dei fumi dalla canna incidentata entro i rami di comunicazione ed entro la canna indenne, allorquando i passeggeri accedono ai collegamenti per l'evacuazione.

Vengono messi in funzione i ventilatori dei collegamenti nel tratto di galleria interessato dall'incendio. In tal modo viene impedito in qualsiasi evenienza l'efflusso dei fumi verso la canna indenne.

La sovrappressione di ciascun collegamento rispetto alla canna incidentata è di ≈ 40 Pa a porte chiuse. La pressione di 40 Pa è controllata mediante una serranda di regolazione disposta sulla parete opposta a quella su cui è installato il ventilatore in funzione. A porta aperta la pressione cade a ≈ 21 Pa, sufficiente ad impedire l'ingresso dei fumi.

Pertanto su ciascuna parete, che si affaccia verso ciascuna canna, viene disposta l'apparecchiatura costituita da (V. Tav. 1) :

- una griglia di presa dell'aria dalla canna;
- una serranda tagliafuoco ed una serranda motorizzata di regolazione;
- un ventilatore di mandata dell'aria nel collegamento con comando da inverter;
- una serranda (motorizzata) di regolazione della pressione, anch'essa dotata di serranda tagliafuoco.

La serranda di regolazione della pressione viene munita di pressostato differenziale fra il collegamento e la galleria incidentata, in modo da mantenere automaticamente, tramite controllo da PLC locale e da PCC, la differenza di pressione di 40 Pa. Il pressostato agisce (via PLC), anche sull'inverter che alimenta il ventilatore.

Il ventilatore funziona a numero di giri variabile.

Il calcolo del ventilatore e della sua portata in caso di incendio in galleria, con porta del collegamento aperta verso la canna incidentata, è stato fatto sulla base delle relazioni deducibili da [1], tenendo conto inoltre delle indicazioni date in [2] e [3].

Dal calcolo risulta un ventilatore assiale con una portata di $\approx 10 \text{ m}^3/\text{s}$, con una prevalenza di $\approx 500 \text{ Pa}$, potenza del motore del ventilatore di $\approx 8 \text{ kW}$.

Per svolgere il calcolo si sono assunte le condizioni al contorno più pesanti, per quanto riguarda la portata di aria attraverso la porta aperta; esse corrispondono al caso in cui nella canna incidentata la velocità longitudinale dell'aria sia nulla, [3], mentre per i fumi vi è almeno la velocità longitudinale dovuta all'effetto camino.

La porta fra il collegamento e la canna è a due battenti; essa ha le dimensioni di $(0,6+0,6) \times 2,1 \text{ m}$ e richiede una forza per aprire un battente pari a $\approx 5 \text{ kgf}$, ampiamente tollerabile degli utenti. La corrente di aria che investe la persona, che entra a porta aperta, corrisponde ad un vento di $\approx 14 \text{ km/h}$ ($3,8 \text{ m/s}$).

Se in fase di esercizio sarà ritenuto necessario, i collegamenti possono essere ventilati in permanenza con una portata corrispondente ad un ricambio di $2\div 3 \text{ Vol/h}$.

Tenuto conto peraltro del notevole effetto pistone esercitato dai treni sulle pareti dei collegamenti, è opportuno che, quando il collegamento non viene utilizzato per l'emergenza incendio, il ventilatore resti fermo e le serrande di regolazione siano totalmente chiuse a buona tenuta.

3.1.1. REGOLAZIONE DEL FUNZIONAMENTO DI UN COLLEGAMENTO IN CASO DI INCENDIO

Lo schema di principio della regolazione del funzionamento della ventilazione in un collegamento in caso di incendio è illustrato nella Tav. 2. Le modalità del funzionamento di massima possono essere così riassunte.

