

LIAISON LYON - TURIN / COLLEGAMENTO TORINO - LIONE

Partie commune franco-italienne
Section transfrontalière

Parte comune italo-francese
Sezione transfrontaliera

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

REVISION DE L'AVANT-PROJET DE REFERENCE – REVISIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO CUP C11J05000030001

EQUIPEMENTS – IMPIANTI

VENTILATION – VENTILAZIONE GENERALITES – GENERALE GENERALITES – ELABORATI GENERALI

ETUDE DE LA VENTILATION ET DU DESENFUMAGE DES DESCENDERIES STUDIO DELLA VENTILAZIONE E DELL'ESTRAZIONE FUMI DELLE DISCENDERIE

Indice	Date/ Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérfié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	09/11/2012	Emission pour vérification C2B et validation C3.0	L. AGNESE (SETEC)	M.PIHOUEE. C. OGNIBENE	M.FORESTA M. PANTALEO
A	31/12/2012	Emissione a seguito commenti LTF e CCF	L. AGNESE (SETEC)	M.PIHOUEE. C. OGNIBENE	M.FORESTA M. PANTALEO
B	08/02/2013	Emissione a seguito commenti LTF e CCF	L. AGNESE (SETEC)	M.PIHOUEE. C. OGNIBENE	M.FORESTA M. PANTALEO

COD E DOC	P	D	2	C	2	B	T	S	3	1	4	2	1	B	A	P	N	O	T
	Phase / Fase			Sigle étude / Sigla			Émetteur / Emittente			Numero			Indice	Statut / Stato		Type / Tipo			

ADRESSE GED		//	//	40	01	00	10	05
INDIRIZZO GED								

ECHELLE / SCALA

Tecnimont
Civil Construction
Dott. Ing. Aldo Mascarella
Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R



LTF sas - 1091 Avenue de la Boisse - BP 80631 - F-73006 CHAMBERY CEDEX (France)
Tél.: +33 (0)4.79.68.56.50 - Fax: +33 (0)4.79.68.56.75
RCS Chambéry 439 556 952 - TVA FR 03439556952
Propriété LTF Tous droits réservés - Proprietà LTF Tutti i diritti riservati

Ce projet est cofinancé par l'Union européenne (DG-TREN)



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

SOMMAIRE / INDICE

RESUME/RIASSUNTO	4
1. INTRODUZIONE	5
1.1 Descrizione generale del Progetto	5
1.2 Oggetto	5
1.3 Documenti di riferimento	5
2. RICHIAMO DEI DATI INIZIALI.....	6
2.1 Principali caratteristiche delle discenderie e dei pozzi.....	6
2.2 Dati aeraulici e termici.....	8
2.2.1 Coefficienti di perdita di carico	8
2.2.2 Caratteristiche termofisiche delle pareti	8
2.2.3 Parametri ambientali	8
2.3 Dati incendio.....	8
2.4 Dati di definizione degli scenari di estrazione dei fumi	9
2.5 Dati sulle performance attese in materia di estrazione dei fumi.....	9
2.5.1 Principi	9
2.5.2 Obiettivi di velocità dell'aria	10
2.6 Dati sulle performance attese in materia di ventilazione sanitaria	11
2.6.1 Principi	11
2.6.2 Obiettivi di qualità dell'aria	11
2.6.3 Obiettivi di tasso di rinnovo dell'aria	11
2.6.4 Obiettivi di velocità di circolazione dell'aria.....	11
2.6.5 Obiettivi di livello di pressione	11
3. DIMENSIONAMENTO DELLA VENTILAZIONE SANITARIA.....	11
3.1 Flusso d'aria necessario in ventilazione	11
3.1.1 Traffico di dimensionamento	11
3.1.2 Livelli massimi ammissibili di inquinanti.....	11
3.1.3 Flusso d'aria atto a garantire il disinquinamento dell'opera.....	12
3.1.4 Portata d'aria atta ad assicurare il tasso di rinnovo minimo dell'opera	12
3.1.5 Portata d'aria atta ad assicurare la velocità di circolazione d'aria minima dell'opera	13
3.2 Dimensionamento dell'impianto di ventilazione e messa in pressione	13
4. DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI ESTRAZIONE DEI FUMI	14
4.1 Scenari di estrazione dei fumi.....	14
4.1.1 Scenari esaminati	14
4.1.2 Impianto di estrazione dei fumi delle discenderie o gallerie	14
4.1.2.1 Principio funzionale	14
4.1.2.2 Caratteristiche dei ventilatori	15
4.1.3 Risultati delle simulazioni.....	15
4.1.3.1 Incendio nella discenderia di St Martin	15
4.1.3.2 Incendio nella discenderia di La Praz	17
4.1.3.3 Incendio nella galleria di collegamento di La Praz.....	20
4.1.3.4 Incendio nella discenderia di Modane	22
4.1.3.5 Incendio nella galleria della Maddalena	25

5. CONCLUSIONE.....	26
---------------------	----

LISTE DES FIGURES / INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Sezione tipo della discenderia di La Praz	7
Figura 2 – Curva di potenza dell'incendio.....	9
Figura 3 – Schema di scenario d'incendio nella discenderia di St. Martin.....	15
Figura 4 – Velocità della corrente d'aria in regime stazionario nella discenderia di St. Martin	16
Figura 5 – Temperatura dell'aria in regime stazionario nella discenderia di St. Martin	17
Figura 6 – Schema di scenario d'incendio nella discenderia di La Praz.....	18
Figura 7 – Velocità della corrente d'aria nella discenderia di La Praz	18
Figura 8 – Temperatura dell'aria nella discenderia di La Praz	19
Figura 9 – Schema di scenario d'incendio nella discenderia di La Praz.....	20
Figura 10 – Velocità della corrente d'aria nella discenderia di La Praz	21
Figura 11 – Temperatura dell'aria nella discenderia di La Praz	21
Figura 12 – Schema di scenario d'incendio nella discenderia di Modane	22
Figura 13 – Velocità della corrente d'aria nella discenderia di Modane	23
Figura 14 – Temperatura dell'aria nella discenderia di Modane	23
Figura 15 – Evoluzione della temperatura dell'aria a livello degli estrattori nella centrale di Avrieux.....	24
Figura 16 – Schema di scenario d'incendio nella galleria della Maddalena.....	25
Figura 17 – Velocità della corrente d'aria nella galleria della Maddalena	25
Figura 18 – Temperatura dell'aria nella galleria della Maddalena	26

LISTE DES TABLEAUX / INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 – Principali caratteristiche delle discenderie e dei pozzi.....	6
Tabella 2 – Sezioni dei condotti delle discenderie e dei pozzi.....	7
Tabella 3 – Caratteristiche termofisiche delle pareti.....	8
Tabella 4 – Calcolo della velocità critica	10
Tabella 5 – Livelli di inquinamento ammissibili.....	11
Tabella 6 – Emissione di inquinanti degli automezzi pesanti	12
Tabella 7 – Portata minima per il disinquinamento dell'opera	12
Tabella 8 – Portata minima di rinnovo oraria.....	13
Tabella 9 – Portata minima per raggiungere una circolazione di 1 m/s.....	13
Tabella 10 – Portata d'aria dimensionante degli impianti.....	13
Tabella 11 – Caratteristiche dei ventilatori	14

RESUME/RIASSUNTO

Les ouvrages d'accès au tunnel de base depuis l'extérieur sont les suivants:

- Descenderie de St Martin la Porte
- Descenderie de La Praz
- Descenderie de Modane
- Galerie de la Maddalena

Ils sont destinés à recevoir un trafic de type routier, pour les besoins de la maintenance ou des interventions des secours.

Etant donné leur géométrie, le trafic restera faible (une seule voie) et la mise en place de dispositifs d'extraction des fumées n'est pas envisageable.

Le désenfumage s'effectue donc selon le principe longitudinal, avec reprise des fumées en extrémité de la galerie.

Les ventilateurs de désenfumage du tunnel de base sont utilisés pour remplir cette fonction, sans que cela modifie leur dimensionnement.

Par ailleurs, la ventilation hygiénique des descenderies est assurée par des ventilateurs spécifiques situés dans les usines extérieures, ainsi que par des sas à chacune des extrémités.

Le opere di accesso al tunnel di base dall'esterno sono le seguenti:

- Discenderia di St Martin la Porte
- Discenderia di La Praz
- Discenderia di Modane
- Galleria della Maddalena

Tali opere sono destinate a ricevere un traffico di tipo stradale, per le necessità della manutenzione o per l'intervento dei soccorsi.

Data la loro geometria, il traffico resterà ridotto (una sola corsia) e la messa in atto di dispositivi d'estrazione dei fumi non è possibile.

L'estrazione dei fumi si effettua dunque secondo il principio longitudinale, con ripresa dei fumi all'estremità della galleria.

I ventilatori di estrazione dei fumi del tunnel di base sono utilizzati per svolgere questa funzione, senza che ciò modifichi il loro dimensionamento.

Peraltro, la ventilazione sanitaria delle discenderie è garantita da ventilatori specifici situati nelle centrali esterne nonché da sas (locali di comunicazione con porte a tenuta stagna) situati ad ogni estremità.

1. Introduzione

1.1 Descrizione generale del Progetto

Il governo italiano e quello francese hanno deciso di intraprendere la realizzazione di una nuova linea ferroviaria tra Torino e Lione. Il progetto consiste principalmente nel predisporre un itinerario merci più efficiente per valicare le Alpi, con lo specifico obiettivo di limitare il traffico stradale che transita in queste aree ecologicamente sensibili.

La nuova linea avrà inoltre un forte impatto sul trasporto dei passeggeri, nella misura in cui collegherà la rete italiana e francese ad alta velocità, offrendo tempi di percorso ridotti tra il dipartimento francese della Savoia e il Piemonte, due regioni frontaliere particolarmente attrattive.

