

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

**TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI
PROGETTO DEFINITIVO**

**PROGETTO DELLA SICUREZZA
POZZI DI VENTILAZIONE
simulazioni esodo dei passeggeri in galleria
presso pozzo ai portali**

GENERAL CONTRACTOR	ITALFERR S.p.A.
 Project Manager Ing. Guagnozzi Data: 31/07/2012	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
A 3 0 1	0 0	D	C V	S X	G N 0 0 0 X	0 0 5	F

Progettazione :								IL PROGETTISTA
Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	
E00	Adeguamento sicurezza in galleria	Prometeo engineering.it 	16/03/2012	Ing. I. Barilli 	20/03/2012	Ing. E. Pagani 	23/03/2012	 Data: 31/07/2012
F00	Istruttoria n. A30100DSCIS0000001A del 18/05/2012	Prometeo engineering.it 	27/07/2012	Ing. I. Barilli 	27/07/2012	Ing. E. Pagani 	31/07/2012	

n. Elab.:	File: A301-00-D-CV-SX-GN00-0X-005-F00.DOC
-----------	---

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>Codifica Documento a301-00-d-cv-sx-gn00-0x-005-f00.doc</p> <p>Foglio 2 di 24</p>

INDICE

INDICE.....		2
1. INTRODUZIONE.....		3
2. MODELLO TRIDIMENSIONALE DI SIMULAZIONE D'INCENDIO		4
1.1 Sistema di estrazione fumi.....		7
3. MODELLO BIDIMENSIONALE DI SIMULAZIONE D'ESODO		9
4. RISULTATI DELLA SIMULAZIONE D'ESODO		12
5. CONCLUSIONI		24

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>Codifica Documento a301-00-d-cv-sx-gn00-0x-005-f00.doc</p>	<p>Foglio 3 di 24</p>

1. Introduzione

L'analisi di scenari incidentali è stata condotta mediante la simulazione della propagazione dei fumi di un evento di incendio generato da un treno passeggeri fermo in galleria, tramite il codice di calcolo tridimensionale Fire Dynamics Simulator, accoppiata alla simulazione del processo di esodo, condotta tramite il codice EVAC.

L'obiettivo delle simulazioni è costituito da:

- verifica della funzionalità delle uscite di sicurezza (bypass) e del sistema di estrazione fumi,
- verifica dei tempi di esodo in condizioni incidentali.

Lo scenario analizzato, con lo scopo primario di verificare la gestione dell'emergenza, rappresenta lo scenario caratterizzato da maggiore verosimiglianza, scenari estremi sono considerati dall'analisi di rischio probabilistica e quantitativa ma non sono analizzati nel dettaglio nella presente relazione per le seguenti ragioni:

- scenari coinvolgenti treni merci sono caratterizzati da bassa probabilità di accadimento in quanto non è prevista la fermata in galleria grazie a tutte le misure di sicurezza preventive adottate connesse alla gestione del traffico,
- i sistemi di sicurezza non sono dimensionati per far fronte a scenari estremi per cui risulta inutile verificarne l'efficacia.

L'ipotesi adottata per la definizione dell'incendio di riferimento per cui verificare la sicurezza della popolazione esposta è stato caratterizzato da una potenza termica generata massima prossima a 10 MW con una crescita graduale in un tempo pari a 10 min, in accordo ai dettami del DM 28/10/2005 Allegato III annesso D.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	Codifica Documento a301-00-d-cv-sx-gn00-0x-005-f00.doc
	Foglio 4 di 24

2. Modello tridimensionale di simulazione d'incendio

Il modello di campo tridimensionale prodotto e le condizioni adottate per la simulazione del flusso del pericolo è stato risolto con un codice libero di fluido-dinamica numerica. La tabella seguente riassume le principali caratteristiche del modello adottato.

