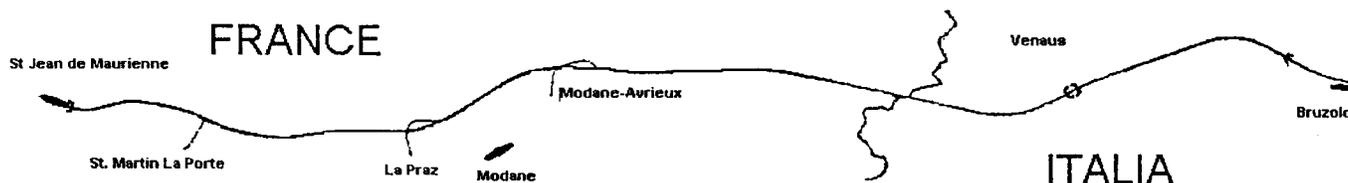




**NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO TRANSALPINO TORINO - LIONE**  
**NOUVELLE LIAISON FERROVIAIRE TRANSALPINE LYON-TURIN**

**TRATTA CONFINE DI STATO ITALIA/FRANCIA – BRUZOLO**

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



**PROGETTO PRELIMINARE**

STUDIO SULLA SOPRAVVIVENZA IN CASO DI  
INCENDIO IN UN VAGONE INTERMEDIO DI UN  
TRENO VIAGGIATORI

Scala :

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data
0	EMISSIONE	CASTEL		DUPONT		PRE	12.06.01
A	EMISSIONE FINALE	CASTEL		DUPONT		PRE	23.01.02

**ITAFERR S.p.A.**  
Dott. Ing. Alessandro DE ANGELIS  
Oggetti Ingegneria di Roma  
n° 11507

Rif. Doc	<b>P P 2 0 8 5 T S E 2 N T N : : : S E : : 2 0 4 1 A</b>
	fase n° S.C. emittente tipo doc. codice geografico oggetto n° doc indice

# SOMMARIO

<b>1.</b>	<b>OGGETTO DEL DOCUMENTO</b> .....	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>2</b>
<b>3.</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>3</b>
<b>4.</b>	<b>IPOTESI – DATI</b> .....	<b>4</b>
4.1.	Scelta delle potenze di incendio di riferimento, evoluzione temporale delle potenze di incendio di un TAV .....	4
4.1.1.	Potenze di incendio di riferimento.....	4
4.1.2.	Evoluzione temporale delle potenze di incendio.....	4
4.2.	Temperatura a valle dell'incendio.....	5
4.2.1.	Temperatura della miscela aria-fumi al traverso dell'incendio.....	5
4.2.2.	Diminuzione della temperatura della miscela lungo le paratie del tunnel.....	5
4.3.	produzione degli inquinanti CO e CO <sub>2</sub> .....	6
4.4.	Produzione ed opacità dei fumi .....	6
4.4.1.	Coefficiente d'assorbimento K dei fumi.....	6
4.4.2.	Flusso di opacità TO dei fumi in funzione della potenza .....	7
4.5.	Condizioni limite accettabili per l'evacuazione degli utenti .....	7
4.5.1.	Soglie ammissibili per gli inquinanti .....	7
4.5.2.	Distanza di visibilità D.....	8
4.5.3.	Velocità di spostamento degli utenti in ambiente fumoso.....	8
4.5.4.	Temperatura massima dell'aria – tempo di resistenza al calore.....	8
<b>5.</b>	<b>SINTESI ED ANALISI DEI RISULTATI</b> .....	<b>9</b>
5.1.	Sintesi dei risultati .....	9
5.2.	Analisi dei risultati.....	11
5.2.1.	Distanza di visibilità .....	11
5.2.2.	Monossido di carbonio.....	11
5.2.3.	Temperatura nel tunnel a valle dell'incendio .....	12
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONE</b> .....	<b>13</b>

---

## **1. OGGETTO DEL DOCUMENTO**

Il presente documento si inserisce nell'ambito dello studio per il progetto parziale relativo alla linea ferroviaria Lione-Torino nel caso di una realizzazione per fasi per la costruzione del bitubo di base.

Questo studio parametrico preliminare di sopravvivenza si prefigge di definire le condizioni di evacuazione degli utenti, nel caso di un incendio su un TAV che colpisce uno o più carrozze intermedie del convoglio e che costringe gli utenti ad evacuare in ambiente fumoso (a valle dell'incendio).

Questo rapporto rappresenta una prima tappa dello studio di sopravvivenza. In un secondo momento verranno prese in esame più in dettaglio le condizioni di accettabilità per l'evacuazione degli utenti.

## **2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO**

- [1] Guida DSC/DR (Direction de la Sécurité Civile/Direction des Routes) «Incendies dans les tunnels routiers – Objectifs et hypothèses en matière de désenfumage et de comportement au feu» Aprile 1999,
- [2] Guida sulla metodologia del CETu (Centre d'Etudes des Tunnels) «Les Etudes Spécifiques des Dangers (ESD) pour les tunnels du réseau routier» - Versione provvisoria - Luglio 2001,
- [3] Association Internationale Permanente des Congrès de la Route (AIPCR) «Maîtrise des incendies et des fumées dans les tunnels routiers» 1999,
- [4] Programma d'analisi Eureka-Project EU 499: Firetun « Fire in transport tunnels – Report on full scale tests » - Novembre 1995,
- [5] « Bibliographie et synthèse des études aérodynamiques et thermiques relatives au tunnel de base » - Alpetunnel – Ottobre 1999,
- [6] « Etude de désenfumage » - Alpetunnel – Agosto 1997,
- [7] « Définition des caractéristiques des incendies de référence » - Realizzazione di uno studio di simulazione in 3D – SETEC – Aprile 2002,
- [8] Dossier guida del CETu (Centre d'Etudes des Tunnels) «Document Equipements – Section ventilation» - Versione provvisoria del Febbraio 1992.

### 3. METODOLOGIA

In questo studio saranno presi in esame 15 casi in totale. Questi 15 casi rappresentano la combinazione tra 5 valori di potenza dell'incendio per 3 velocità di evacuazione dei fumi:

- Potenza dell'incendio:
  - 15 MW: incendio di motrice
  - 12 MW: incendio di motrice o di due vetture passeggeri (ipotesi massima)
  - 9 MW: incendio di due vetture passeggeri (ipotesi media)
  - 6 MW: incendio di una vettura passeggeri
  - 3 MW: incendio di una vettura passeggeri (ipotesi minima)
- Velocità della corrente d'aria longitudinale assicurata dal sistema di evacuazione dei fumi: 4,5 e 6 m/s

Per definire le condizioni di evacuazione, è necessario analizzare i valori dei seguenti parametri per i 15 casi presi in esame:

- Distanza di visibilità
- Concentrazione di monossido di carbonio (CO)
- Temperatura dei fumi
- Tempi di evacuazione

I tempi di evacuazione vengono calcolati per le possibili configurazioni definite di seguito:

<b>Configurazioni previste</b>	<b>Distanza di evacuazione minima da percorrere</b>
Stazioni di intervento o di sicurezza ai piedi delle discenderie	14 km
Stazioni di sicurezza con una spaziatura regolare di 5,8 km	5,8 km
Galleria di servizio o secondo tubo senza sovrastruttura ferroviaria, con rami di collegamento ogni 400 m: <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Evacuazione su 1 ramo</li><li>▪ Evacuazione su due rami consecutivi</li></ul>	400 m 800 m

Le relazioni che permettono di calcolare questi parametri in base alla curva di potenza dell'incendio vengono fornite nel capitolo « Ipotesi – dati ».

A partire dalla definizione delle condizioni di evacuazione, è necessario accertarsi che le condizioni limite accettabili vengano rispettate.

Se tali condizioni limite non vengono rispettate per almeno uno dei tre criteri ( $D_{visibilità}$ , CO,  $T_{fumi}^{\circ}$ ), il caso studiato non verrà considerato accettabile per il proseguo degli studi.

## 4. IPOTESI – DATI

### 4.1. Scelta delle potenze di incendio di riferimento, evoluzione temporale delle potenze di incendio di un TAV

#### 4.1.1. *Potenze di incendio di riferimento*

Il programma di studio Eureka [4] fornisce dei valori massimi di potenza dell'incendio che variano da 8 a 22 MW circa ed una potenza media da 5 a 6 MW per una vettura in alluminio.

Gli studi di Alpetunnel [5] erano giunti ad un valore di potenza d'incendio massima pari a 6 MW per una vettura passeggeri e di 14 MW per una motrice.

In questo studio si farà riferimento ad una **potenza massima** d'incendio su una vettura passeggeri di **15 MW**.

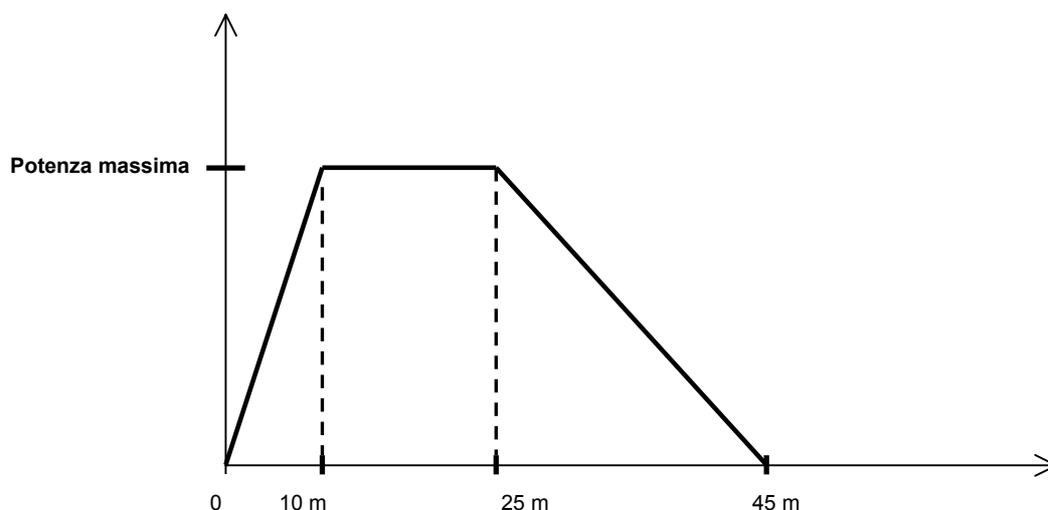
Allo scopo di coprire un'ampia gamma di valori di potenza, verranno presi in considerazione i seguenti valori:

- 15 MW: incendio di motrice
- 12 MW: incendio di motrice o di due vetture passeggeri (ipotesi massima)
- 9 MW: incendio di due vetture passeggeri (ipotesi media)
- 6 MW: incendio di una vettura passeggeri
- 3 MW: incendio di una vettura passeggeri (ipotesi minima)

#### 4.1.2. *Evoluzione temporale delle potenze di incendio*

Ai fini del presente studio, si suppone che gli incendi del TAV raggiungano una potenza di 15 MW con un tempo di sviluppo di 10 m, un picco di 15 m alla potenza massima ed un tempo di estinzione di 20 m.