Per quanto l'opera sia suddivisa in tre sezioni, di cui due nazionali, il nostro studio prende in esame unicamente la tratta comune italo-francese, detta "sezione internazionale" tra Saint-Jean de Maurienne e l'interconnessione con la linea storica di Bussoleno.

La sezione presa in esame avrà una lunghezza totale di circa 60 chilometri e sarà costituita dalle seguenti opere principali:

- I collegamenti alla linea storica di Saint Jean de Maurienne,
- Il tunnel di base di 57,517 km,
- La stazione internazionale di Susa,
- L'interconnessione con la linea storica a Bussoleno tramite una galleria lunga 2 km.

1.2 Oggetto

La presente nota costituisce lo studio della ventilazione sanitaria e dell'estrazione fumi delle discenderie e gallerie di accesso stradale al tunnel di base del collegamento ferroviario Torino-Lione.

Si tratta di una nota di dimensionamento degli impianti di ventilazione (ventilatori, serrande, condotti, ecc.) necessari per assicurare la ventilazione sanitaria e l'estrazione dei fumi delle opere.

1.3 Documenti di riferimento

I documenti di riferimento del presente studio sono elencati nel documento «PD2_C2B_1420_40-01-00_10-04_Nota metodologica ventilazione».

Sono completati dalle note seguenti:

- PD2_C1_0012_45-03-00_10-01_ Apparecchiature e impianti di sicurezza nelle gallerie e nelle discenderie ind.B
- PD2_C2B_1422_40-01-00_10-06 – Analisi funzionale degli impianti di ventilazione delle discenderie
- PD2_C2B_1423_40-01-00_10-07 – Studio tecnologico degli impianti delle discenderie
- PD2_C2B_1461_40-01-41_30-02 – Planimetrie della centrale di ventilazione di Saint Martin la Porte
- PD2_C2B_1471_40-01-43_30-02 – Planimetrie della centrale di ventilazione di La Praz
- PD2_C2B_1491_40-01-45_30-02 – Planimetrie della centrale di ventilazione di Modane
- PD2_C2B_1521_40-01-48_30-02 – Planimetrie della centrale di ventilazione della Maddalena
- PD2_C2B_1462_40-01-41_20-01 – Schema della ventilazione di San Martin la Porte
- PD2_C2B_1472_40-01-43_20-01 – Schema della ventilazione di La Praz
- PD2_C2B_1492_40-01-45_20-01 – Schema della ventilazione di Modane e Avrieux

- PD2_C2B_1522_40-01-48_20-01 – Schema della ventilazione di Clarea e Maddalena
- PD2_C2B_1445_40-01-26_10-06 – Studio acustico

2. Richiamo dei dati iniziali

2.1 Principali caratteristiche delle discenderie e dei pozzi

I profili longitudinali di queste opere sono i seguenti:

Opera	Posizione del raccordo con il tunnel a partire dall'imbocco ovest	Lunghezza	Altitudine dell'imbocco	Pendenze a partire dall'imbocco	Sezione e perimetro per circolazione stradale
Discenderia e pozzo di St Martin (*)	7.914 m	2 038 m	695 m	+1 % per 800 m, -7,82 % per 1.238 m	21 m ² / 19 m
Discenderia e pozzo di La Praz (*)	16.884 m	2.556 m 601 m	969 m	-12 % -5%	18 m ² / 16,2 m (discenderia) 34 m ² / 24,3 m (galleria connessione)
Discenderia di Modane	28.461 m	4.049 m	1.087 m	+778 % per 1.025 m, -12,05 % per 3.024 m	32,8 m ² / 24 m
Pozzo di Avrieux	28.461 m	860 m	1.300 m	Verticale per 530 m, orizzontale per 330 m	-
Pozzo della Val Clarea	44.294 m	4.522 m	1.156 m	-12.0%	42,2 m ² / 22,7 m
Galleria della Maddalena	4.698 m	7.065 m	673 m	-2 %	18 m ² / 15 m

Tabella 1 – Principali caratteristiche delle discenderie e dei pozzi

La discenderia identifica la sezione della galleria dedicata alla circolazione stradale. Il pozzo identifica la sezione dedicata alla funzione di ventilazione.

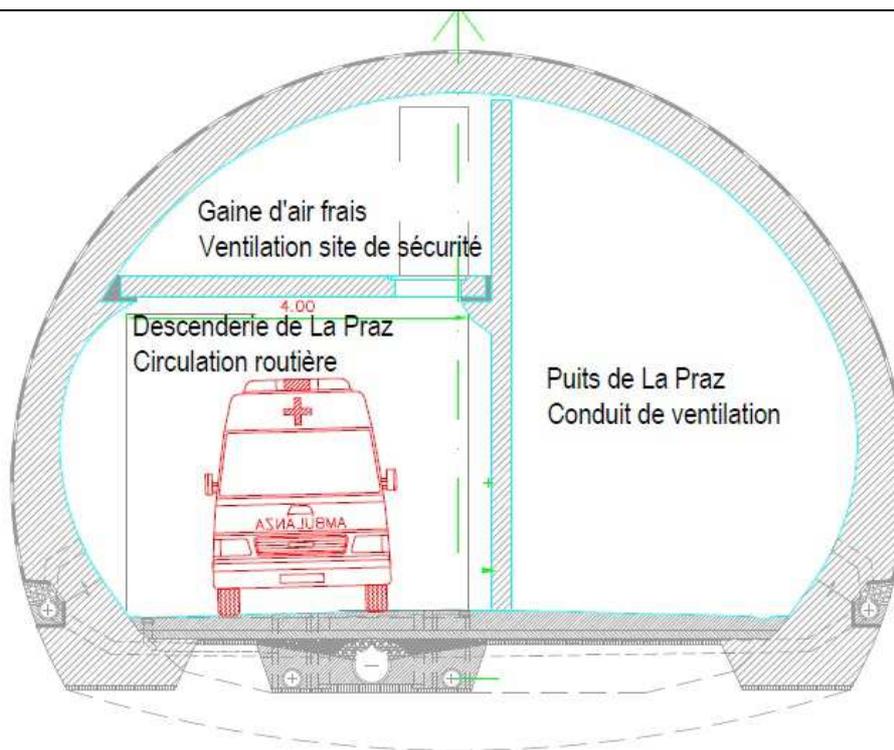


Figura 1 – Sezione tipo della discenderia di La Praz

Le funzioni di queste opere per quanto riguarda la ventilazione, nonché le sezioni dei rispettivi condotti, sono le seguenti:

Opera	Funzione	Sezione condotto perimetro
Pozzo di St. Martin	Ventilazione del tunnel e estrazione dei fumi della discenderia	20 m ² / 19 m
Discenderia di La Praz	Ventilazione dell'area non ferroviaria dell'area di sicurezza	6,9 m ² / 11,8 m
Pozzo di La Praz	Ventilazione del tunnel e estrazione dei fumi della discenderia	20 m ² / 17,75 m
Discenderia di Modane	Ventilazione dell'area non ferroviaria dell'area di sicurezza	11,6 m ² / 17,3 m
Pozzo di Avrieux	Ventilazione del tunnel e estrazione dei fumi della discenderia	28,26 m ² / 18,84 m
Pozzo della Val Clarea	Ventilazione del tunnel e estrazione dei fumi della galleria	42,2 m ² / 24,9 m ²
	Ventilazione dell'area non ferroviaria dell'area di sicurezza	13 m ² / 15,75 m
Galleria di Maddalena	Nessuna funzione di ventilazione specifica	-

Tabella 2 – Sezioni dei condotti delle discenderie e dei pozzi

2.2 Dati aerulici e termici

2.2.1 Coefficienti di perdita di carico

Il coefficiente di perdita di carico sarà considerato pari a:

- 0,015 per la parete dei condotti e del pozzo,
- 0,020 per la parete delle discenderie e delle gallerie,
- 0,025 per la parete dei tunnel ferroviari.

2.2.2 Caratteristiche termofisiche delle pareti

Le caratteristiche termofisiche delle pareti delle opere saranno assimilate a quelle del calcestruzzo standard. Le corrispondenti grandezze figurano nella seguente tabella.

Densità [kg/m ³]	Conduttività termica [W/(m.K)]	Capacità termica per unità di massa [J/(kg.K)]
2400	1.60	920

Tabella 3 – Caratteristiche termofisiche delle pareti

2.2.3 Parametri ambientali

I parametri ambientali presi in considerazione, ricavati dagli studi di raffreddamento (PD2_C1_TS3_0021_55-00-00_10-01 Ind.0), sono:

- Temperatura media esterna all'imbocco lato Francia: +7,3 °C
- Temperatura media esterna all'imbocco lato Italia: + 12,2 °C
- Temperatura media della parete della discenderia e del pozzo di St-Martin: 15,5 °C
- Temperatura media della parete della discenderia e del pozzo di La Praz: 15 °C
- Temperatura media della parete della discenderia di Modane: 17 °C
- Temperatura media della parete del pozzo di Avrieux: 16 °C
- Temperatura media della parete della galleria della Maddalena e del pozzo della Val Clarea: 28,5 °C

Le temperature delle pareti sono le medie tra la temperatura esterna e la temperatura della roccia a livello del tunnel.