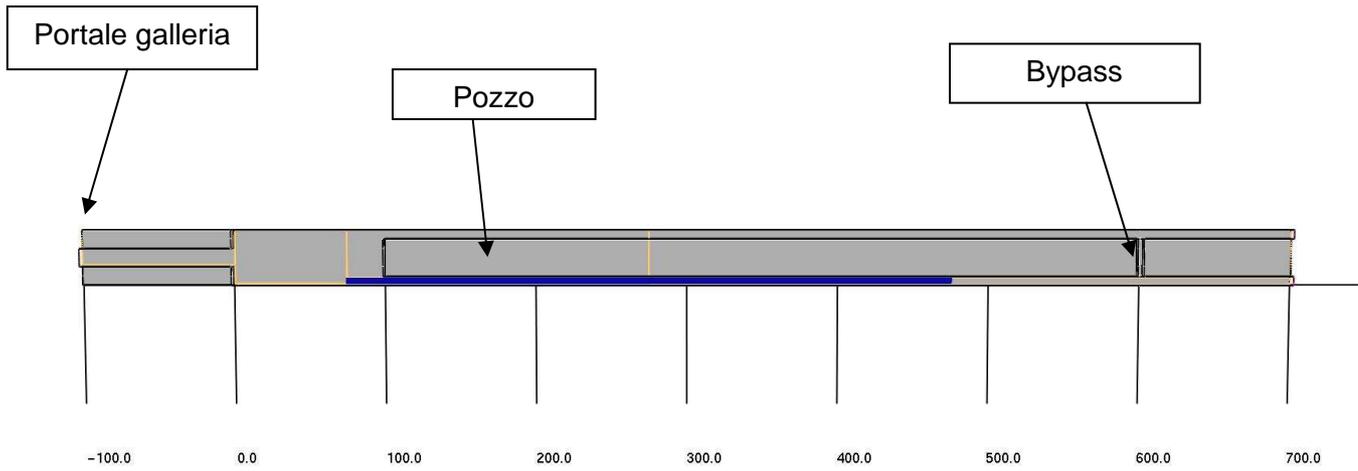
Caratteristiche del modello

Codice	FDS (Fire Dynamics Simulator)
Cardinalità	3D
Dimensioni cella	0.5x0.5x0.5m
Porzione di galleria simulata	2x600m galleria naturale singolo binario 100m camerone + 100m galleria doppio binario
Numero celle	ca 730.000
Sottomodello di turbolenza	Large Eddy Simulation
Sottomodello di combustione	Mixture fraction

Le successive figure mostrano le caratteristiche geometriche e dimensionali del modello formulato, dove è possibile distinguere in grigio il rivestimento in cls della galleria, in blu il treno passeggeri ed in verde le uscite di sicurezza.

Pianta

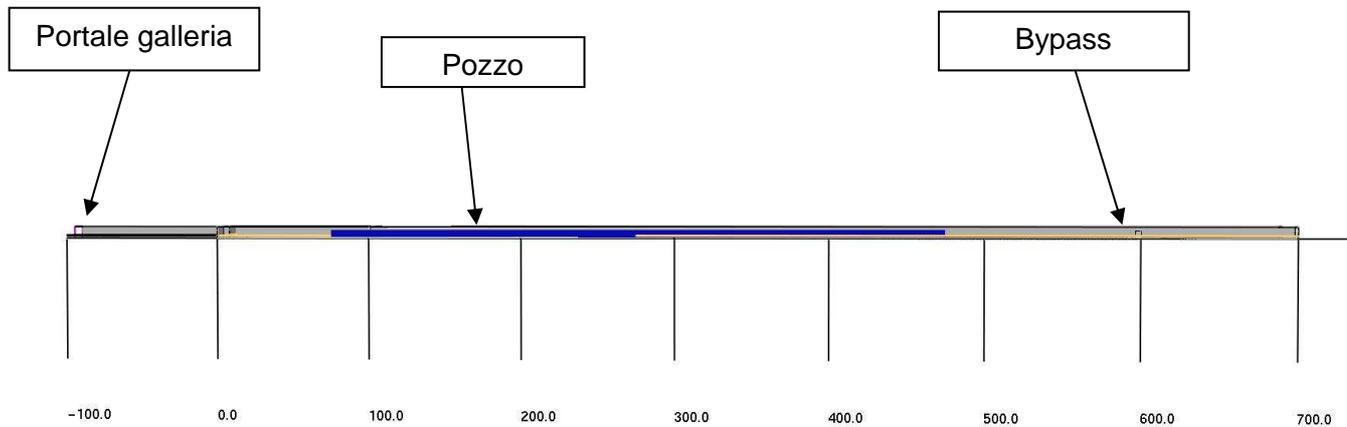
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