La variazione temporale [6] per ciascun valore di potenza del fuoco verrà dunque definita come segue:



## 4.2. Temperatura a valle dell'incendio

### 4.2.1. Temperatura della miscela aria-fumi nell'area in linea con l'incendio

La temperatura nell'area in linea con l'incendio viene determinata considerando che :

1. Un terzo della potenza dell'incendio viene dissipato per irradiazione a livello delle pareti come indicato nella circolare interministeriale n°2000-63 [2]. **Solo la potenza massima di convezione, 2/3 della potenza massima globale, verrà presa in considerazione per i calcoli termici.**
2. Si presuppone che la **velocità della corrente d'aria** a monte sia pari a **4, 5 o 6 m/s** [5]. Di conseguenza, la portata d'aria che produce uno scambio termico per convezione dell'energia prodotta dall'incendio è di:  $D_{aria} = V_{aria} \times S_{tunnel} \text{ m}^3/\text{s}$
3. La temperatura dell'aria è di 30°C in modalità di esercizio normale [5]. Si presuppone che la temperatura delle pareti è uguale a quella dell'aria
4. Il calore massico dell'aria è pari a 1000 J/kg/°C. Si presuppone che il calore massico dell'aria e quello dei fumi siano uguali
5. La sezione del tunnel di base è di 43 m<sup>2</sup> [6]
6. Il perimetro è di 24,75 m [6]

### 4.2.2. Diminuzione della temperatura della miscela lungo le pareti del tunnel

Il coefficiente di scambio convettivo viene definito come segue:

$h = 5,6 + 3,2 \times V_{aria}$  Formula semplificata da Mac Adams applicabile per velocità inferiori a 7 m/s

$h = 9,5 \times \left(\frac{V_{air}}{7}\right)^{0,8}$  Formula semplificata da Mac Adams applicabile per velocità che vanno da 7 m/s a 30 m/s circa

Gli scambi convettivi tra le pareti ed i fumi si traduce nell'espressione seguente:

$$Q_m \times C_p \times \Delta T_{fumi} = S \times h \times \Delta T_{fumi-/paratia}$$

Con:

$Q_m$ : portata massica estratta dai ventilatori

$C_p$ : calore massico della miscela aria-fumi

$\Delta T_{fumi}$ : differenza delle temperature della miscela aria-fumi ad una distanza X ( $T_X$ ) e ad una distanza X +  $\Delta X$  ( $T_{X+\Delta X}$ )

S: superficie di scambio a livello delle pareti del tunnel. Vale a dire il perimetro del tunnel per la lunghezza del tunnel  $\Delta X$

$\Delta T_{fumi-/paratia}$ : differenza di temperatura tra la miscela aria-fumi ad una temperatura  $T_X$  e le pareti a 30°C

### 4.3. Produzione degli inquinanti CO e CO<sub>2</sub>

La produzione degli inquinanti CO e CO<sub>2</sub> durante un incendio dipende dalla natura dai materiali che bruciano e dall'apporto di ossigeno (quindi di aria) sul focolaio.

I diversi studi, ed in particolare lo studio EUREKA, hanno permesso di individuare delle gamme di temperatura in termini di produzione di inquinanti in funzione della potenza eventuale dell'incendio.

Le analisi effettuate hanno portato a definire dei criteri standardizzati di produzione di queste sostanze inquinanti che vengono consigliati anche per le analisi specifiche di pericolo realizzate nell'ambito degli studi di progetto preliminare dei tunnel stradali.

Questi valori [2] vengono riportati di seguito:

Consumo di ossigeno : 1 kg di O<sub>2</sub> per 13,1 MJ

Produzione di CO<sub>2</sub> : 0,1 kg/s di CO<sub>2</sub> per 1 MW

Produzione di CO :  $[CO_2] / [CO] = 25$  per gli incendi in condizioni di buona ventilazione

:  $[CO_2] / [CO] = 5$  per gli incendi in condizioni di cattiva ventilazione.

Nell'ambito di questo studio, si presuppone che la velocità della corrente d'aria a monte sia pari a 4, 5 o 6 m/s, quindi l'incendio può considerarsi in condizioni di buona ventilazione.

Di conseguenza, la **produzione di CO** è pari a:

$$[CO] = [CO_2] / 25$$

Ovvero una produzione di **4 g/s o 4 10<sup>-3</sup> kg/s di CO per 1 MW.**

La variazione temporale della produzione di CO viene considerata identica a quella della potenza dell'incendio.

### 4.4. Produzione ed opacità dei fumi

#### 4.4.1. Coefficiente d'assorbimento K dei fumi

Verranno utilizzati i dati estratti dalle analisi bibliografiche relative agli incendi sui mezzi pesanti.

Queste analisi bibliografiche mostrano che il coefficiente di assorbimento K dei fumi prodotti non dipende molto dalla potenza dell'incendio e che per la combustione dei veicoli di tipo mezzo pesante il valore oscilla, a seconda dello studio preso in esame, tra 2,7 e 4,5 m<sup>-1</sup>.

Si potrebbe considerare un coefficiente di estinzione costante indipendentemente dalla potenza dell'incendio, ma si tratterebbe probabilmente di un'ipotesi falsa per le potenze minori.

Di conseguenza, per lo studio in esame si terrà in considerazione un valore medio rappresentato da una curva che fornisce i seguenti valori [1] [2] [4] [7]:

Potenza in MW	Coefficiente in k m <sup>-1</sup>
0	0
10	1,25
20	2,5

Limite dello studio →	Potenza in MW	Coefficiente in k m-1
	30	3,1
	100	4

#### 4.4.2. Flusso di opacità TO dei fumi in funzione della potenza

Si è già visto come la visibilità poteva determinarsi utilizzando il coefficiente di estinzione K in  $m^{-1}$  d'assorbimento della miscela aria/fumi considerata.

Tuttavia, è necessario, per poter effettuare un calcolo della diluizione dei fumi, definire un flusso di opacità che permetta di ricavare questo valore K partendo dal valore iniziale dei fumi prodotti e calcolando la diluizione di questi fumi mediante l'aria di ventilazione.

Se chiamiamo TO (tracciatore di opacità) questo flusso di opacità e consideriamo che il coefficiente di estinzione K in  $m^{-1}$  corrisponde a un tasso di concentrazione dato dalla relazione [7]:

$$K = \frac{TO}{V}$$

in cui K coefficiente di estinzione in  $m^{-1}$

V la portata della miscela in  $m^3/s$

TO il flusso di opacità espresso in  $m^2/s$ .

Si noterà che questo flusso non corrisponde a una grandezza fisica.

Per semplificare questo approccio, si deve ricercare una curva di evoluzione lineare in funzione della potenza totale dell'incendio.

Questa curva viene definita dalla relazione [7] :

$$TO = 9,1 P$$

in cui TO in  $m^2/s$

e P in MW

#### 4.5. Condizioni limite accettabili per l'evacuazione degli utenti

##### 4.5.1. Soglie ammissibili per gli inquinanti

- (i) Concentrazione letale: 3000 ppm su 30 m [2]
- (ii) Soglia di effetti irreversibili – sintomi gravi: inabilità [2]:
  - 1000 ppm per 50 m
  - 1500 ppm per 30 m
  - 2500 ppm per 10 m
- (iii) Sintomi medi – evacuazione possibile [8]:
  - 900 ppm per 40 m
  - 600 ppm per 1h
  - 400 ppm per 1h30
  - 300 ppm per 2h

200 ppm per 3h

#### **4.5.2. Distanza di visibilità D**

La distanza di visibilità si esprime in m e rappresenta in maniera concreta la distanza in cui un determinato oggetto è ancora visibile.

Tuttavia, tale distanza è più soggettiva del coefficiente K nella misura in cui per la sua determinazione è necessario introdurre un coefficiente arbitrario che dipende dalla natura dell'oggetto osservato.

Tale distanza viene definita dalla funzione [1]:  $D = \frac{A}{K}$  in cui il coefficiente A è pari a (secondo la documentazione citata come riferimento):

- 2 per piccoli pannelli segnaletici
- 3 per piccoli pannelli riflettenti
- 6 per piccoli pannelli luminosi
- 8 per grandi pannelli luminosi.

In questa sede si considera un **valore medio del coefficiente A pari a 5**.

**La distanza di visibilità minima** che consente ai passeggeri di avanzare ed evacuare è pari a **4 metri** [6].

#### **4.5.3. Velocità di spostamento degli utenti in ambiente fumoso**

In un ambiente fumoso, la velocità di avanzamento viene stimata tra 0,5 e 1,5 m/s [3] in base a diverse componenti, tra cui la visibilità.

Si considera che :

- **Tra 4 e 8 m** di visibilità la velocità di marcia è di **0,5 m/s** ;
- **Tra 8 e 15 m** di visibilità la velocità di marcia è di **1 m/s** ;
- **Oltre i 15 m** di visibilità la velocità di marcia è di **1,5 m/s** ;

#### **4.5.4. Temperatura massima dell'aria – tempo di resistenza al calore**

Perché l'evacuazione possa aver luogo, **la temperatura dell'aria non deve superare gli 80°C** [3] [2]. Questa temperatura può essere infatti tollerata **per non più di 15 m**.

**Le seguenti soglie limite** (calcolate in base ad una formula che fornisce il *tempo di inabilità* p20 [3]) verranno considerate **le condizioni limite di temperatura che consentono l'evacuazione dei passeggeri**:

- (i)  $T^\circ < 50^\circ\text{C}$  per 45 m
- (ii)  $T^\circ < 40^\circ\text{C}$  per 60 m
- (iii)  $T^\circ < 30^\circ\text{C}$  per 3 h

## **5. SINTESI ED ANALISI DEI RISULTATI**

### **5.1. Sintesi dei risultati**

Per ciascun valore di potenza dell'incendio e di velocità della corrente d'aria longitudinale, le curve di evoluzione della potenza dell'incendio, della produzione di CO e del flusso d'opacità, determinate a partire dai risultati dei calcoli, vengono fornite negli allegati da 1 a 5.

A partire dalle curve di evoluzione della potenza dell'incendio, della produzione di CO e del flusso di opacità, per ciascun valore di velocità dell'aria prevista (4, 5 e 6 m/s), viene determinata la distanza di visibilità, la concentrazione di CO e la temperatura dei fumi nell'area in linea con l'incendio.

La tabella della pagina seguente (cf. curve in Allegato 7) fornisce un riepilogo dei valori più penalizzanti (massimo per la concentrazione di CO ed il valore  $T^{\circ}$ fumi e minimo per Dvisibilità) di questi 3 parametri per i 15 casi presi in esame. Tali valori sono dati dalla potenza massima dell'incendio.

### Potenza massima 15 MW

	D visibilità	CO (ppm)	T°fumi
V = 4 m/s	6 m	300 ppm	78°C
V = 5 m/s	8 m	250 ppm	68°C
V = 6 m/s	10 m	200 ppm	62°C

### Potenza massima 12 MW

	D visibilità	CO (ppm)	T°fumi
V = 4 m/s	8 m	245 ppm	68°C
V = 5 m/s	10 m	200 ppm	61°C
V = 6 m/s	12 m	160 ppm	56°C

### Potenza massima 9 MW

	D visibilità	CO (ppm)	T°fumi
V = 4 m/s	10 m	180 ppm	59°C
V = 5 m/s	13 m	150 ppm	53°C
V = 6 m/s	16 m	120 ppm	49°C

### Potenza massima 6 MW

	D visibilità	CO (ppm)	T°fumi
V = 4 m/s	16 m	120 ppm	49°C
V = 5 m/s	20 m	100 ppm	45°C
V = 6 m/s	24 m	80 ppm	43°C

### Potenza massima 3 MW

	D visibilità	CO (ppm)	T°fumi
V = 4 m/s	32 m	60 ppm	40°C
V = 5 m/s	40 m	50 ppm	38°C
V = 6 m/s	47 m	40 ppm	36°C

La conoscenza della distanza di visibilità consente di determinare la velocità di evacuazione e, di conseguenza, il tempo necessario per l'evacuazione in ciascuna delle tre configurazioni prese in esame.