2.3 Dati incendio

Per analogia con i tunnel stradali, l'incendio preso in considerazione ha le seguenti caratteristiche:

- Potenza nominale: 30 MW, di cui 1/3 dissipato per irraggiamento (incendio di automezzo pesante, termine sorgente standardizzato)
- Produzione di fumi: 80 m³/s

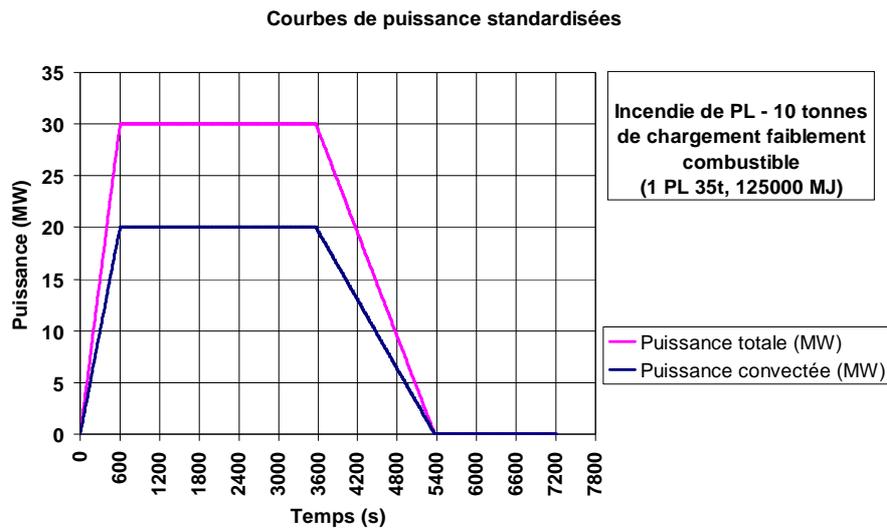


Figura 2 – Curva di potenza dell'incendio

2.4 Dati di definizione degli scenari di estrazione dei fumi

Gli scenari sono definiti come segue:

- incendio vicino all'ingresso della discenderia, nella sezione con la maggiore pendenza negativa
- un solo veicolo nell'opera (questo caso corrisponde all'incendio di un mezzo di servizio e/o manutenzione, con gli altri veicoli evacuati attraverso i locali di comunicazione dotati di porte a tenuta stagna, detti "sas"),
- utilizzo di ventilatori di estrazione dei fumi del tunnel di base per la discenderia presa in considerazione.

2.5 Dati sulle performance attese in materia di estrazione dei fumi

2.5.1 Principi

In caso di incendio in una discenderia o galleria, il principio di estrazione dei fumi adottato consiste nel creare una circolazione longitudinale in piena sezione dell'opera, in modo da convogliare i fumi a fondo discenderia.

Ciascuna discenderia è collegata, nella sua estremità sotterranea, al condotto di ventilazione del tunnel di base, pertanto i fumi saranno estratti dai ventilatori principali di estrazione dei fumi.

Questa funzionalità richiede la messa in atto, a livello dell'opera di collegamento tra la discenderia e il condotto, di dispositivi di isolamento (serrande, valvole o registri) identici a quelli utilizzati sui collegamenti tra condotto e canne ferroviarie.

Il senso di circolazione dei fumi scelto permette allora l'accesso dei soccorsi e l'evacuazione delle persone tramite l'imbocco della discenderia.

I ventilatori principali sono reversibili, pertanto è possibile anche prevedere la creazione di una corrente d'aria longitudinale, diretta dal fondo della discenderia verso l'imbocco. Questo funzionamento potrà essere assicurato dai ventilatori principali che sono sovradimensionati per questo uso. Le performance del sistema non presentano differenze significative nell'uno o l'altro senso di funzionamento.

Tuttavia, questo modo di funzionamento dovrebbe essere attivato solo se su ordine dei servizi di soccorso, perché crea condizioni sfavorevoli all'accesso della discenderia dall'esterno.

2.5.2 Obiettivi di velocità dell'aria

La velocità della corrente d'aria necessaria per respingere i fumi, o velocità critica, è calcolata mediante le formule di Danziger e Kennedy:

$$V_c = \left(\frac{gH\dot{Q}_c}{\rho C_p A T_f Fr_m} \right)^{1/3}$$

dove:

g = forza di gravità (m/s²),

H = altezza del tunnel (m),

Q_c = potenza termica scambiata per convezione (W),

ρ = densità dell'aria (kg/m³),

C_p = coefficiente di pressione,

A = sezione del tunnel (m²),

T_f = temperatura dei fumi (°C),

Fr_m = numero di Froude.

I risultati per l'incendio considerato sono:

Opera	St Martin	La Praz		Modane	Maddalena
		Discenderia	Galleria di collegamento		
Sezione aria	21 m ²	18 m ²	34 m ²	33 m ²	18 m ²
Perimetro bagnato	19 m	16,2 m	24,3 m	23 m	15 m
Diametro idraulico	4,42 m	4,24 m	5,6 m	5,28 m	4,8 m
Altezza galleria	3,5 m	3,8 m	3,8 m	3,65 m	4
Pendenza massima	7,82 %	12 %	5%	12,05 %	2%
Velocità critica	2,61 m/s	2,95 m/s	2,37 m/s	2,62 m/s	2,5 m/s
Velocità critica con margine 10%	2,9 m/s	3,25 m/s	2,6 m/s	2,9 m/s	2,75 m/s
Portata corrispondente	60 m³/s	60 m³/s	90m³/s	95m³/s	50 m³/s

Tabella 4 – Calcolo della velocità critica

Queste velocità sono misurate in piena sezione della discenderia, senza tenere conto della riduzione di sezione dovuta alla presenza del veicolo, né dei cambiamenti di sezione locali.

2.6 Dati sulle performance attese in materia di ventilazione sanitaria

2.6.1 Principi

Il principio preso in considerazione è l'iniezione dell'aria mediante ventilatori situati all'imbocco della discenderia. La decompressione viene effettuata con l'ausilio di griglie e valvole situate al livello dei sas di accesso (imbocco e fondo discenderia).

2.6.2 Obiettivi di qualità dell'aria

La ventilazione sanitaria di ogni discenderia o galleria dovrà assicurare il mantenimento permanente di una qualità dell'aria compatibile con l'esercizio dell'opera.

2.6.3 Obiettivi di tasso di rinnovo dell'aria

La ventilazione sanitaria di ogni discenderia o galleria dovrà garantire un tasso di rinnovo dell'aria minimo di 1 vol/h.

2.6.4 Obiettivi di velocità di circolazione dell'aria

La ventilazione sanitaria di ogni discenderia o galleria dovrà garantire una velocità di circolazione dell'aria di almeno 1 m/s per ventilare tutta la tratta di discenderia o galleria senza zone morte.

2.6.5 Obiettivi di livello di pressione

In caso di incendio nel tunnel ferroviario, l'impianto di ventilazione sanitaria garantirà un livello di pressione nella discenderia o nella galleria di 70 Pa rispetto alla pressione che regna nella caverna a fondo discenderia.

3. Dimensionamento della ventilazione sanitaria

3.1 Flusso d'aria necessario in ventilazione

3.1.1 Traffico di dimensionamento

Il traffico considerato è di 8 veic/h/senso con una circolazione composta solo da mezzi pesanti che viaggiano a una velocità di 70 km/h.

3.1.2 Livelli massimi ammissibili di inquinanti

Per analogia con i criteri applicati nei tunnel stradali della rete francese (Dossier pilota Ventilazione – CETu – Novembre 2003), i livelli massimi ammissibili adottati sono i seguenti:

Inquinanti	CO	Opacità	NOx
Livello mass.	50 ppm	5 10 ⁻³ m-1	8 ppm

Tabella 5 – Livelli di inquinamento ammissibili

3.1.3 Flusso d'aria atto a garantire il disinquinamento dell'opera

Per ciascuna delle discenderie o gallerie, i flussi d'aria necessari per garantire il disinquinamento sono valutati secondo il metodo di calcolo delle emissioni di inquinanti di automobili e autocarri in galleria proposto dal CETu - Aprile 2002.

Le emissioni unitarie di un automezzo pesante che viaggia a 70 km/h, per i tre inquinanti in esame sono indicate nella tabella sottostante.

Servono da base per il calcolo delle portate d'aria necessarie per garantire i livelli di inquinanti massimi ammissibili. I calcoli sono eseguiti mediante un software specializzato (Express'air) che prende in considerazione il metodo del CETu.

Questo metodo è basato sul calcolo della portata d'aria fresca da introdurre nell'opera, per ottenere, in qualsiasi punto, una diluizione degli inquinanti sufficiente per rispettare i livelli massimi fissati.

Pendenza	-6%	-4%	-2%	0	2%	4%	6%
CO (l/h)	37,7	50,9	62,8	75,7	103,0	134,6	145
NOx (l/h)	53,1	71,3	88,1	106,3	159,4	219,8	240,1
Fumi (m ² /h)	3,9	5,2	6,4	7,7	10,3	13,1	14,2

Tabella 6 – Emissione di inquinanti degli automezzi pesanti

I risultati sono riportati nella seguente tabella:

	Stazione	St Martin	La Praz	Modane	Maddalena
Fabbisogno di aria fresca	CO	0,31 m ³ /s	0,42 m ³ /s	0,65 m ³ /s	1 m ³ /s
	Opacità	0,93 m ³ /s	1,2 m ³ /s	1,9 m ³ /s	3,3 m ³ /s
	NOx	3 m ³ /s	4,2 m ³ /s	6,4 m ³ /s	8,8 m ³ /s

Tabella 7 – Portata minima per il disinquinamento dell'opera

L'inquinante dimensionante è l'NOx

3.1.4 Portata d'aria atta ad assicurare il tasso di rinnovo minimo dell'opera

Per garantire un rinnovo dell'aria di 1 volume all'ora, occorre fornire una portata Q (in m³/s) pari a:

$$Q = S \times L \times \frac{1}{3600}$$

Dove:

- S = sezione della discenderia
- L = lunghezza della discenderia

Per ciascuna delle discenderie o gallerie, le portate d'aria necessarie per garantire il tasso di rinnovo d'aria minima di 1 vol/h sono indicate qui di seguito:

Stazione	St Martin	La Praz	Modane	Maddalena
Sezione	21 m ²	18 m ² / 34 m ²	33 m ²	18 m ²
Lunghezza	2038 m	2556 m / 661	4049 m	7541 m
Portata d'aria	12 m ³ /s	19 m ³ /s	37,1 m ³ /s	37,7 m ³ /s

Tabella 8 – Portata minima di rinnovo oraria

3.1.5 Portata d'aria atta ad assicurare la velocità di circolazione d'aria minima dell'opera

Per garantire una velocità di circolazione di 1 m/s, occorre fornire una portata Q pari a:

$$Q = S \times V$$

Dove

- S: sezione della discenderia
- V: Velocità d'aria nella discenderia

Per ciascuna delle discenderie o gallerie, le portate d'aria necessarie per garantire la velocità di circolazione minima di 1 m/s sono date qui di seguito:

Stazione	St Martin	La Praz		Modane	Maddalena
		Discenderia	Galleria di collegamento		
Sezione	21 m ²	18 m ²	34 m ²	33 m ²	18 m ²
Portata d'aria	21 m ³ /s	18 m ³ /s	34 m ³ /s	33 m ³ /s	18 m ³ /s

Tabella 9 – Portata minima per raggiungere una circolazione di 1 m/s

3.2 Dimensionamento dell'impianto di ventilazione e messa in pressione

Per le portate di ventilazione necessarie a ogni area, viene preso in considerazione, per ciascuna di esse, il criterio più rigoroso.