mesh: 1

Prospetto longitudinale

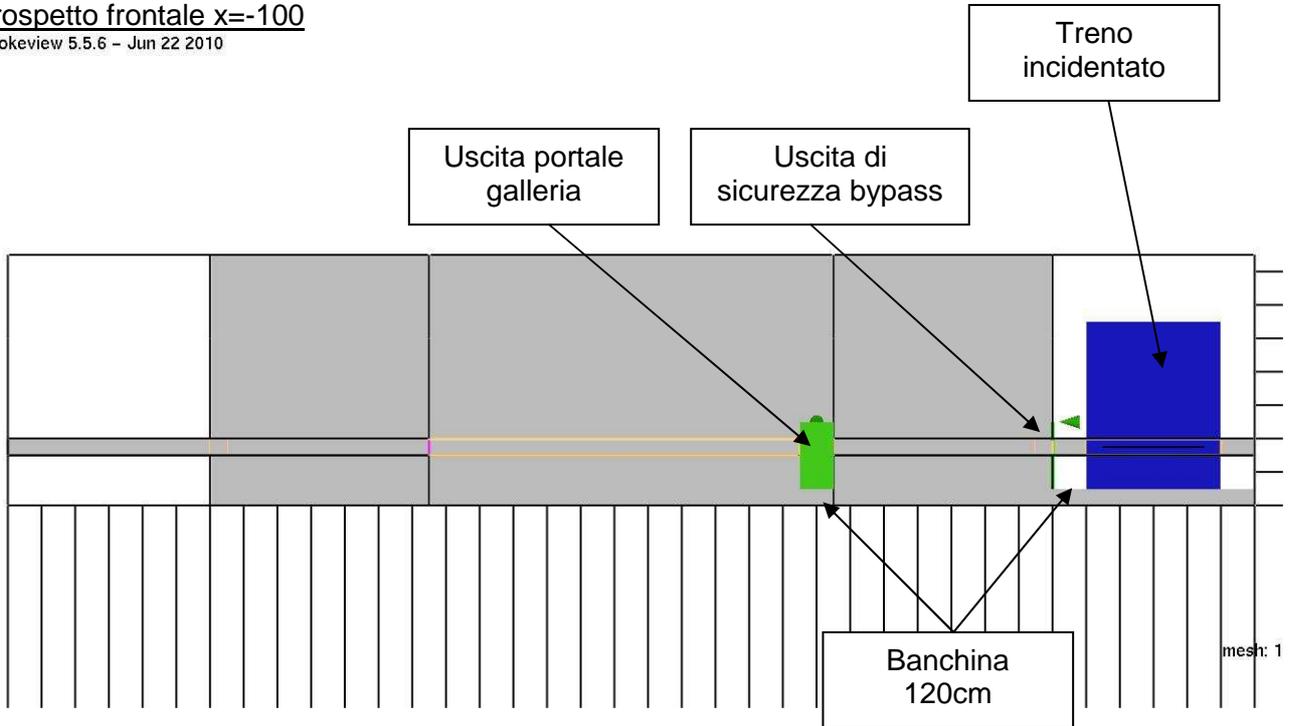
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