La tabella seguente fornisce per ciascuna configurazione la distanza massima ed i tempi di evacuazione corrispondenti.

<b>Configurazioni previste</b>	<b>Distanza d'evacuazione massima da percorrere</b>	<b>Tempi di evacuazione</b>
Stazioni di intervento o di sicurezza ai piedi delle discenderie	14 km	Da 2h30 a 2h45
Stazioni di sicurezza con una spaziatura regolare di 5,8 km	5,8 km	Da 1h a 1h15
Galleria di servizio o secondo tubo non dotato di rami ogni 400 m: <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Evacuazione su 1 ramo</li><li>▪ Evacuazione su due rami consecutivi</li></ul>	400 m 800 m	Da 5 a 15 m Da 10 a 30 m

## **5.2.        *Analisi dei risultati***

### **5.2.1.     *Distanza di visibilità***

Indipendentemente dal caso preso in esame, il valore limite della distanza di visibilità (4 m) non viene raggiunto.

La distanza di visibilità minima è compresa tra 6 m e 47 m. In tutti i casi, la distanza di visibilità deve consentire ai passeggeri di avanzare in condizioni di ambiente fumoso.

### **5.2.2.     *Monossido di carbonio***

Nello scenario più sfavorevole, vale a dire una potenza dell'incendio pari a 15 MW ed una velocità della corrente d'aria longitudinale di 4 m/s, la concentrazione di CO è al massimo di 300 ppm.

Tenendo conto del fatto che l'utente dovrà al massimo percorrere 14 km per evacuare (configurazione più sfavorevole), nel peggiore dei casi la concentrazione di CO potrà arrivare a 300 ppm in 2h45m.

In questa situazione estrema, i limiti accettabili definiti nel capitolo 3.5.1. vengono superati.

Tuttavia, questi valori relativi alla concentrazione sono valori di punta. Il periodo di punta dell'incendio è stimato a 15 minuti (cf. Cap. 4.1.1.). Le condizioni di evacuazione sarebbero, infatti, molto meno vincolanti.

La concentrazione di monossido di carbonio dovrebbe comportare esclusivamente dei sintomi medi o addirittura deboli consentendo agli utenti di evacuare la zona a rischio.

### 5.2.3. *Temperatura nel tunnel a valle dell'incendio*

T° medio	Stazioni d'intervento o di sicurezza ai piedi delle discenderie <b>Durata dell'evacuazione: 2h45</b>	Stazioni di sicurezza con una spaziatura regolare di 5,8 km <b>Durata dell'evacuazione: 1h15</b>	Galleria di servizio o secondo tubo non dotato di rami ogni 400 m <b>Durata dell'evacuazione: 30 m</b>
	T° medio su 14 km	T° medio su 5,8 km	T° medio su 400 m
<u>Potenza 15 MW</u>			
V = 4 m/s	31,5°C	34°C	62°C
V = 5 m/s	31,5°C	33,5°C	56°C
V = 6 m/s	31,5°C	33°C	52°C
<u>Potenza 12 MW</u>			
V = 4 m/s	31,5°C	33,5°C	56°C
V = 5 m/s	31°C	33°C	51°C
V = 6 m/s	31°C	32,5°C	48°C
<u>Potenza 9 MW</u>			
V = 4 m/s	31°C	32,5°C	50°C
V = 5 m/s	31°C	32°C	46°C
V = 6 m/s	31°C	32°C	44°C
<u>Potenza 6 MW</u>			
V = 4 m/s	30,5°C	31,5°C	43°C
V = 5 m/s	30,5°C	31,5°C	41°C
V = 6 m/s	30,5°C	31°C	39°C
<u>Potenza 3 MW</u>			
V = 4 m/s	30,5°C	31°C	37°C
V = 5 m/s	30°C	30,5°C	35°C
V = 6 m/s	30°C	30,5°C	35°C

Le condizioni di temperatura massima sono inferiori ai limiti definiti nel Cap. 4.5.4.

In effetti la temperatura non è mai superiore a 80°C in nessuno degli scenari.

Le temperature medie vengono calcolate allo scopo di fornire un esempio delle condizioni di temperatura affrontate dall'utente durante l'evacuazione. Il calcolo viene effettuato in forma semplificata considerando che la potenza di punta dell'incendio permane per tutta la durata dell'evacuazione.

L'analisi di queste cifre evidenzia dunque come la temperatura presente nel tunnel (cf. Allegato 6) dovrebbe essere sopportabile e consentire l'evacuazione.

## **6. CONCLUSIONE**

In seguito alla definizione delle condizioni ambientali e all'analisi grossolana dei criteri accettabili di evacuazione degli utenti, si può constatare come per gli scenari previsti ( $P_{\text{fuoco}}$  da 3 a 15 MW e velocità dell'aria da 4 a 6 m/s), non sussistono le condizioni per ipotizzare che questi criteri non vengano rispettati. L'evacuazione sembrerebbe dunque fattibile in tutte le condizioni previste.

Da notare che la potenza massima considerata di 15 MW corrisponde alla potenza d'incendio di una motrice che costituisce un'ipotesi più che pessimista.

Di conseguenza, i risultati presentati in questo studio sono approssimati per eccesso.

## **SOMMARIO DEGLI ALLEGATI**

ALLEGATO 1: Curve di evoluzione della potenza dell'incendio, della produzione di CO e del flusso di opacità per un incendio di 15 MW: incendio di motrice

ALLEGATO 2: Curve di evoluzione della potenza dell'incendio, della produzione di CO e del flusso di opacità per un incendio di 12 MW: incendio di motrice o di due vetture passeggeri (ipotesi massima)

ALLEGATO 3: Curve di evoluzione della potenza dell'incendio, della produzione di CO e del flusso di opacità per un incendio di 9 MW: incendio di due vetture passeggeri (ipotesi media)

ALLEGATO 4: Curve di evoluzione della potenza dell'incendio, della produzione di CO e del flusso di opacità per un incendio di 6 MW: incendio di una vettura passeggeri

ALLEGATO 5: Curve di evoluzione della potenza dell'incendio, della produzione di CO e del flusso di opacità per un incendio di 3 MW: incendio di una vettura passeggeri (ipotesi minima)

ALLEGATO 6: Curve di evoluzione della temperatura lungo le pareti del tunnel per un incendio della potenza di 15 MW

Curve di evoluzione della temperatura lungo le pareti del tunnel per un incendio della potenza di 12 MW

Curve di evoluzione della temperatura lungo le pareti del tunnel per un incendio della potenza di 9 MW

Curve di evoluzione della temperatura lungo le pareti del tunnel per un incendio della potenza di 6 MW

Curve di evoluzione della temperatura lungo le pareti del tunnel per un incendio della potenza di 3 MW

ALLEGATO 7: Curve di evoluzione della distanza di visibilità in funzione della potenza di punta dell'incendio

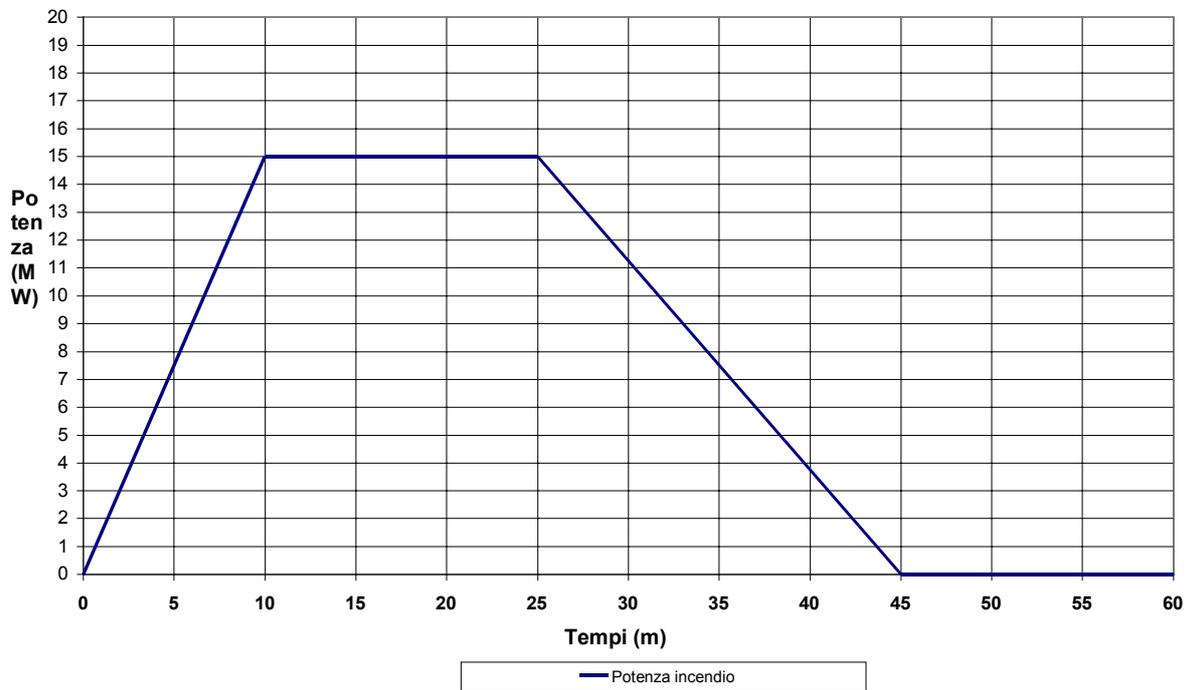
Curve di evoluzione della concentrazione di monossido di carbonio in funzione della potenza di punta dell'incendio

Curve di evoluzione della temperatura dei fumi nell'area in linea con l'incendio in funzione della potenza di punta dell'incendio