Le portate da installare sono pertanto:

Area	St Martin	La Praz	Modane	Maddalena
Criterio	Velocità di circolazione	Velocità di circolazione	Rinnovo dell'aria	Rinnovo dell'aria
Portata d'aria	21 m ³ /s	34 m ³ /s	37 m ³ /s	38 m ³ /s

Tabella 10 – Portata d'aria dimensionante degli impianti

L'impianto di ventilazione sanitaria e di messa in pressione delle discenderie o della galleria comporterà:

- i ventilatori assiali,
- i sas (locali di passaggio con porte a tenuta stagna) all'imbocco della discenderia o galleria provvisti di griglie e valvole la cui perdita di carico sarà di 70 Pa per la portata nominale di ventilazione (cfr. tabella sottostante). Le valvole, ad ogni imbocco, hanno una sezione totale dell'ordine di 8m²,
- i sas a fondo discenderia o galleria provvisti di griglie e valvole la cui sezione totale è dell'ordine di 4m² (nessun obiettivo di pressione da rispettare),
- in situazione di esercizio nominale e in situazione di manutenzione: la decompressione si effettua verso il tunnel ferroviario, le valvole del sas d'imbocco sono chiuse. In situazione di

esercizio normale, nella misura in cui non vi saranno veicoli nell'opera, la portata della ventilazione potrà essere dimezzata. In situazione di manutenzione, la ventilazione viene assicurata alla portata nominale,

- in situazione di incendio nel tunnel ferroviario (utilizzo delle discenderie per garantire l'evacuazione): la decompressione verrà effettuata verso la canna ferroviaria incidentata. Il livello di pressione nella canna non incidentata (canna sicura) non permette la decompressione verso di essa. In alternativa, la compressione potrà essere effettuata verso l'esterno, le valvole del sas di fondo sono chiuse.

La seguente tabella sintetizza le caratteristiche dei ventilatori nelle centrali:

Centrale	St Martin	La Praz	Modane	Maddalena
Portata d'aria	21 m ³ /s	34m ³ /s	37 m ³ /s	38 m ³ /s
Pressione	500 Pa	750 Pa	750 Pa	750 Pa

Tabella 11 – Caratteristiche dei ventilatori

4. Dimensionamento del sistema di estrazione dei fumi

4.1 Scenari di estrazione dei fumi

4.1.1 Scenari esaminati

Il software utilizzato nello studio è un codice di calcolo monodimensionale anisotermo transitorio che prende in considerazione la comprimibilità dell'aria (Express'air, sviluppato da Setec).

I calcoli sono effettuati per una temperatura dell'aria di 10 °C (temperatura media dell'aria nelle discenderie).

Il modello numerico è composto principalmente:

- dalla discenderia o galleria studiata,
- dagli impianti di ventilazione: ventilatori, condotti, serrande

L'incendio si sviluppa a t_0+2 min e la ventilazione si avvia a t_0+4 min con messa a regime in 1 minuto.

Le simulazioni sono fatte per il regime minimo di funzionamento dei ventilatori, ossia il 30% di carico (limite basso di stabilità aeraulica solitamente preso in considerazione). Qualora questo regime risultasse insufficiente per ottenere la velocità critica ricercata, il tasso di carico viene aumentato.

4.1.2 Impianto di estrazione dei fumi delle discenderie o gallerie

4.1.2.1 Principio funzionale

Gli impianti di ventilazione-estrazione fumi del tunnel di base sono collegati ognuno alla corrispondente discenderia o galleria. Il collegamento si effettua a fondo discenderia o galleria, a monte del sas che dà sulla caverna.

Questi impianti sono collocati in superficie, all'estremità dei pozzi, e comprendono una centrale di ventilazione-estrazione dei fumi composta da 2+1 (soccorso) ventilatori reversibili ciascuno rispettivamente da 150 m³/s (Saint-Martin) o 200 m³/s (La Praz, Avrieux e Clarea).

Per assicurare la mandata di aria a monte dell'incendio, viene predisposto un condotto di sbocco verso l'aria esterna (sezione di 10m²) tra la superficie e la discenderia o galleria con un raccordo appena a valle del sas di ingresso che dà sull'esterno.

Questo condotto è provvisto di dispositivi di isolamento (serrande, valvole o registri) chiusi in periodo di esercizio normale.

L'impianto così studiato permetterà di garantire un'estrazione dei fumi longitudinale della discenderia o galleria.

4.1.2.2 Caratteristiche dei ventilatori

Le caratteristiche dei ventilatori considerati nello studio sono le seguenti:

- Portata volumica a 20°C: 150 m³/s o 200 m³/s secondo la centrale

4.1.3 Risultati delle simulazioni

4.1.3.1 Incendio nella discenderia di St Martin

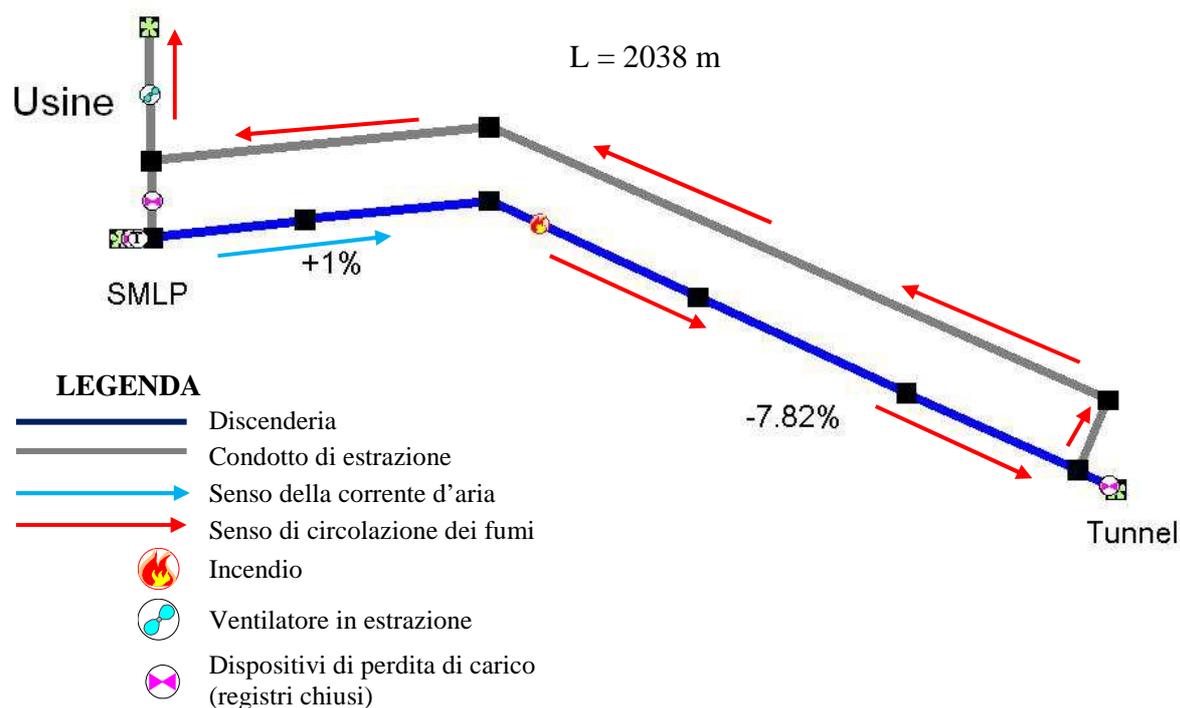


Figura 3 – Schema di scenario d'incendio nella discenderia di St. Martin

I risultati ottenuti sono i seguenti:

- La portata volumica estratta (a 10°C) è di 70 m³/s per un carico di circa il 50% di uno dei tre ventilatori disponibili,
- la pressione totale al ventilatore è di 300 Pa,
- la velocità dell'aria raggiunta in piena sezione è di 3 m/s
- la temperatura raggiunta in corrispondenza dell'incendio è di 270°C

Le performance sono raggiunte. I ventilatori di estrazione dei fumi del tunnel di base sulla stazione di St Martin saranno in grado di assicurare l'estrazione dei fumi della discenderia di St Martin.