1. Se l'incendio si verifica nella canna 1, il PLC del collegamento mette in funzione il ventilatore 4 mediante l'inverter 3', apre la serranda motorizzata e controlla il raggiungimento della pressione di 40 Pa nel collegamento, attraverso il pressostato differenziale 3. Il segnale del pressostato differenziale regola, attraverso il PLC del collegamento, il funzionamento del ventilatore a numero di giri variabile e gli angoli di apertura delle serrande motorizzate 5 e 9, in modo da mantenere nel collegamento una sovrapposizione di 40 Pa rispetto alla pressione della canna incidentata.
2. Se si chiude la serranda tagliafuoco 6 per temperatura elevata nella canna 1, il PLC apre la serranda 7 ed agisce sulle serrande 7 e 9, quando il pressostato 3 segnala una sovrappressione di 50 Pa rispetto alla canna 1, in modo da scaricare l'aria dal collegamento verso la canna 2.
3. Il funzionamento del sistema di regolazione della ventilazione del collegamento e l'apertura della porta è segnalato al PCC. Dal PCC è possibile intervenire sul PLC del collegamento.

I PLC dei collegamenti sono localizzati nei rispettivi locali tecnici di pertinenza.

Viene previsto inoltre un funzionamento in modo degradato della ventilazione del collegamento.

4. RISPOSTA DEL SISTEMA RISPETTO AGLI SCENARI DI RIFERIMENTO

Di seguito si riportano le simulazioni di risposta del sistema rispetto agli scenari indicati nel paragrafo 2 con i presupposti che i treni passeggeri rispondano alle STI e che il segnalamento sia del tipo ERTMS di livello II.

Per tutti gli scenari si considera il caso peggiore in cui il treno si arresta con l'incendio in corrispondenza di un collegamento.

Si suppone altresì l'evacuazione lungo treno (che offre una compartimentazione dell'incendio per 30 minuti secondo le STI) e la discesa nel punto più vicino ad un collegamento.

Inoltre in tutti gli scenari nella canna incidentata i treni a valle di quello incidentato proseguono la marcia almeno fino all'uscita del tunnel, quelli a monte si arrestano e invertono il senso di marcia per uscire anch'essi dal tunnel; nella canna sana i treni a valle dei collegamenti corrispondenti al treno incidentato proseguono la marcia, mentre per quelli a monte occorre che l'operatore in base alla situazione che si presenta decida le modalità di comportamento (retrocessione, avanzamento con marcia a vista, ecc.).

Occorre considerare che nel tunnel di Bussoleno nelle condizioni peggiori si possono trovare al massimo due treni per senso di marcia.

4.1. *Incendio alla motrice di testa su treno passeggeri tipo ETR500 (o due TGV accoppiati);*

In questo caso considerando la lunghezza del treno ed il fatto che gli spostamenti avvengono dentro il treno, la discesa dal treno può essere effettuata dalla carrozza vicino al collegamento agibile riducendo la permanenza nella galleria incidentata di ogni persona a qualche secondo.

E' da tener presente che nelle fasi di esodo, in prossimità del collegamento, si beneficia di un flusso di aria proveniente dalla galleria sana spinta dai ventilatori di pressurizzazione dei collegamenti.

4.2. *Incendio alla motrice di coda su treno passeggeri tipo ETR500 (o due TGV accoppiati);*

Il caso è analogo al precedente.

4.3. *Incendio al centro treno su treno passeggeri tipo ETR500 o due TGV accoppiati;*

In questo scenario l'esodo dei passeggeri dovrebbe avvenire dalle carrozze di testa e di coda ad una distanza massima intorno ai 70 m. Tale percorso in galleria può essere coperto in poco più di un minuto, quindi si arriva ad una permanenza delle persone nella galleria incidentata dello stesso ordine di grandezza.

4.4. Incendio alla motrice di un treno merci o treno AF;

In tale evento i macchinisti possono esodare verso il collegamento più vicino, considerando la velocità di spostamento dell'ordine di 60 m/min presi a riferimento per l'esodo dei passeggeri. La distanza massima da percorrere è circa 250 m nel caso più sfavorevole.

Gli altri treni passeggeri possono uscire dalla galleria senza ulteriori problemi.