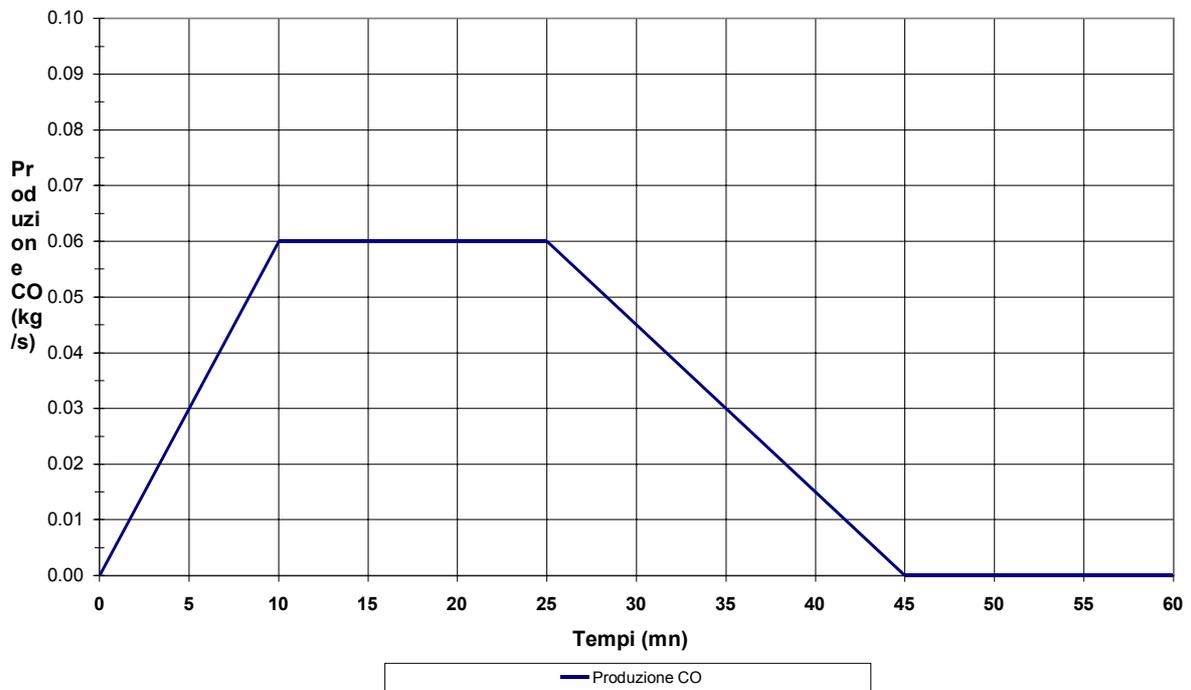
# **ALLEGATO 1**

## Incendio di una potenza di 15 MW: incendio di motrice

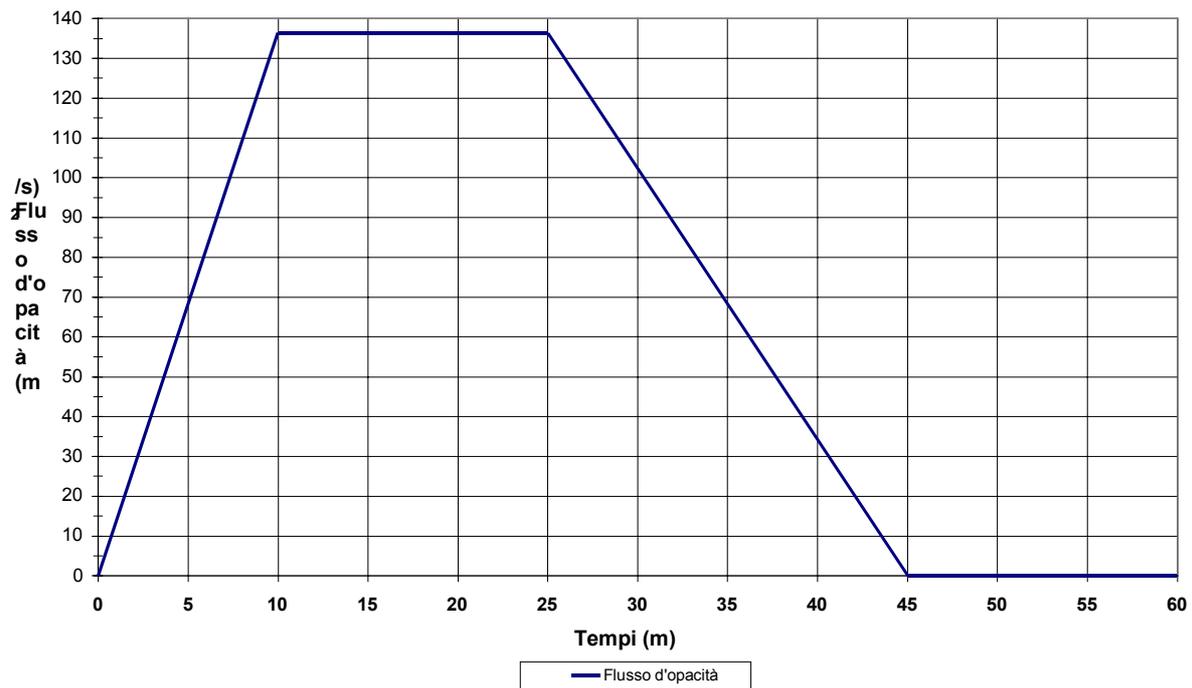
Evoluzione temporale della potenza dell'incendio



Evoluzione temporale della produzione di monossido di carbonio



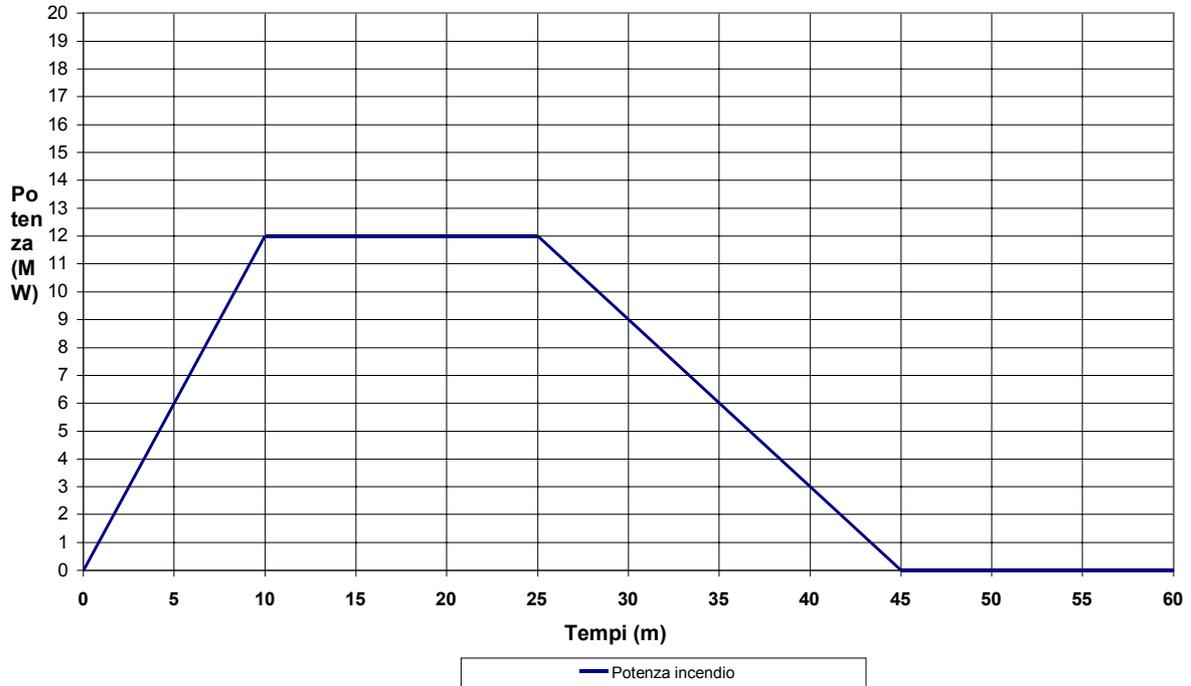
### Evoluzione temporale del flusso di opacità



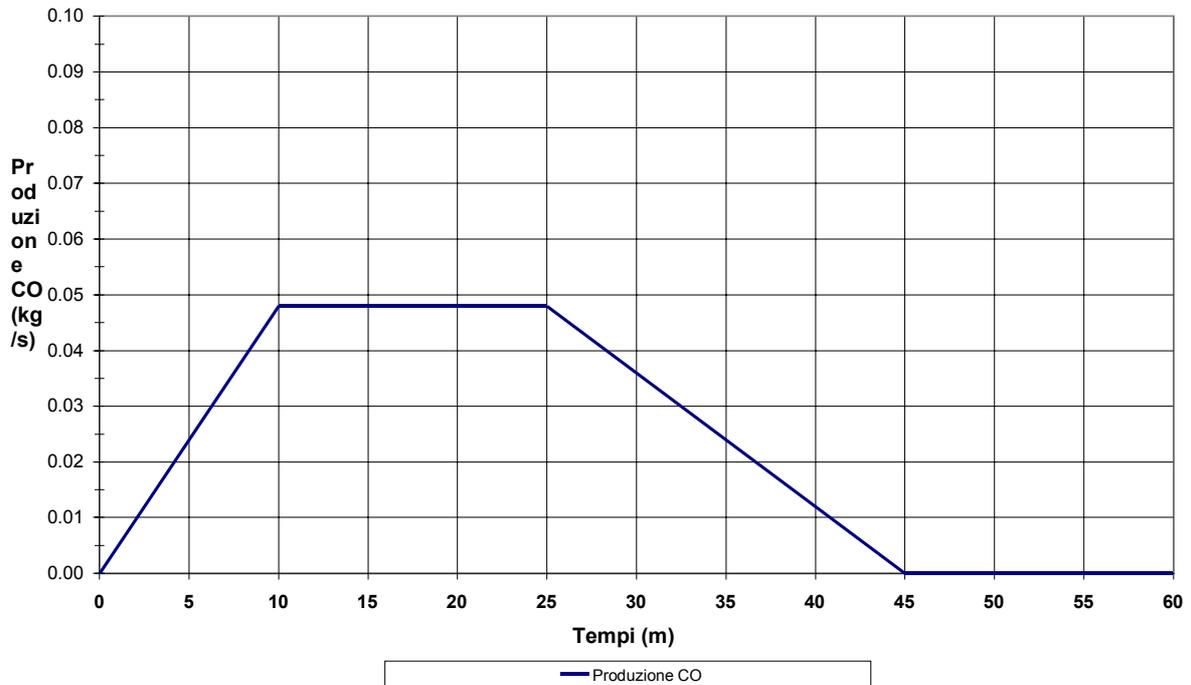
## **ALLEGATO 2**

# Incendio di una potenza di 12 MW: incendio di motrice o di due vetture passeggeri (ipotesi massima)

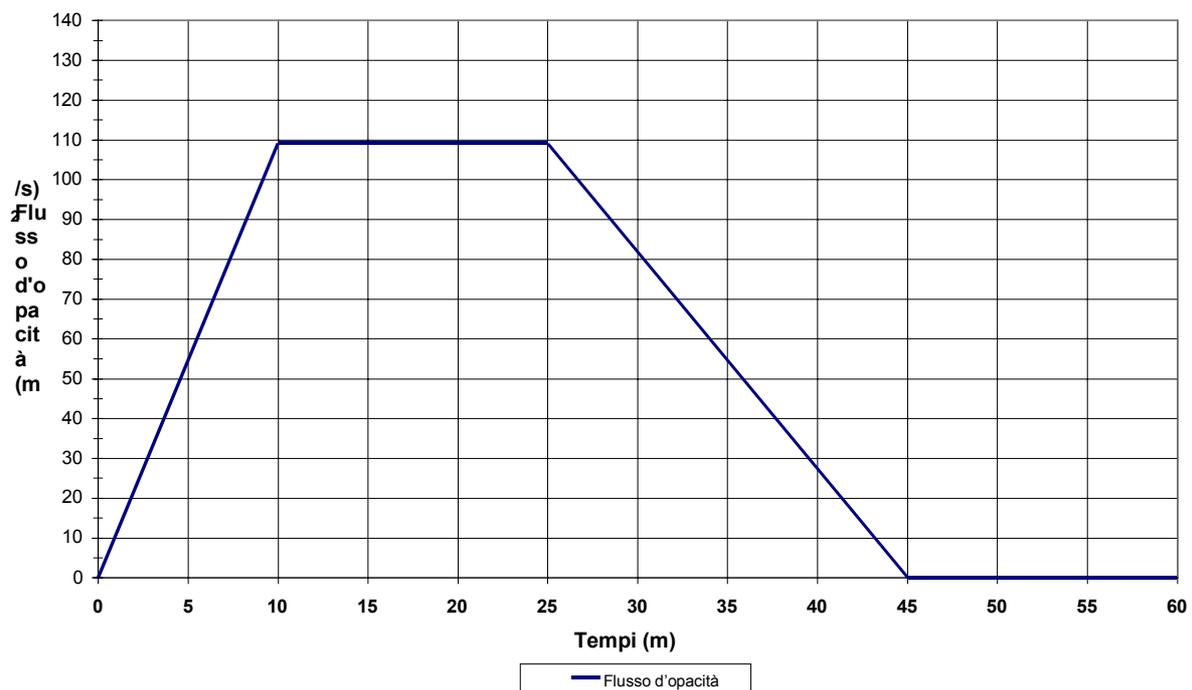
## Evoluzione temporale della potenza dell'incendio