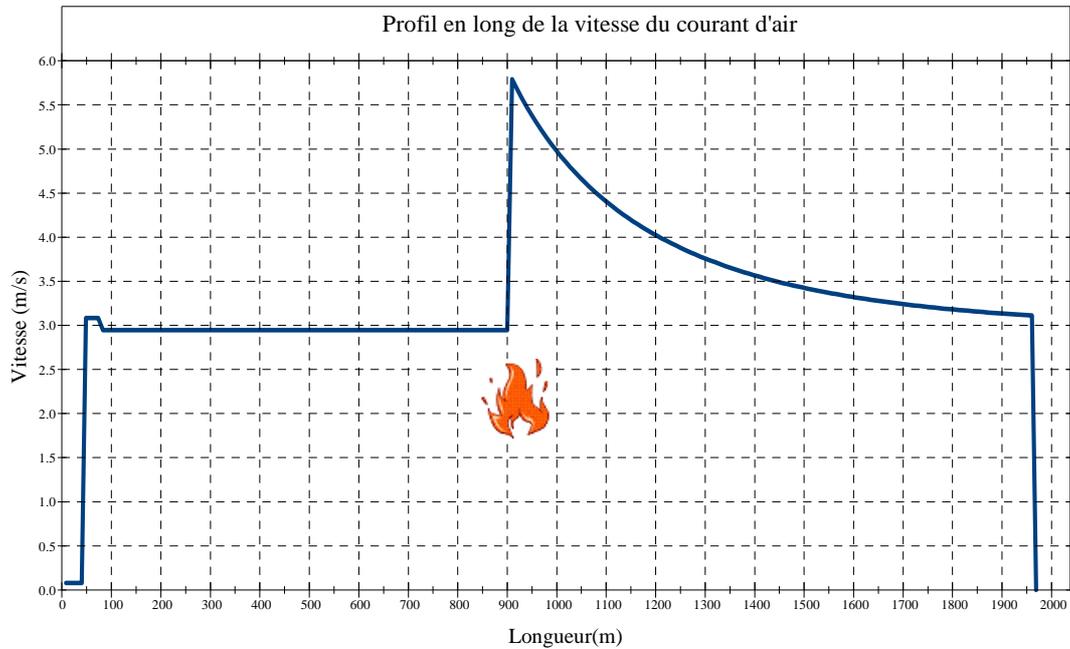


Figura 4 – Velocità della corrente d'aria in regime stazionario nella discenderia di St. Martin

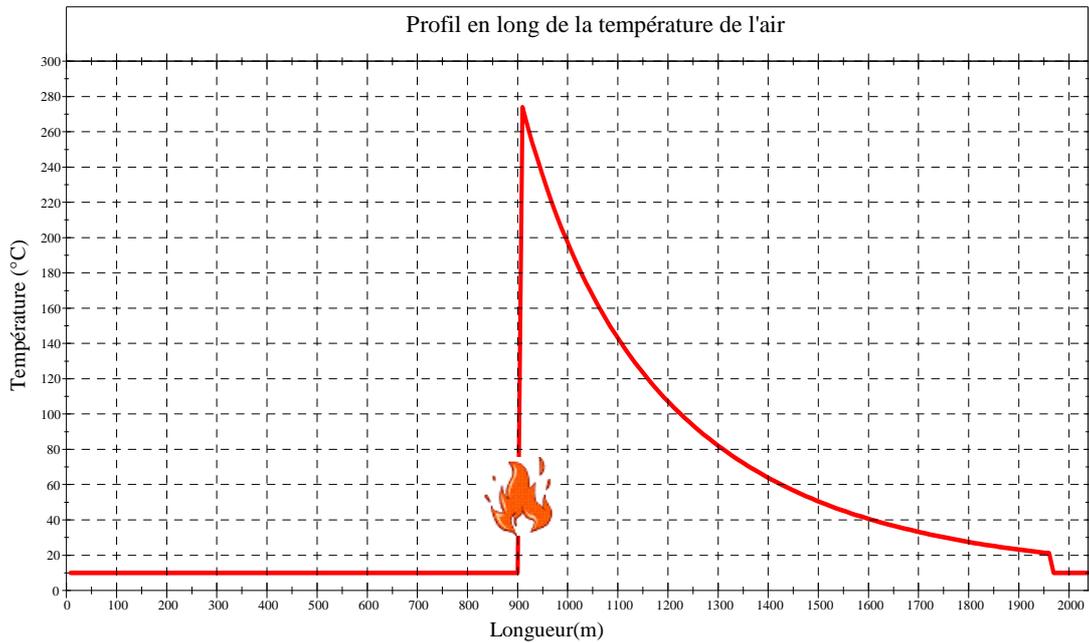


Figura 5 – Temperatura dell'aria in regime stazionario nella discenderia di St. Martin

4.1.3.2 Incendio nella discenderia di La Praz

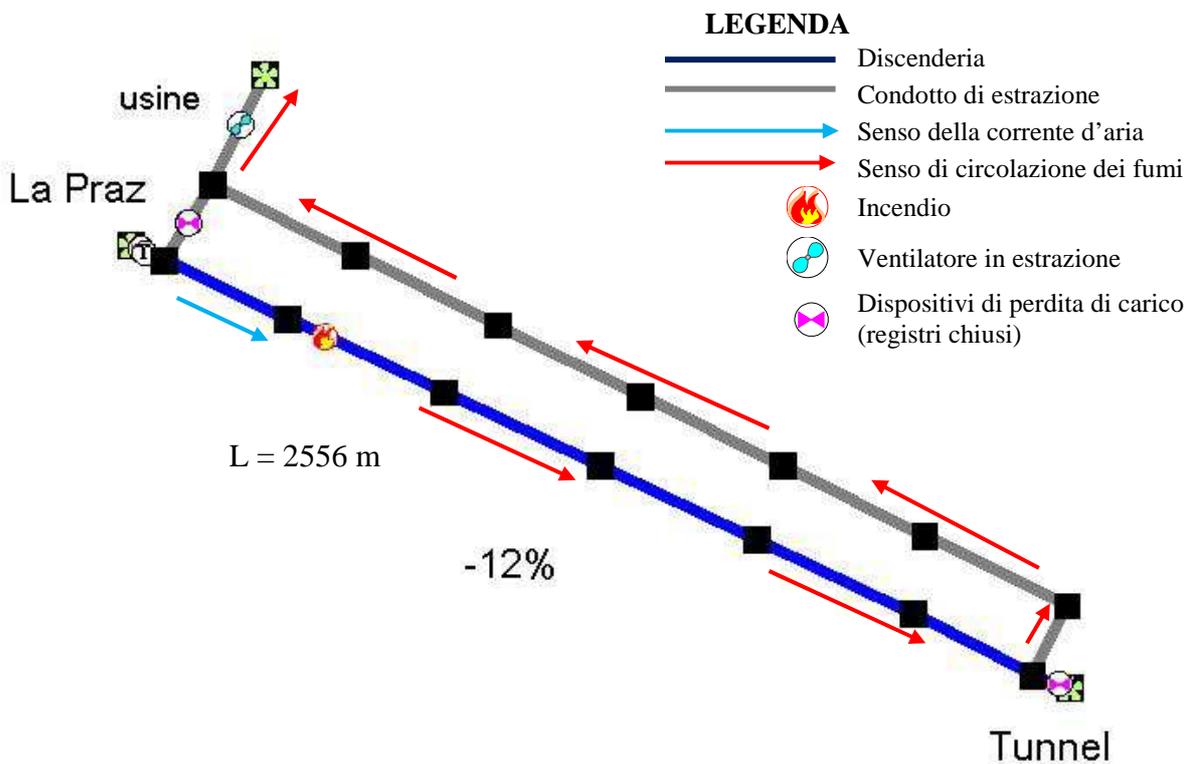


Figura 6 – Schema di scenario d'incendio nella discenderia di La Praz

- La portata volumica estratta (a 10°C) è di 65 m³/s per un carico di circa il 30% di uno dei tre ventilatori disponibili,
- la pressione totale al ventilatore è di 300 Pa,
- la velocità dell'aria raggiunta in piena sezione è di 3,2 m/s,
- la temperatura raggiunta in corrispondenza dell'incendio è di 320°C