mesh: 1

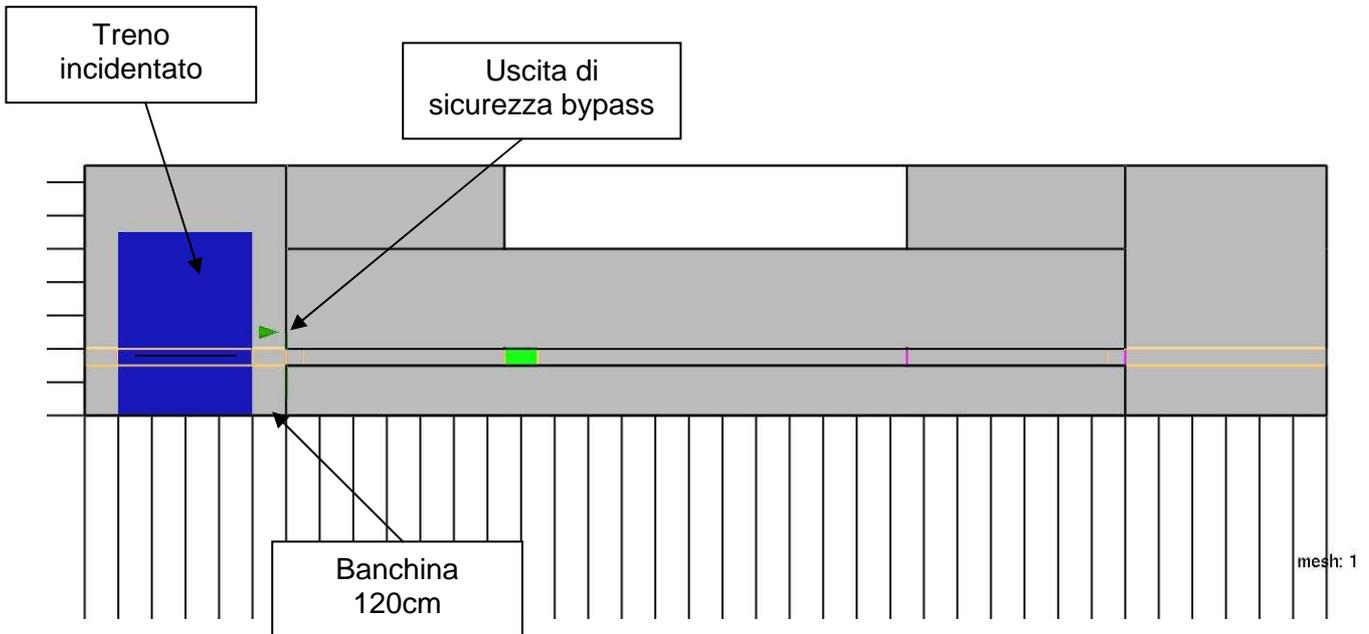
Prospetto frontale x=-100

Smokeyview 5.5.6 - Jun 22 2010



Prospetto frontale x=700

Smokeyview 5.5.6 - Jun 22 2010



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>Codifica Documento a301-00-d-cv-sx-gn00-0x-005-f00.doc</p> <p>Foglio 7 di 24</p>

1.1 Sistema di estrazione fumi

In linea con le strategie di ventilazione adottate per le gallerie ferroviarie italiane e con quanto previsto nell'Allegato II del DM 28/10/2005 – Requisito Integrativo 1.2.7 “Sistemi di estrazione fumi/sistema di ventilazione”: Idonei accorgimenti tecnici intesi in caso di incendio a limitare i possibili danni causati dallo sviluppo di fumi e agevolare l'esodo e l'intervento delle squadre di soccorso. Sono ricomprese in tali accorgimenti tecnici le predisposizioni realizzate nella costruzione delle gallerie (camini, pozzi, ecc.), nei punti di passaggio da una galleria a doppia canna ad una a singola canna (di norma gli imbocchi) saranno previsti degli accorgimenti al fine di evitare il ricircolo dei fumi dalla canna incidentata alla canna sana, realizzando pozzi di ventilazione.

I pozzi di ventilazione sono stati dimensionati sulla base dei risultati di simulazioni termo fluidodinamiche per consentire l'estrazione di portate comprese tra 200 m³/s e 250 m³/s.

I pozzi di ventilazione collegano i cameroni ferroviari, in cui la linea a doppio binario si sdoppia in due gallerie monobinario, con l'esterno attraverso un foro verticale a sezione circolare di adeguato diametro. In presenza di fumo proveniente da uno dei tre rami che si innestano nel camerone, vengono messi in funzione i ventilatori che aspirano aria dalla galleria incidentata esterna per impedire che i prodotti della combustione (aria calda e inquinata) si propaghino nei rami sani della linea. Pertanto, al fine di evitare il passaggio dei fumi dalla galleria Bretella di Voltri alle interconnessioni con la Galleria Di Valico e viceversa, è opportuno prevedere dei pozzi di ventilazione in corrispondenza dei punti di innesto delle suddette interconnessioni.

Il sistema di pozzi di ventilazione consente di “compartimentare” dal punto di vista aeraulico le due gallerie d'interconnessione, pari e dispari, prevenendo la diffusione di eventuali fumi provenienti dalle gallerie di piena linea che collegano la Bretella di Voltri e la Galleria di Valico e di evitare che i fumi generati da un eventuale incendio nelle stesse gallerie d'interconnessione invadano le citate gallerie di piena linea.