Nel caso dei treni AF viene utilizzato il Modulo SONIA. In alternativa l'esodo può avvenire come per il treno passeggeri.

4.5. Incendio in qualsiasi carro di un treno merci o treno AF.

In tale evento i macchinisti possono esodare verso il collegamento più vicino. In questo scenario possono gestire l'arresto del treno per posizionarsi il più vicino possibile al collegamento.

Gli altri treni passeggeri possono uscire dalla galleria senza ulteriori problemi.

Nel caso dei treni AF viene utilizzato il Modulo SONIA. In alternativa, ed in questo caso in modo estremamente efficace, l'esodo può avvenire come per il treno passeggeri.

5. CONFRONTO CON LE MODALITA' DI PROTEZIONE DEL TUNNEL DI BASE (VENTILAZIONE LONGITUDINALE)

Rispetto alla ventilazione longitudinale del tunnel questa soluzione presenta i seguenti vantaggi.

- a) Il sistema funziona a prescindere dalla potenza dell'incendio, della posizione dell'incendio e della distribuzione dei rotabili in galleria.
- b) I treni sia a monte che a valle possono procedere alla velocità massima consentita (e quindi liberare più velocemente la galleria per gli interventi di emergenza) in quanto non interferiscono con la ventilazione.
- c) La velocità di movimento dei fumi in galleria è più bassa in quanto guidata solo dalla differenza barometrica agli imbocchi e dalla differenza di densità dei fumi e dell'aria calda nella galleria incidentata (effetto camino). Ciò permette di avere un ampio margine di tempo per la gestione dei treni a monte del treno incidentato.
- d) Il sistema funziona in maniera univoca a prescindere dallo scenario (l'unica informazione assolutamente necessaria è sapere quale delle due canne è interessata dall'evento incidentale), quindi da parte del personale del PCC non devono prese decisioni che aumenterebbero le probabilità di errore.
- e) Il mancato funzionamento del sistema di pressurizzazione non implica necessariamente l'inutilizzabilità dei collegamenti che sono comunque dotati di porte che rappresentano una protezione passiva.
- f) Le potenze elettriche impegnabili risultano di gran lunga inferiori a quelle della ventilazione longitudinale (non si ha necessità di avere a disposizione in ogni momento delle potenze elevate), considerando anche che possono essere pressurizzati soltanto i collegamenti vicino all'incidente (ad es per un tratto di 2 km).
- g) Il sistema non necessita della realizzazione di una finestra intermedia.

La ventilazione longitudinale ha i seguenti vantaggi rispetto al sistema di cui al presente documento.

- a) L'evacuazione nella galleria incidentata in direzione contraria a quella di ventilazione, a monte dell'incendio, viene effettuata in assenza di fumi.
- b) I collegamenti tra le due canne sono meno numerosi.
- c) I mezzi e le squadre di soccorso possono entrare ed intervenire lungo la galleria incidentata nella parte resa libera dai fumi.

6. ALCUNE VALUTAZIONI SUI COSTI

Per effettuare valutazioni di prima approssimazione sui costi ci si basa sui costi delle sole Opere Civili, dato il loro peso relativo.

Come Opere civili la soluzione descritta nel presente documento, rispetto alla soluzione con ventilazione longitudinale, presenta i collegamenti ogni 250 m invece che ogni 400 m. Peraltro nella configurazione prevista non è necessaria la finestra intermedia e le relative opere per effettuare la ventilazione longitudinale.

Nella soluzione con ventilazione longitudinale il costo dei collegamenti è circa 6.300 k€ , mentre con la soluzione indicate nel presente documento il costo dei collegamenti risulta essere pari a circa 10.000 k€.

Le altre differenze di costo riguardano la finestra di Foresto e le opere per la ventilazione longitudinale che ammontano rispettivamente a 35.000 k€ e 2.000 k€ circa.

Nella seguente tabella si riporta una sintesi del confronto dei costi.