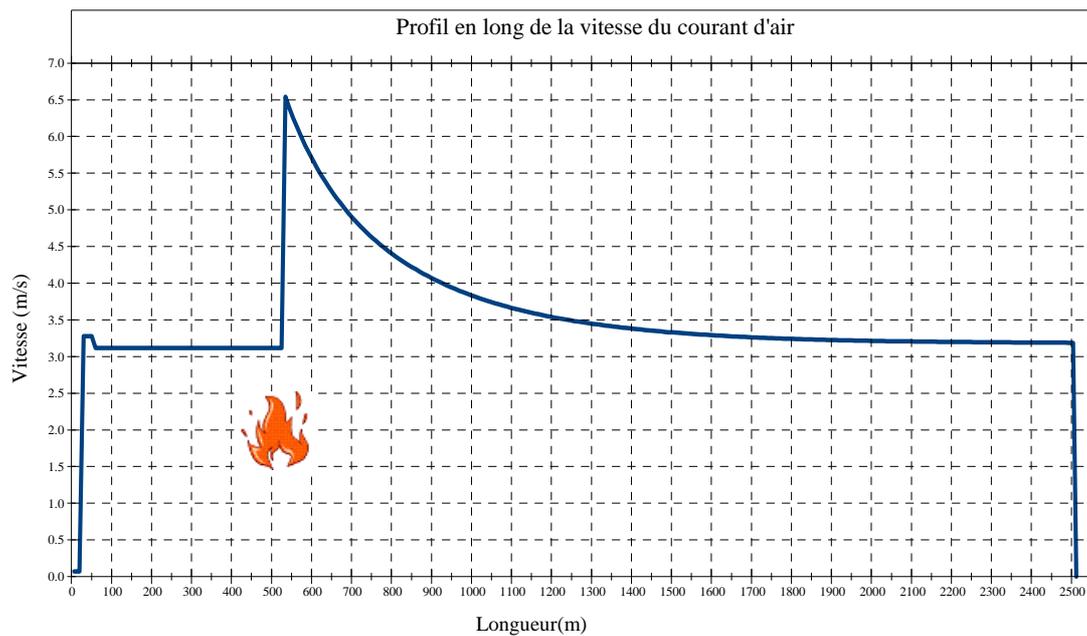


Figura 7 – Velocità della corrente d'aria nella discenderia di La Praz

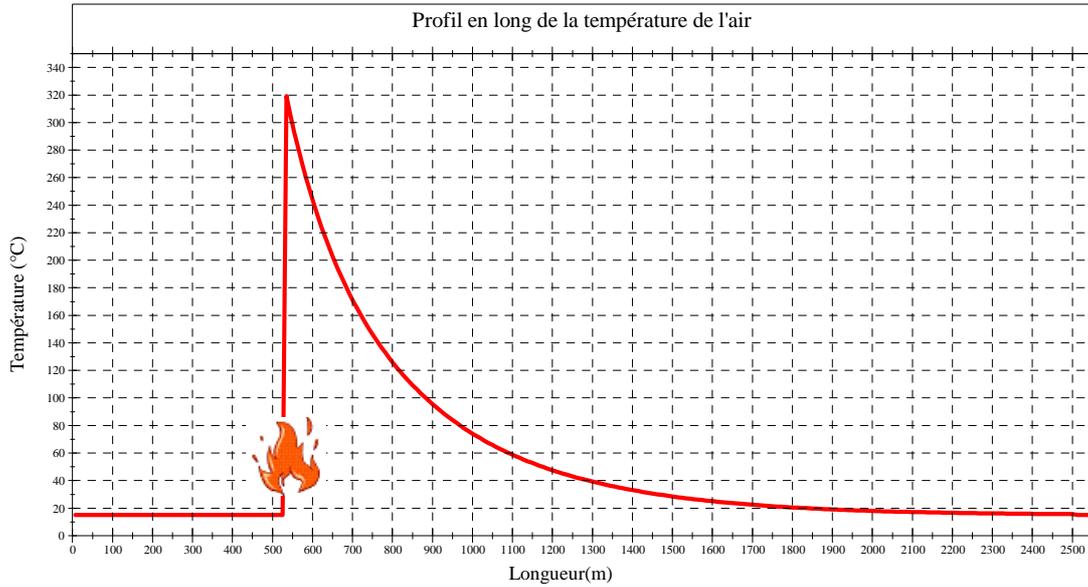


Figura 8 – Temperatura dell'aria nella discenderia di La Praz

Le performance sono raggiunte. I ventilatori di estrazione dei fumi del tunnel di base sull'area di La Praz saranno in grado di assicurare l'estrazione dei fumi della discenderia di La Praz.

4.1.3.3 Incendio nella galleria di collegamento di La Praz

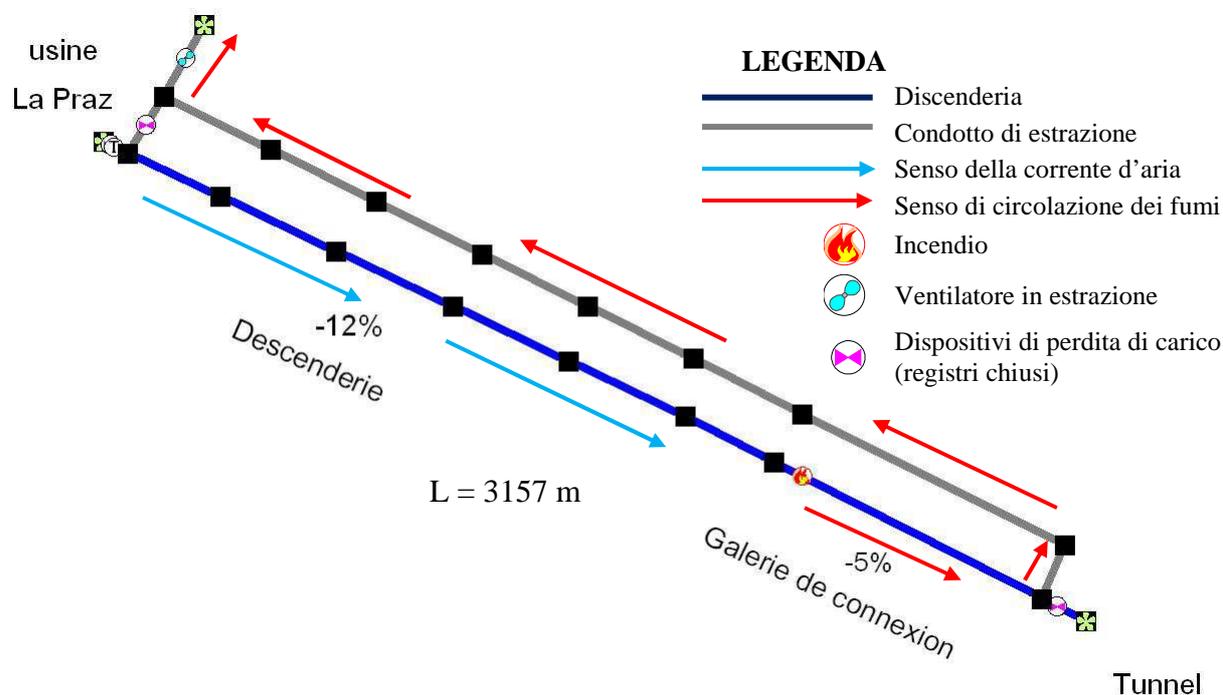


Figura 9 – Schema di scenario d'incendio nella discenderia di La Praz

- La portata volumica estratta (a 10°C) è di 100 m³/s per un carico di circa il 50% di uno dei tre ventilatori disponibili,
- la pressione totale al ventilatore è di 900 Pa,
- la velocità dell'aria raggiunta in piena sezione della galleria di connessione è di 2,7 m/s
- La velocità nella discenderia è di 5,1 m/s
- la temperatura raggiunta in corrispondenza dell'incendio è di 210°C

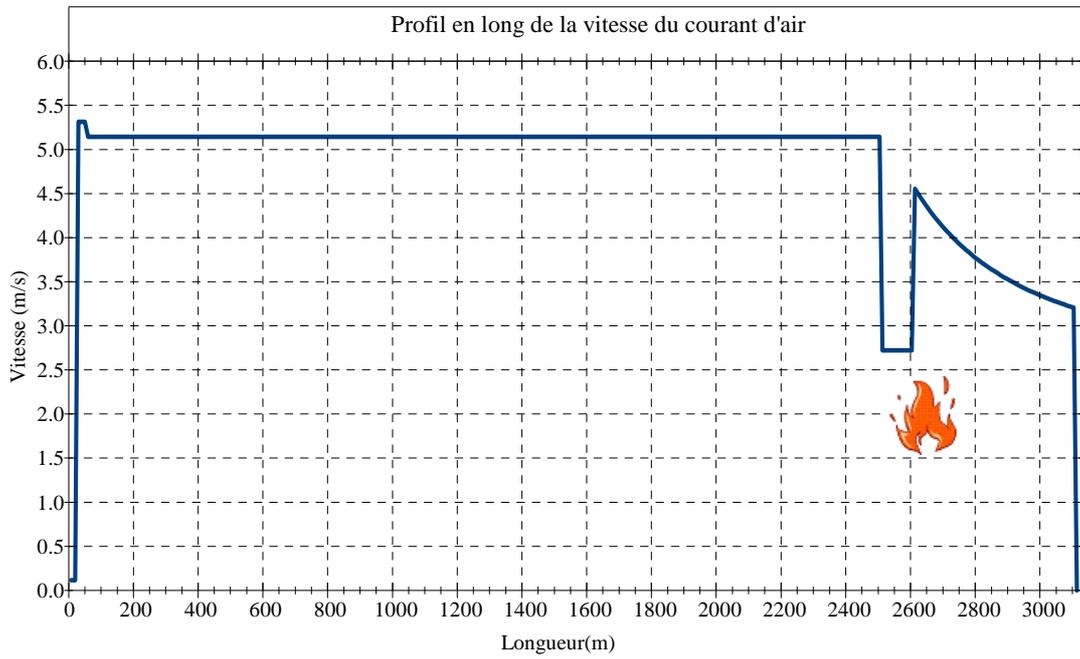


Figura 10 – Velocità della corrente d'aria nella discenderia di La Praz

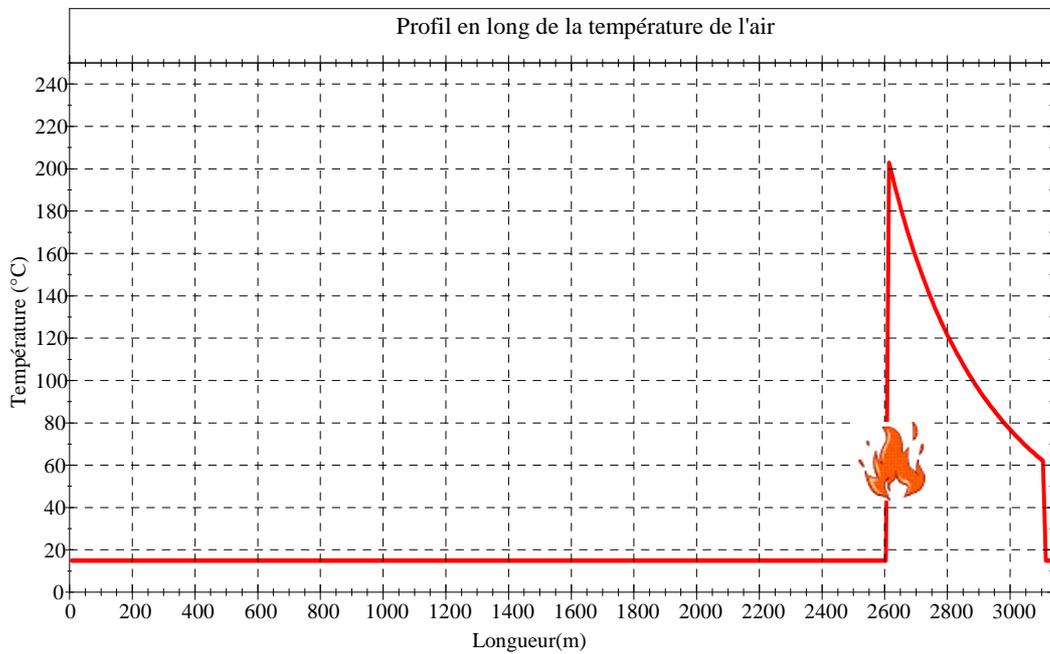


Figura 11 – Temperatura dell'aria nella discenderia di La Praz

Le performance sono raggiunte. I ventilatori di estrazione dei fumi del tunnel di base sull'area di La Praz saranno in grado di assicurare l'estrazione dei fumi della galleria di collegamento di la Praz.