## Evoluzione temporale della produzione di monossido di carbonio



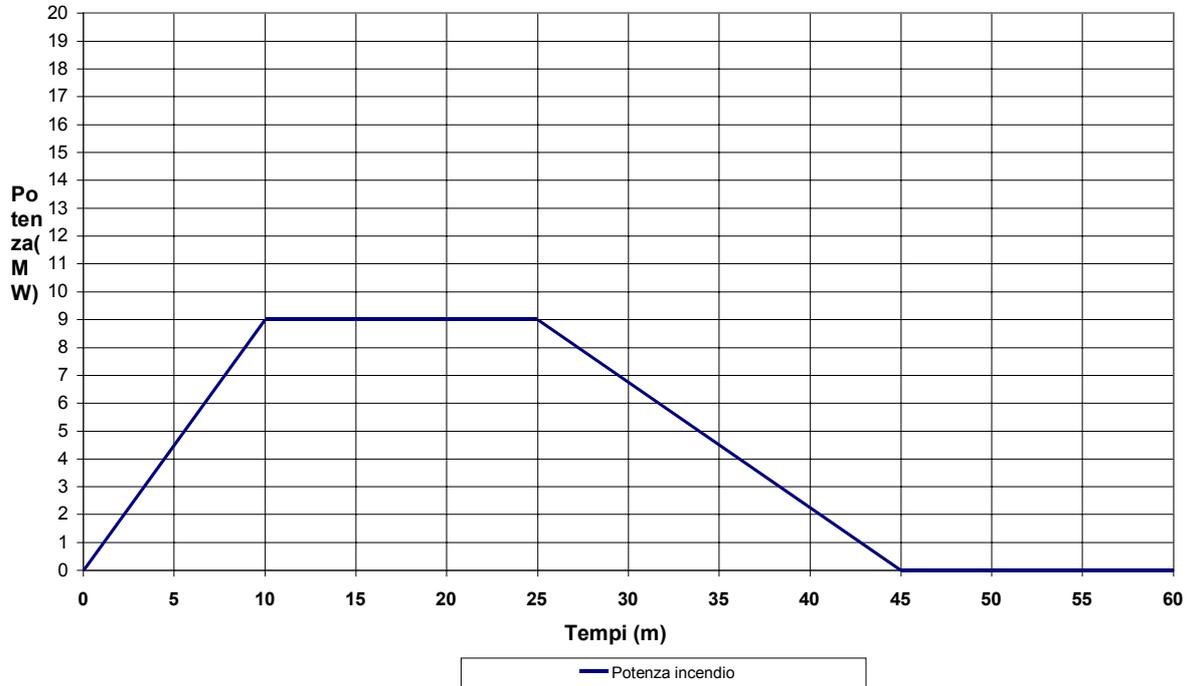
### Evoluzione temporale del flusso di opacità



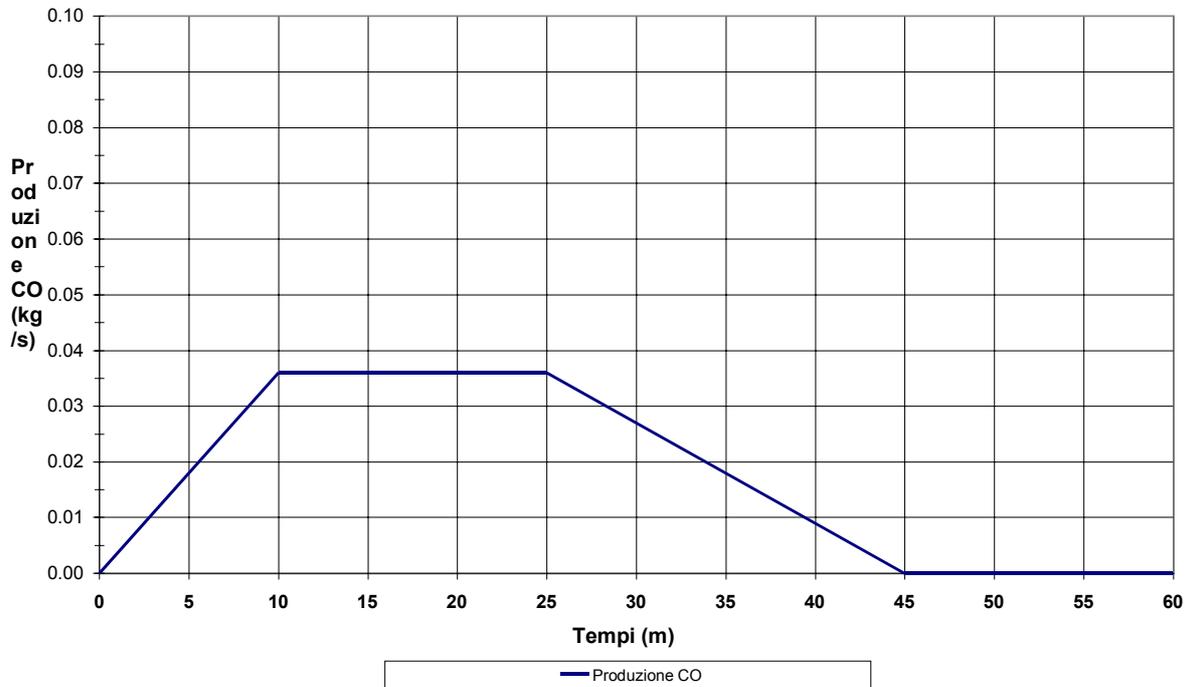
# **ALLEGATO 3**

## Incendio di una potenza di 9 MW: incendio di due vetture passeggeri (ipotesi media)

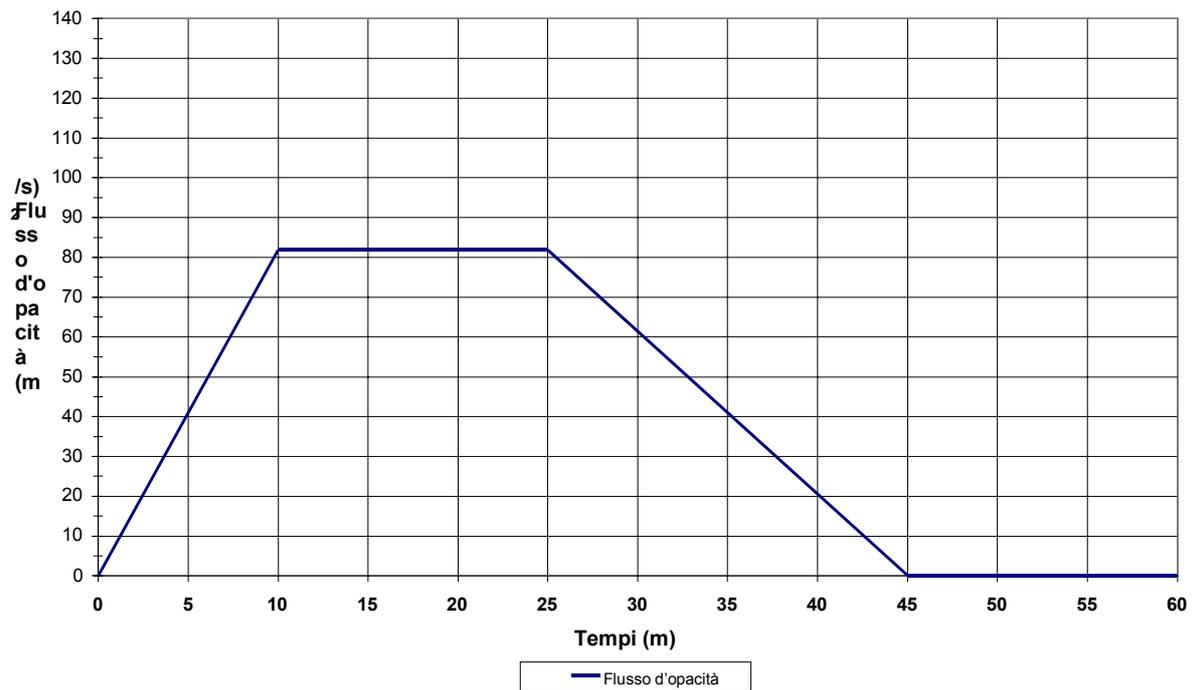
Evoluzione temporale della potenza dell'incendio



Evoluzione temporale della produzione di monossido di carbonio



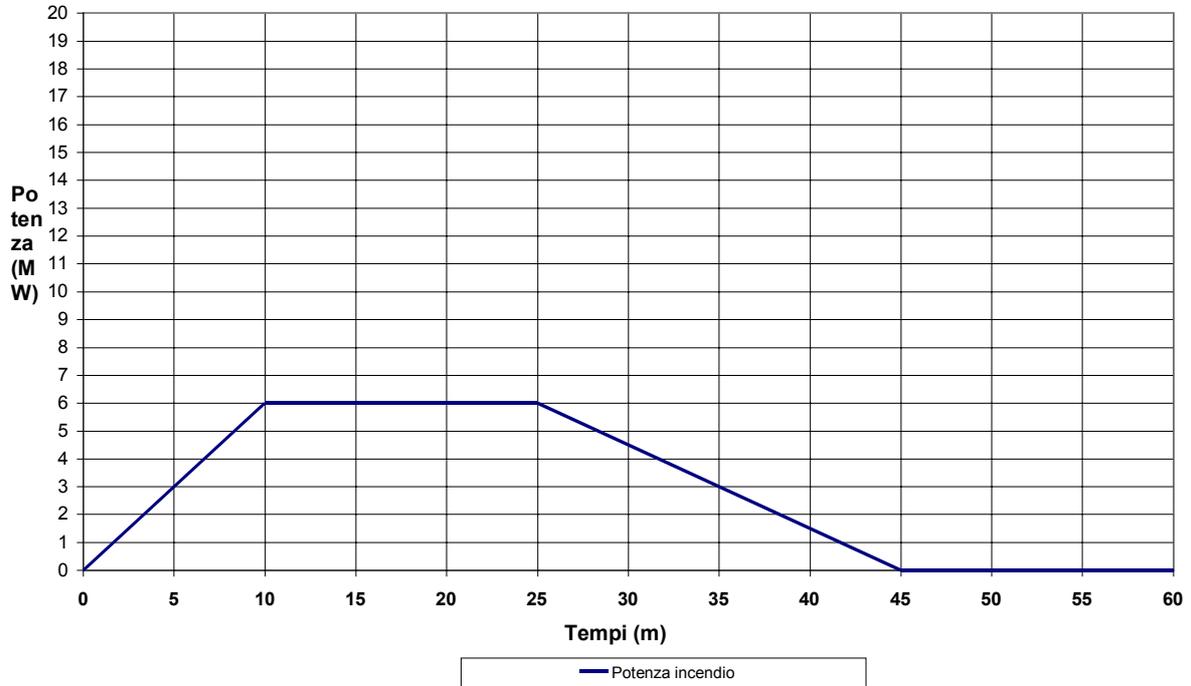
### Evoluzione temporale del flusso d'opacità