Figure n°1 : Tabella 1 Confronto costi in k€

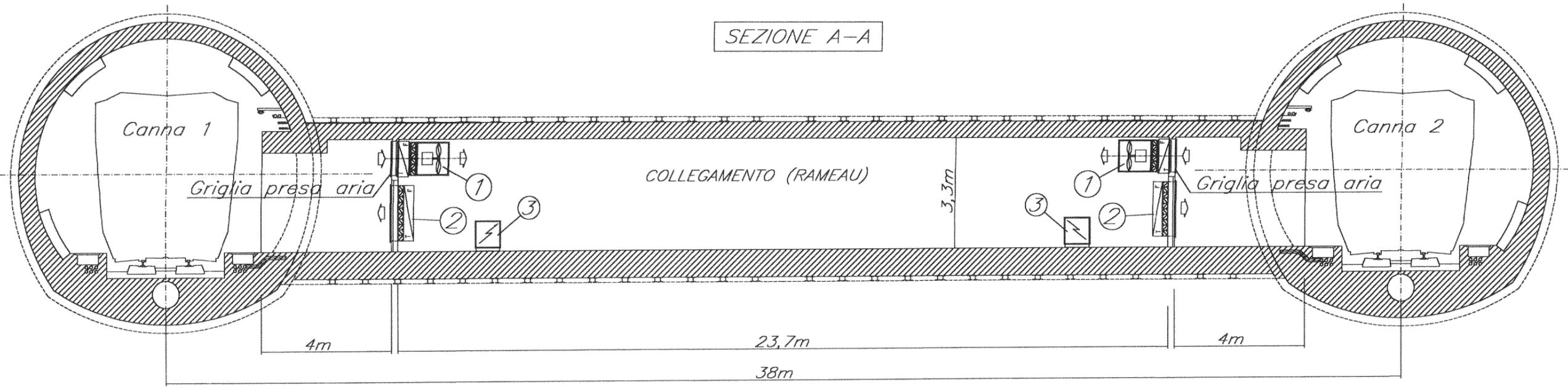
| | Soluzione con ventilazione longitudinale (A) | Soluzione con collegamenti pressurizzati (B) | Delta costo (B-A) |
|--------------------------------------|--|--|-------------------|
| Collegamenti | 6.300 | 10.000 | 3.700 |
| Finestra di Foresto | 35.000 | 0 | - 35.000 |
| Opere per ventilazione longitudinale | 2.000 | 0 | - 2.000 |
| Totale | 43.300 | 10.000 | - 33.300 |

Come sopra indicato in queste valutazioni non si è considerata la parte tecnologica poiché non è paragonabile all'impatto dei costi delle opere civili.