4.1.3.4 Incendio nella discenderia di Modane

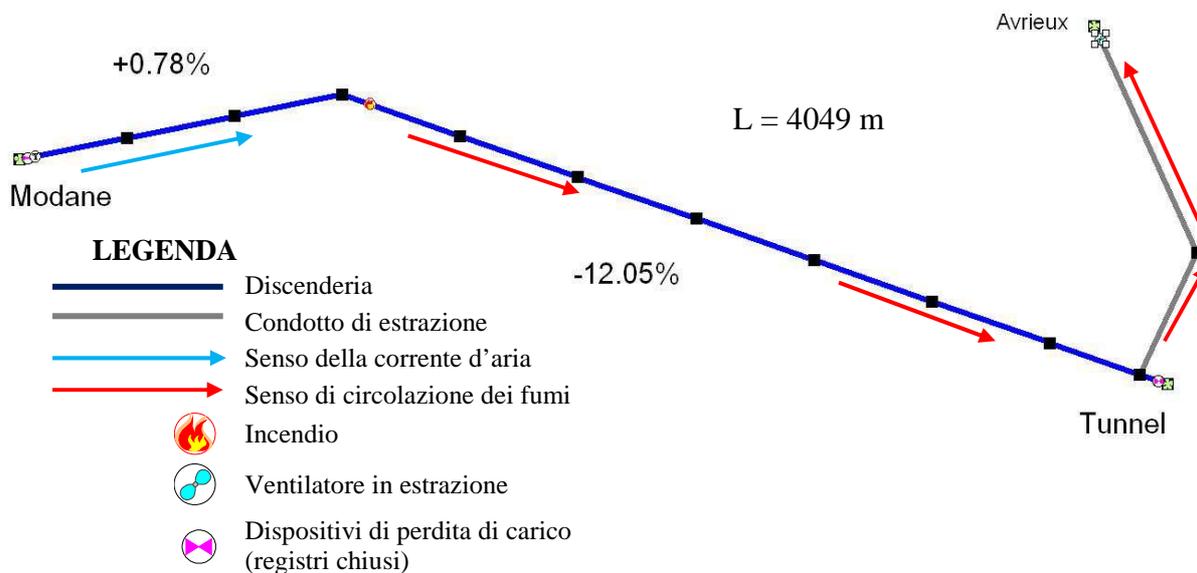


Figura 12 – Schema di scenario d'incendio nella discenderia di Modane

- La portata volumica estratta (a 10°C) è di 110 m³/s per un carico del 55% di uno dei sei ventilatori disponibili,
- la pressione totale al ventilatore è di 550 Pa,
- la velocità dell'aria raggiunta in piena sezione è di 3 m/s
- la temperatura raggiunta in corrispondenza dell'incendio è di 195°C

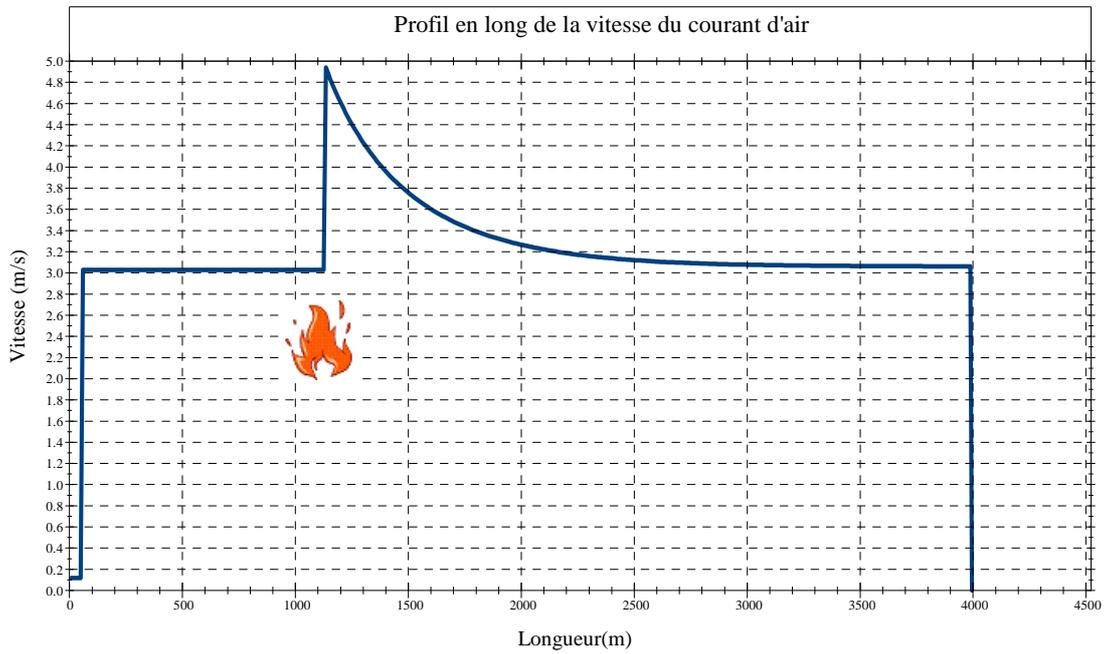


Figura 13 – Velocità della corrente d'aria nella discenderia di Modane

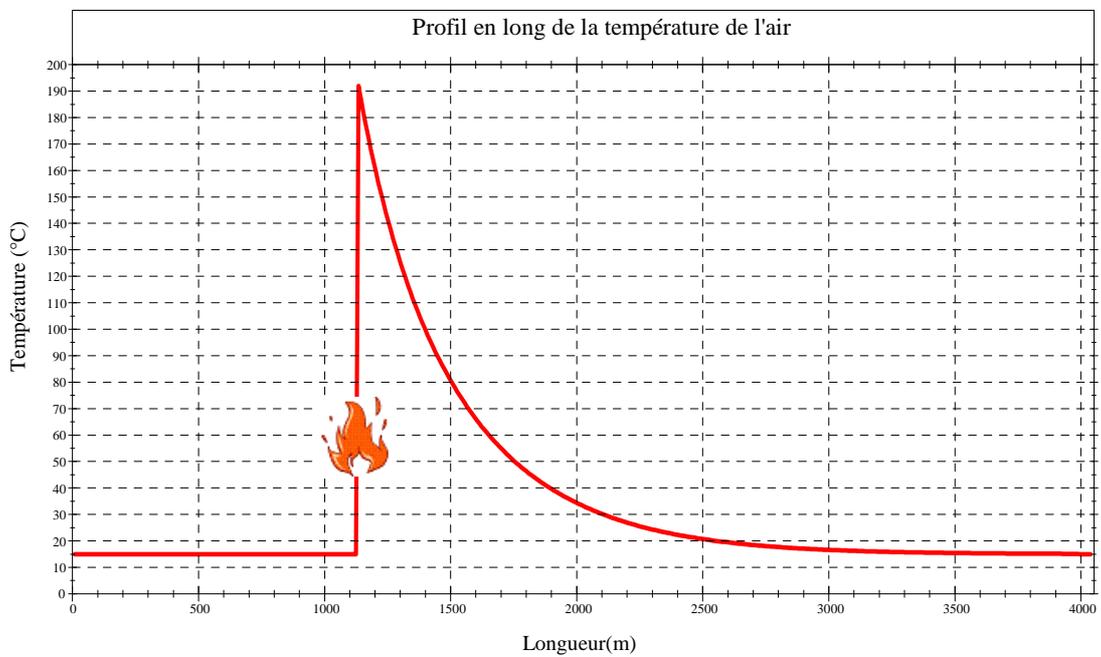


Figura 14 – Temperatura dell'aria nella discenderia di Modane

Le performance sono raggiunte. I ventilatori di estrazione dei fumi del tunnel di base sull'area di Avrieux saranno in grado di assicurare l'estrazione dei fumi della discenderia di Modane. Per l'area di Avrieux, per la quale il circuito di estrazione è più corto, è stata eseguita una simulazione di incendio a fondo discenderia appena a monte della serranda di estrazione per verificare il livello di temperatura massimo raggiunto.

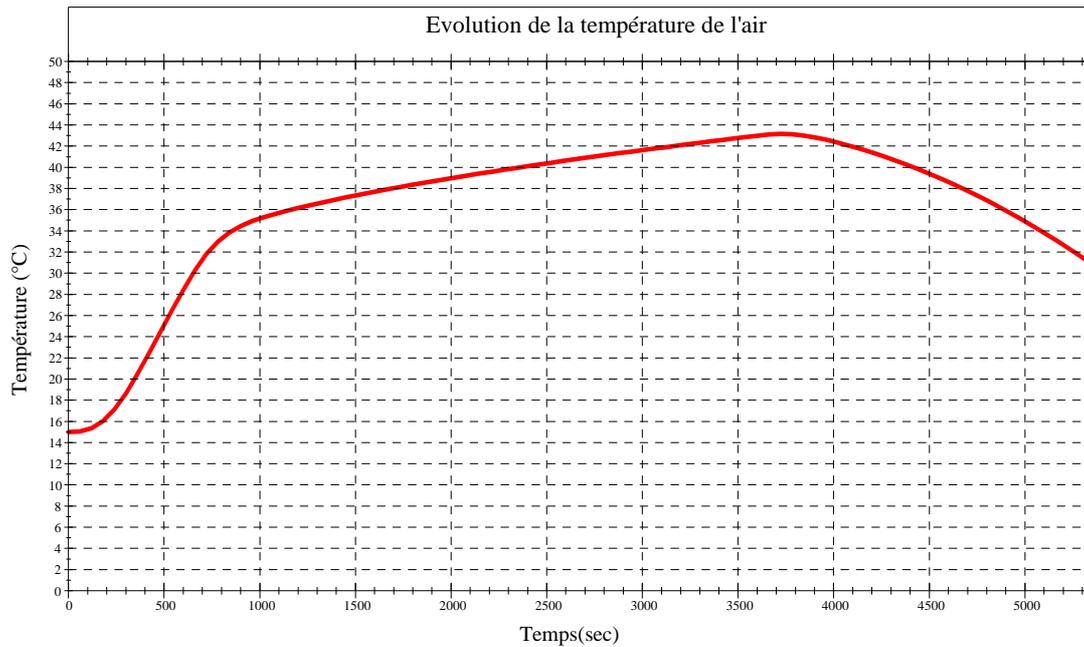


Figura 15 – Evoluzione della temperatura dell'aria a livello degli estrattori nella centrale di Avrieux

La temperatura raggiunta al ventilatore è di 44°C. Questa temperatura relativamente bassa non impone criteri di resistenza particolari per i ventilatori principali.