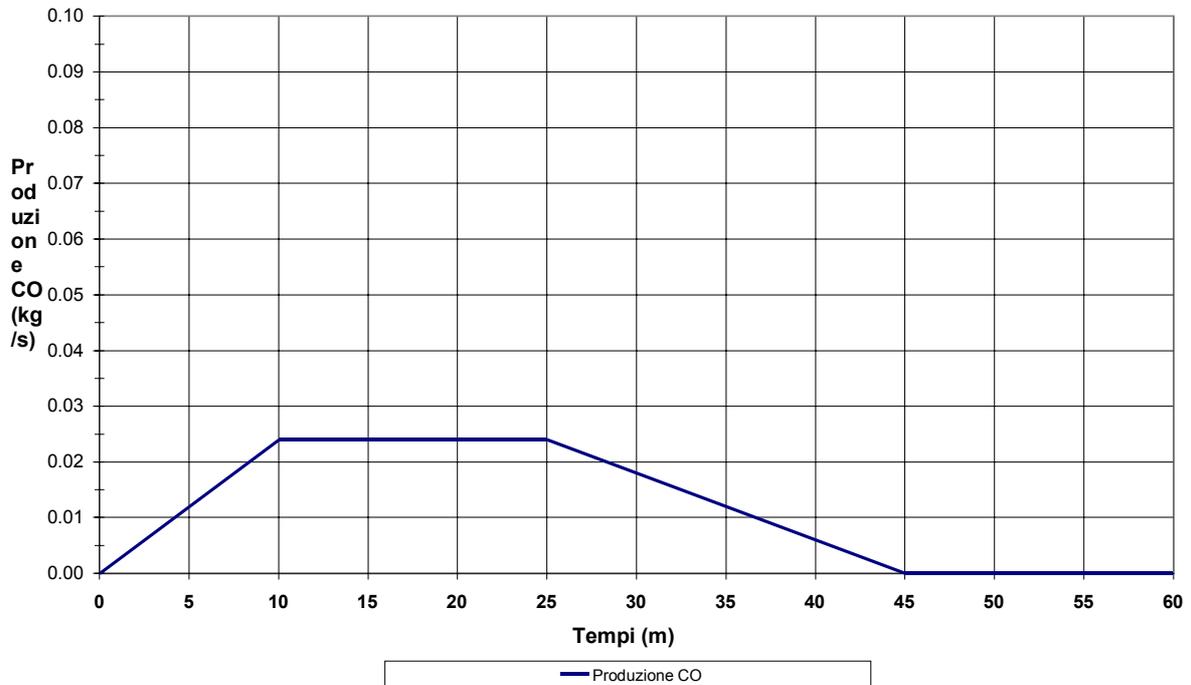
# **ALLEGATO 4**

# Incendio di una potenza di 6 MW: incendio di una vettura passeggeri

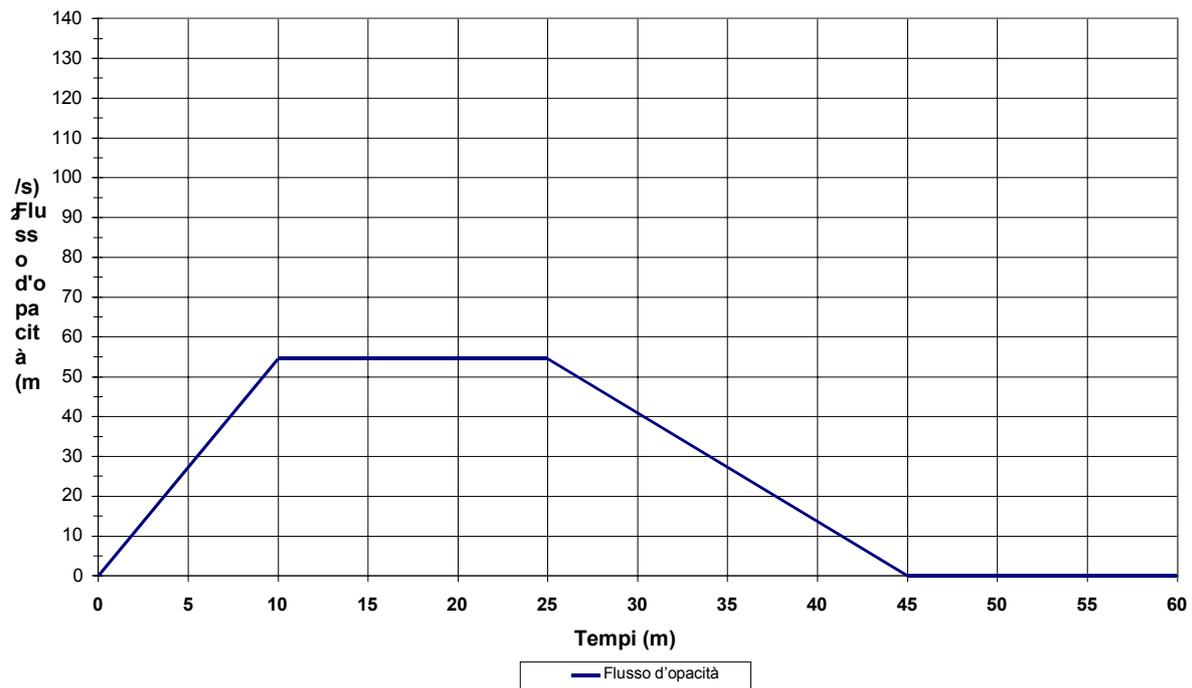
## Evoluzione temporale della potenza dell'incendio



## Evoluzione temporale della produzione di monossido di carbonio



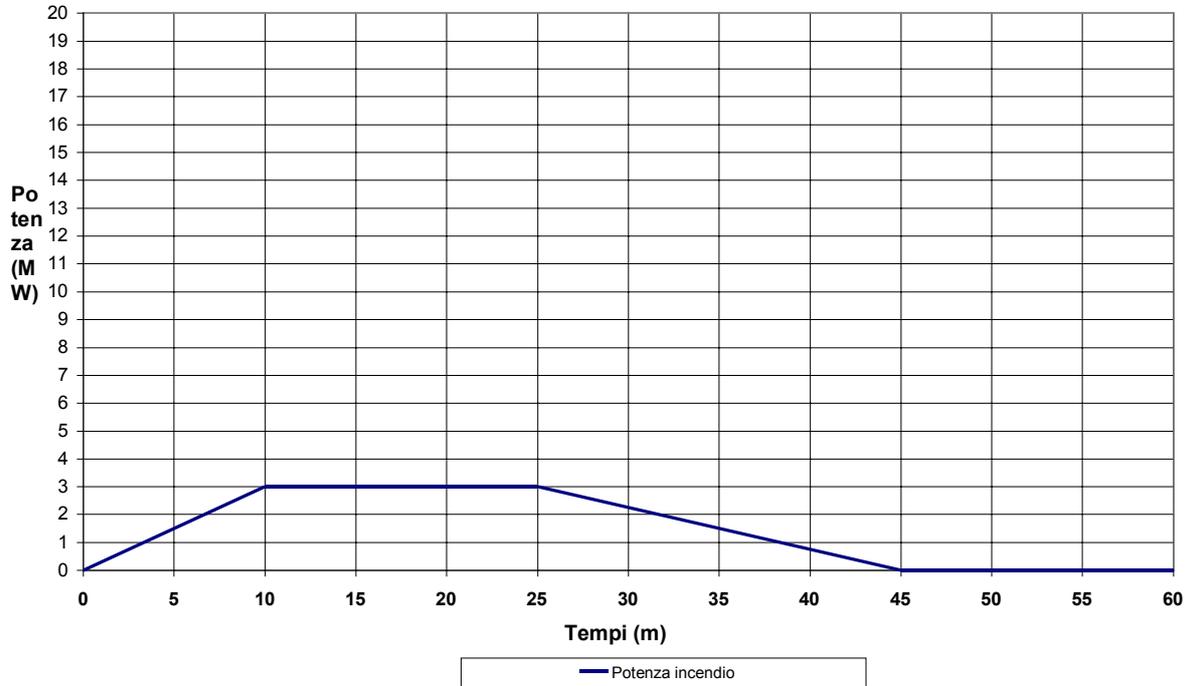
### Evoluzione temporale del flusso d'opacità