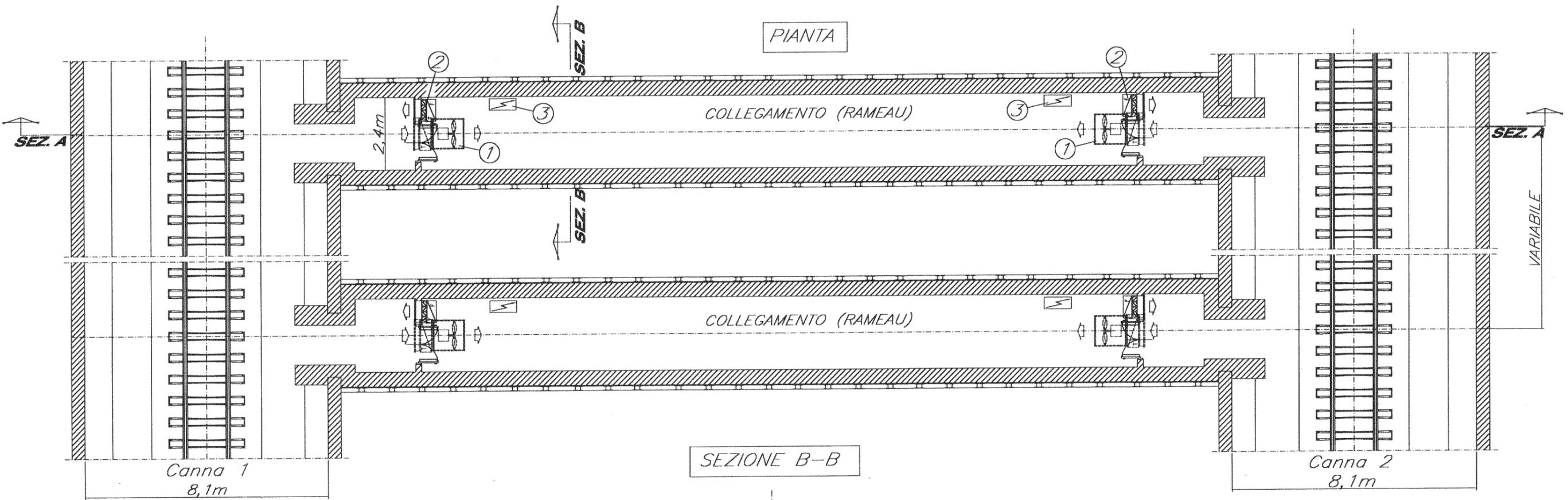
7. RIFERIMENTI

- [1] “SFPE – Handboock of Fire Protection Engineering” Society of Fire Protection Engineering and NPFA – Boston (Mass. USA) 1990.
- [2] Kennedy, W.D. “Critical Velocity : Past, Present and Future”, One Day Seminar on Smoke and Critical Velocity in Tunnels, ITC, Londra, 1996.
- [3] Tarada, F. “Critical Velocities for Smoke Control in Tunnel Cross-Passages” First Int. Conf. on Major Tunnels and Infrastructure Projects – Taipei (Taiwan), 2000.