4.1.3.5 Incendio nella galleria della Maddalena

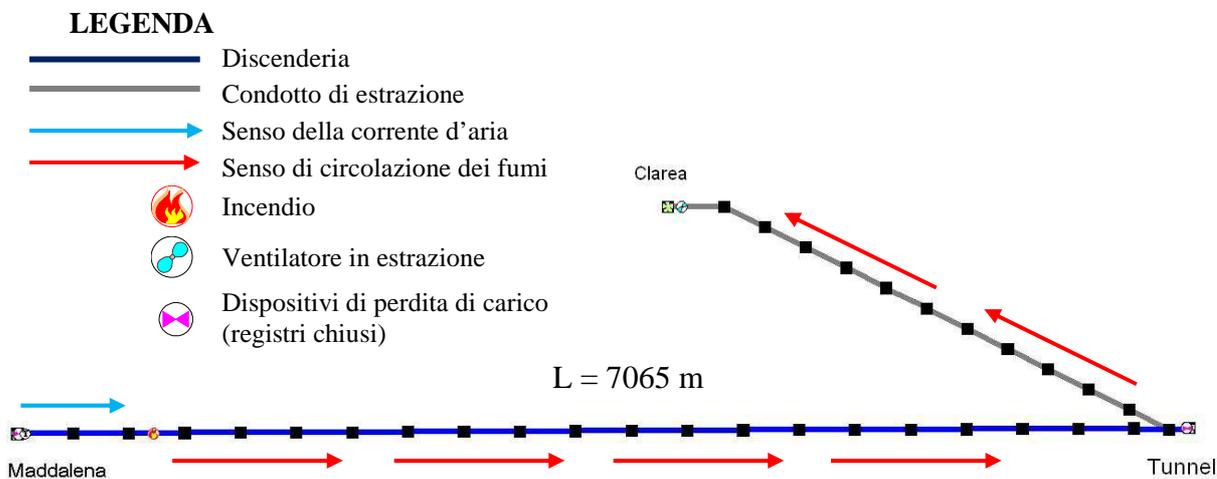


Figura 16 – Schema di scenario d'incendio nella galleria della Maddalena

- La portata volumica estratta (a 10°C) è di 60 m³/s per un carico del 30% di uno dei tre ventilatori disponibili,
- la pressione totale al ventilatore è di 500 Pa,
- la velocità dell'aria raggiunta in piena sezione è di 3,1 m/s
- la temperatura raggiunta in corrispondenza dell'incendio è di 315°C

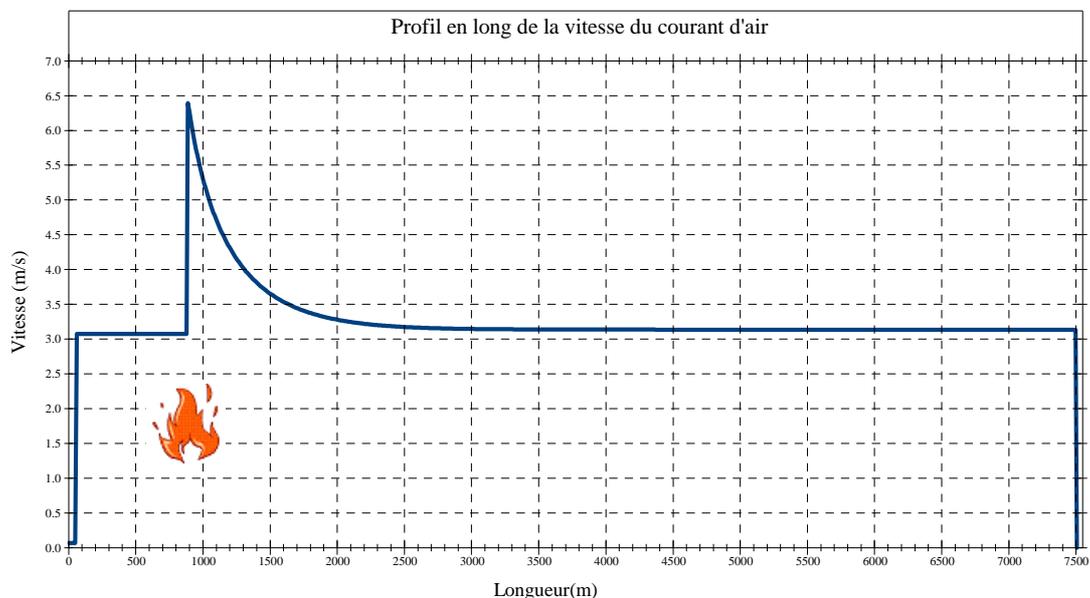


Figura 17 – Velocità della corrente d'aria nella galleria della Maddalena

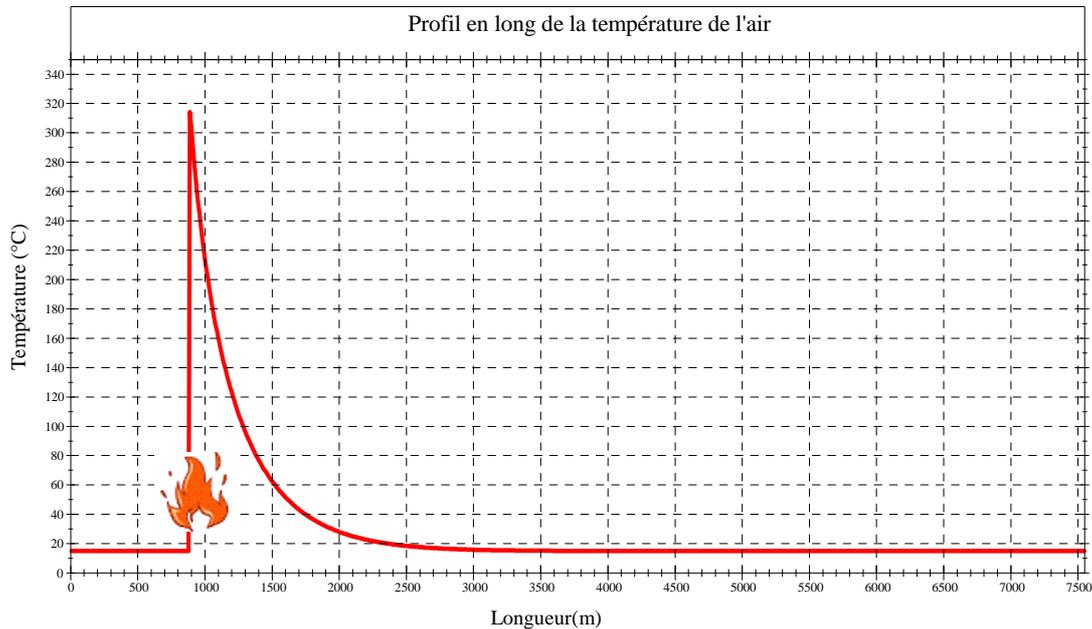


Figura 18 – Temperatura dell'aria nella galleria della Maddalena

Le performance sono raggiunte. I ventilatori di estrazione dei fumi del tunnel di base sull'area di Clarea saranno in grado di assicurare l'estrazione dei fumi della galleria della Maddalena.

5. Conclusione

Per il dimensionamento dell'estrazione dei fumi delle discenderie e gallerie di accesso stradale al tunnel di base del collegamento ferroviario Torino-Lione, sono stati modellizzati i sei seguenti casi mediante un software specializzato (Express'Air: codice di calcolo monodimensionale anisotermo transitorio che prende in considerazione la comprimibilità dell'aria):

- incendio nel centro della discenderia di Saint Martin,
- incendio all'imbocco della discenderia di La Praz, a valle del sas d'imbocco,
- incendio nella galleria di collegamento di La Praz,
- incendio all'imbocco della discenderia di Modane, a valle del sas d'imbocco,
- incendio in fondo alla discenderia di Modane, a monte del sas di fondo,
- incendio all'imbocco della galleria della Maddalena, a valle del sas d'imbocco.

In caso di incendio in una discenderia o galleria, il principio di estrazione dei fumi adottato consiste nel creare una circolazione longitudinale in piena sezione dell'opera, in modo da respingere i fumi verso il fondo discenderia. Questa soluzione permette di sgombrare l'accesso dalla superficie per le squadre di soccorso.

Ogni discenderia è raccordata – nella sua estremità sotterranea - al condotto di ventilazione del tunnel di base. In caso di incendio, i fumi saranno estratti dai principali ventilatori di estrazione dei fumi.

I risultati delle simulazioni confermano la possibilità di utilizzare i ventilatori principali di estrazione dei fumi per estrarre i fumi di un incendio in discenderia o galleria.

Peraltro, per assicurare una qualità d'aria soddisfacente in queste opere, all'imbocco di ciascuna di esse è previsto uno specifico impianto di mandata d'aria con decompressione attraverso o l'uno o l'altro dei sas posto all'estremità verso il tunnel di base.