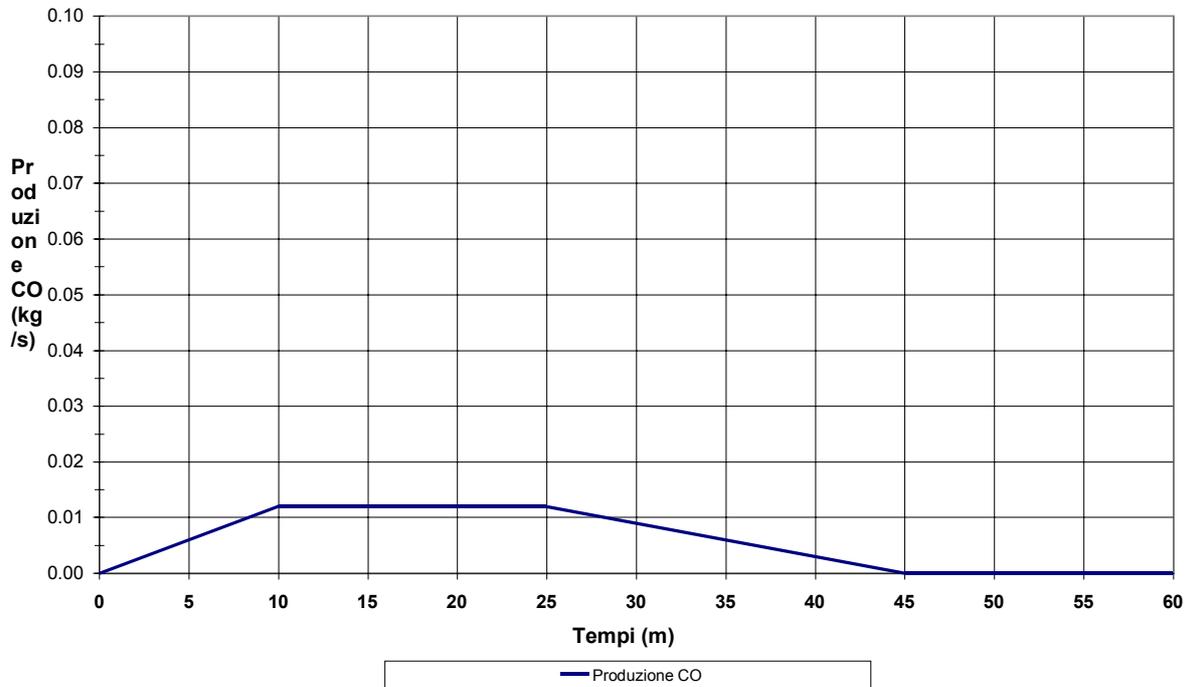
# **ALLEGATO 5**

# Incendio di una potenza di 3 MW: incendio di una vettura passeggeri (ipotesi minima)

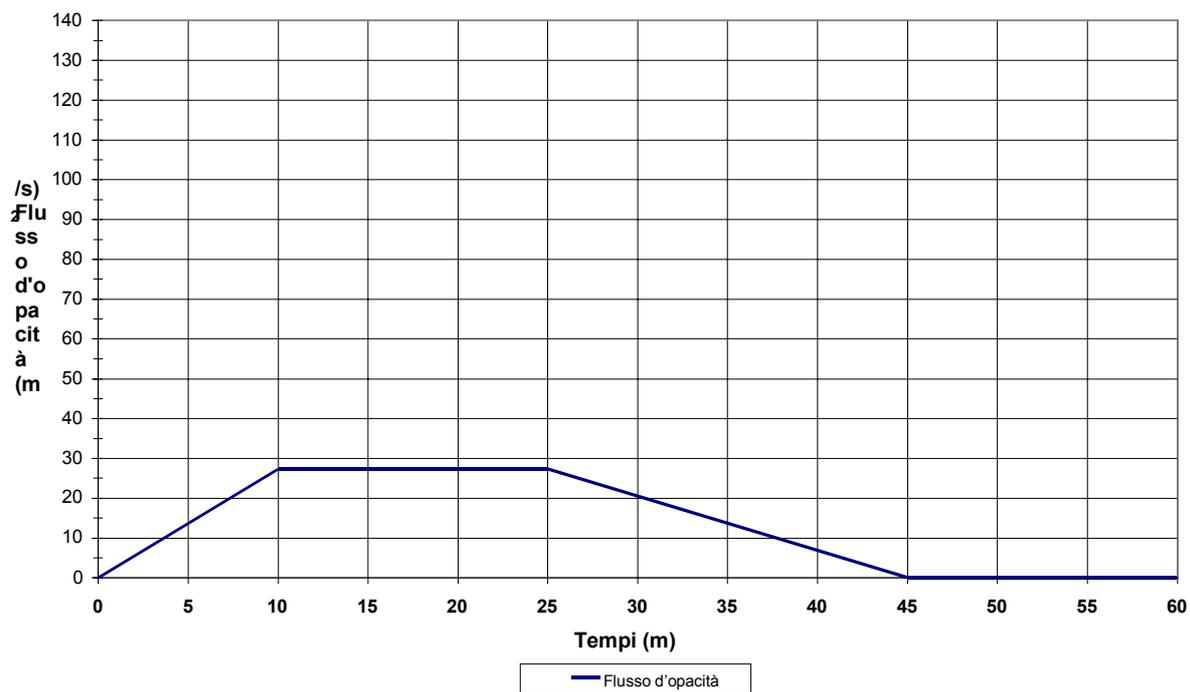
## Evoluzione temporale della potenza dell'incendio