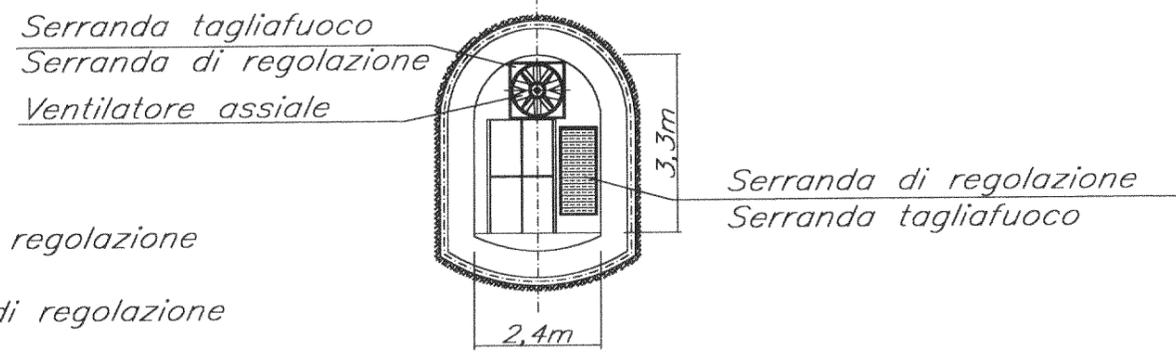
SEZIONE A-A



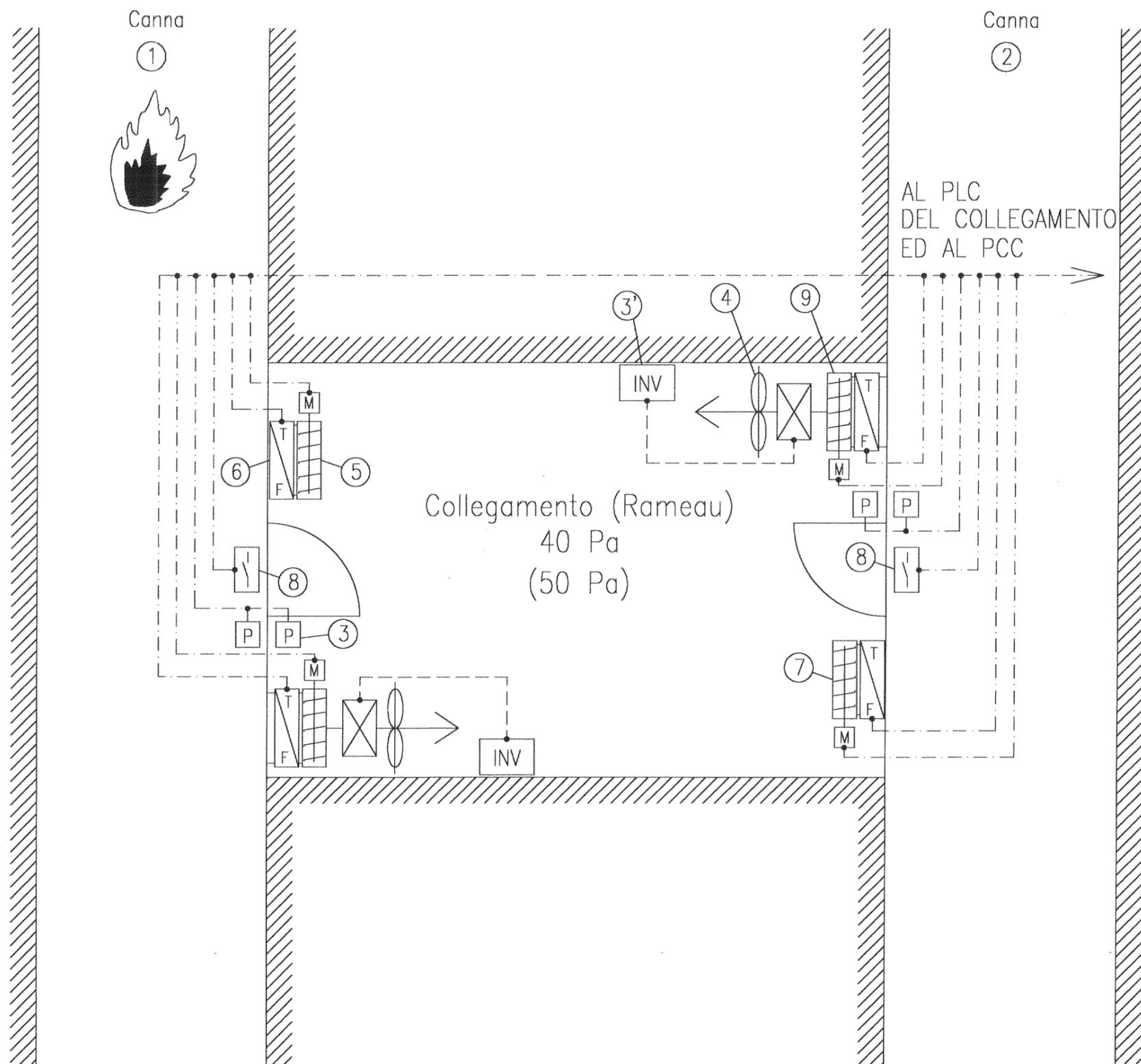
PIANTA



SEZIONE B-B



- 1 - Serranda tagliafuoco, serranda di regolazione e ventilatore assiale
- 2 - Serranda tagliafuoco e serranda di regolazione
- 3 - Quadro elettrico



| LEGENDA | |
|---------|---------------------------|
| ① | CANNA 1 INCIDENTATA |
| ② | CANNA 2 INDENNE |
| ③ | PRESSOSTATO DIFFERENZIALE |
| ③' | INVERTER |
| ④ | VENTILATORE |
| ⑤ | SERRANDA MOTORIZZATA |
| ⑥ | SERRANDA TAGLIAFUOCO |
| ⑦ | SERRANDA MOTORIZZATA |
| ⑧ | INDICATORI DI PROSSIMITA' |
| ⑨ | SERRANDA MOTORIZZATA |