## Evoluzione temporale della produzione di monossido di carbonio

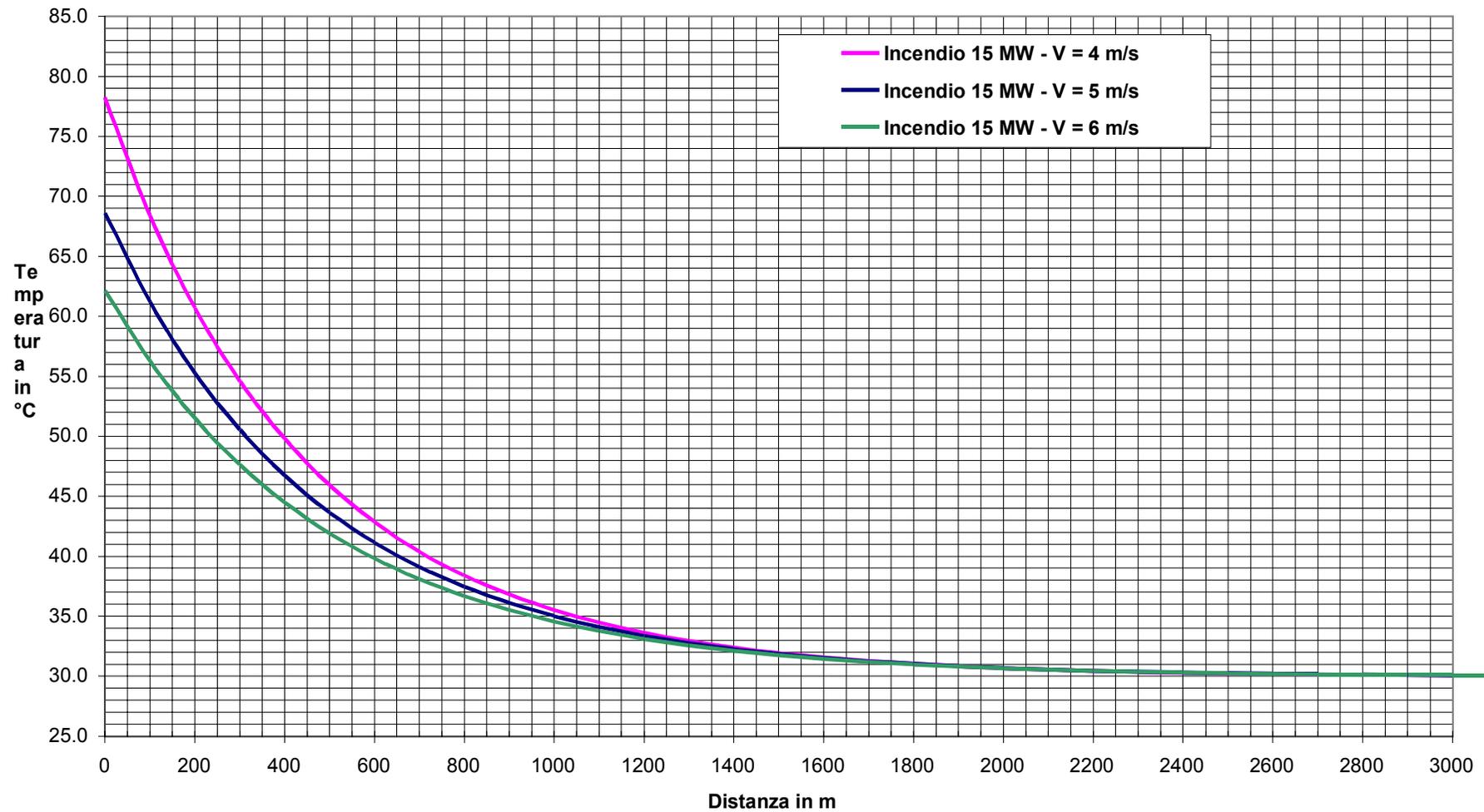


### Evoluzione temporale del flusso d'opacità

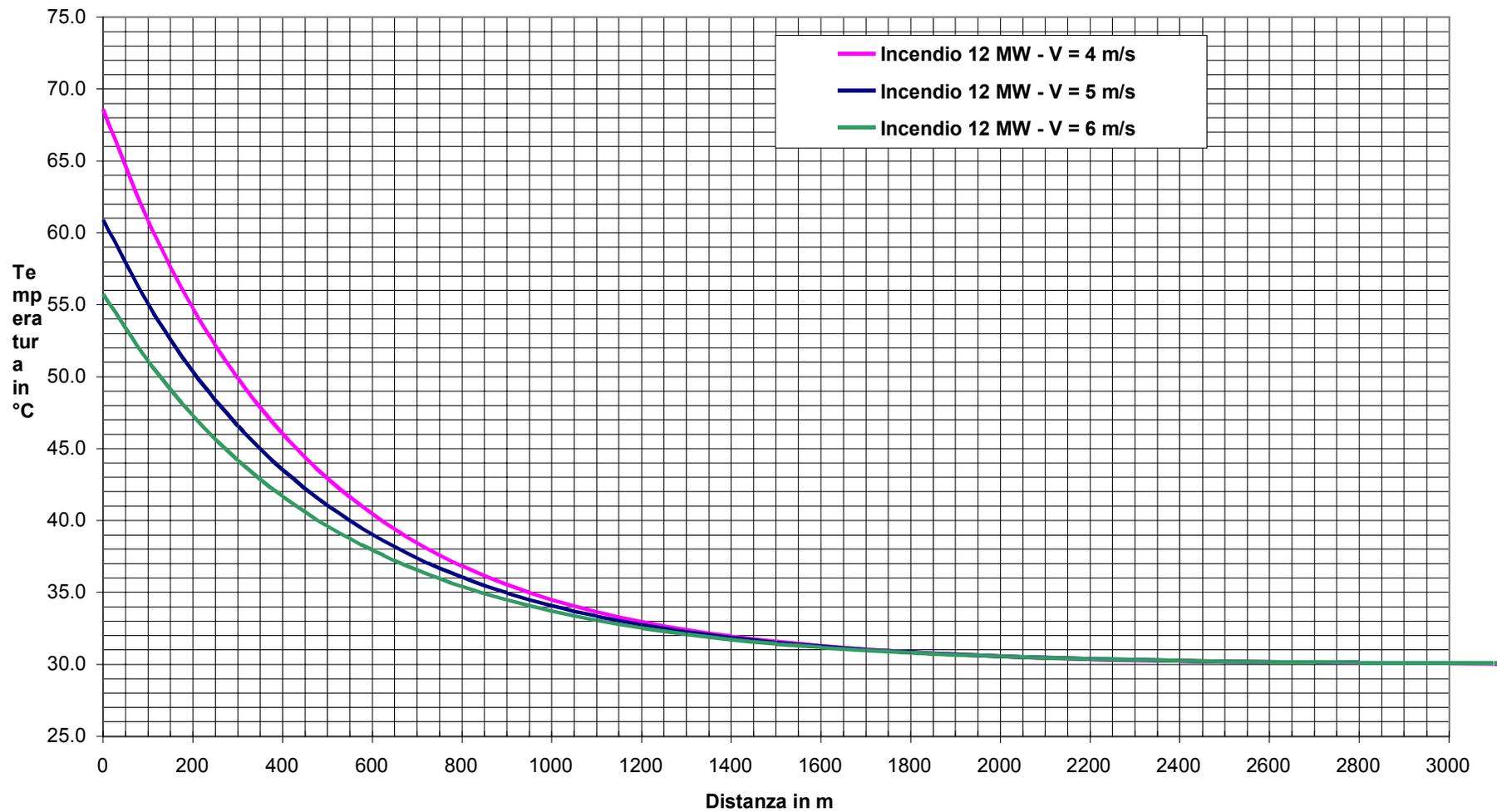


# **ALLEGATO 6**

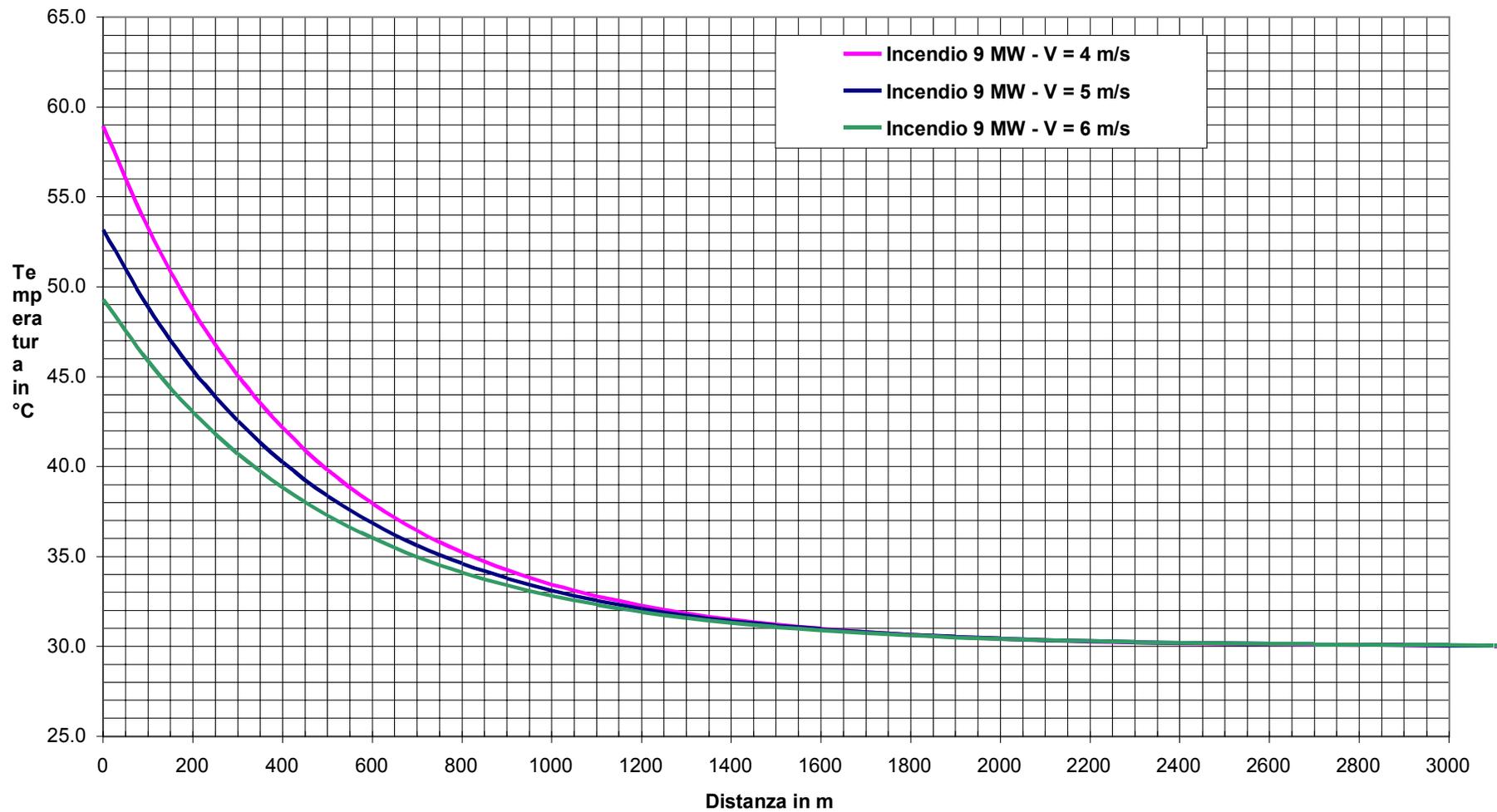
## Evolutione della temperatura nel tunnel a valle di un incendio di una potenza di 15 MW



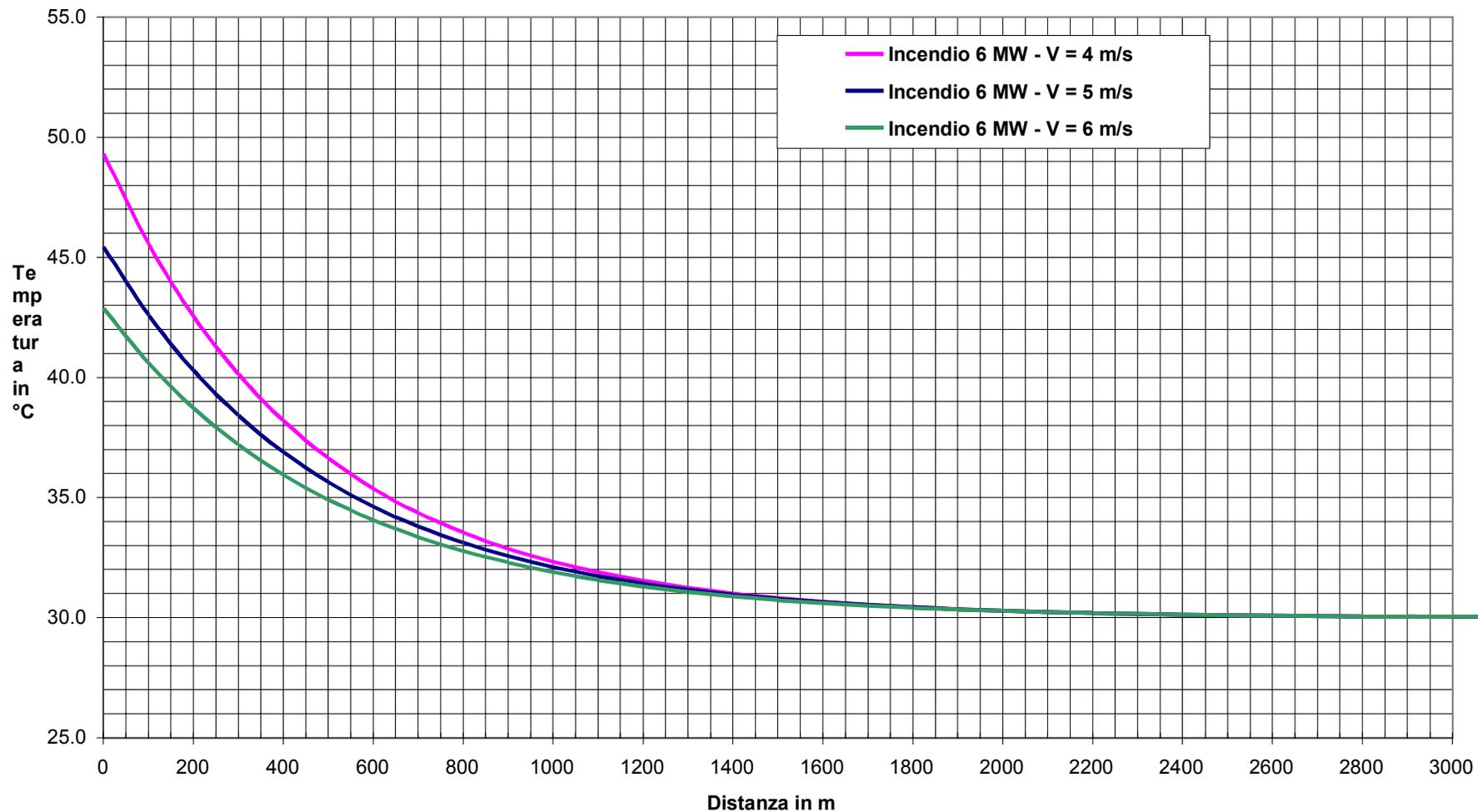
## Evoluzione della temperatura nel tunnel a valle di un incendio di una potenza di 12 MW



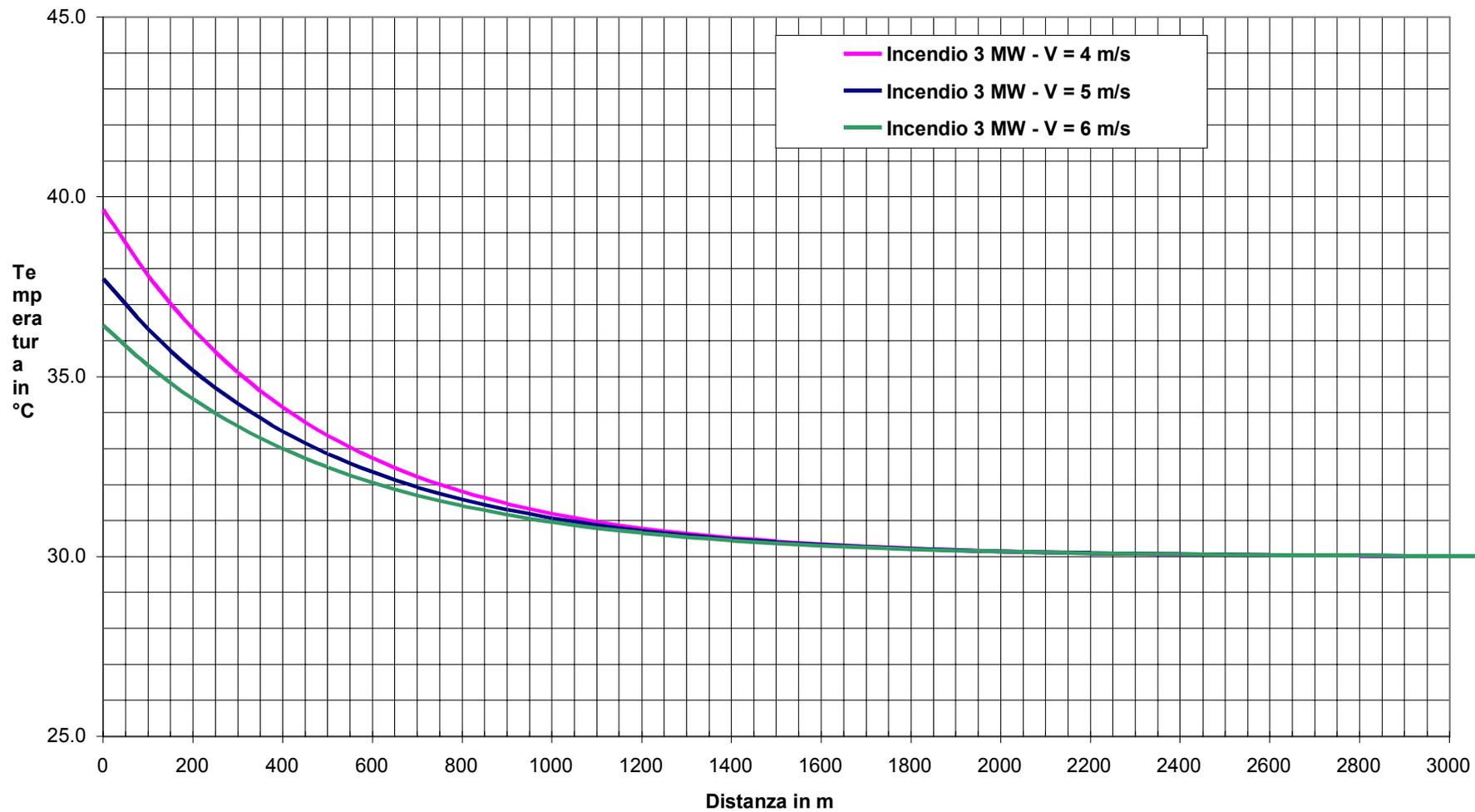
## Evoluzione della temperatura nel tunnel a valle di un incendio di una potenza di 9 MW



## Evoluzione della temperatura nel tunnel a valle di un incendio di una potenza di 6 MW



## Evoluzione della temperatura nel tunnel a valle di un incendio di una potenza di 3 MW



# ALLEGATO 7