Analogamente è previsto un pozzo di ventilazione (presente nel progetto definitivo di base) alla progressiva pk 27+500, in prossimità dell'inizio del camerone all'imbocco lato Milano, per evitare il ricircolo dei fumi dalla canna incidentata all'altra. Sarà previsto un pozzo di ventilazione alla progressiva pk 1+841, in prossimità dell'inizio del camerone all'imbocco lato Genova, per evitare il ricircolo dei fumi nella canna non incidentata.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	Codifica Documento a301-00-d-cv-sx-gn00-0x-005-f00.doc Foglio 8 di 24

NUMERAZIONE POZZI DI VENTILAZIONE			
Galleria	Posizione	Altezza (m)	Numerazione
INTERCONNESSIONE DI VOLTRI	Binario dispari pk 0+550	387	Pozzo n.1
GALLERIA DI VALICO	Binario pari pk 1+841	67	Pozzo n.2
INTERCONNESSIONE DI VOLTRI	Binario pari pk 2+176	34	Pozzo n.3
INTERCONNESSIONE DI VOLTRI	Binario dispari pk 4+195	60	Pozzo n.4
GALLERIA DI VALICO	Binario pari pk 27+500	7	Pozzo n.5
GALLERIA SERRAVALLE	Binario pari pk 30+565	65	Pozzo n.6

I pozzi di ventilazione si dividono in due tipologie:

- pozzo di tipo “A” (pozzi di ventilazione 1,2,3,4 e 6) che comprende 4 ventilatori assiali monostadio, 12 serrande di intercettazione motorizzate e camino in scavo naturale;
- pozzo di tipo “B” (pozzo di ventilazione) che comprende 2 ventilatori assiali monostadio, 10 serrande di intercettazione motorizzate e camino in artificiale.

3. Modello bidimensionale di simulazione d'esodo

La simulazione di esodo è stata condotta formulando e risolvendo un modello di campo bidimensionale di un tratto di galleria a doppia canna presso un imbocco, in presenza di un pozzo di ventilazione.

La tabella seguente riassume le principali caratteristiche del modello adottato.

Caratteristiche del modello

Codice	EVAC
Cardinalità	2D
Dimensioni cella	0.5x0.5m
Porzione di galleria simulata	2x600m galleria naturale singolo binario 100m camerone + 100m galleria doppio binario
Numero celle	ca 360.000
Durata simulazione	30 min

Il modello di simulazione tratta ogni persona in fuga come singola entità (agente) il cui movimento all'interno della geometria bidimensionale è guidato da una equazione di moto. Ciascun agente segue la propria equazione di moto:

$$m_i \frac{d^2 \mathbf{x}_i(t)}{dt^2} = \mathbf{f}_i(t) + \boldsymbol{\xi}_i(t)$$

dove:

$\mathbf{x}_i(t)$ è la posizione iniziale dell'agente i al tempo t ,

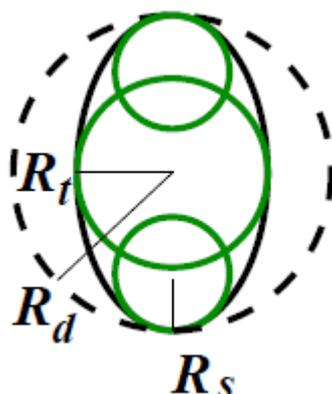
$\mathbf{f}_i(t)$ è la forza esercitata sull'agente i dall'ambiente circostante,

m_i è la massa,

$\boldsymbol{\xi}_i(t)$ è una piccola forza fluttuante random.

La forza i che agisce sull'agente ha varie componenti che sommano le interazioni tra agente-agente, le interazioni tra agente-ostacoli e le interazioni tra agente-condizioni ambientali (come ad esempio la repulsione al fuoco).

L'ingombro del corpo di ciascun agente è invece modellato da tre cerchi che approssimano in forma ellittica l'ingombro delle spalle della persona come nella figura sottostante:



La tabella successiva riporta le dimensioni del corpo e le velocità in assenza di impedimenti utilizzate in FDS+EVAC:

Body type	R_d (m)	R_t/R_d (-)	R_s/R_d (-)	d_s/R_d (-)	Speed (m/s)
Adult	0.255 ± 0.035	0.5882	0.3725	0.6275	1.25 ± 0.30
Male	0.270 ± 0.020	0.5926	0.3704	0.6296	1.35 ± 0.20
Female	0.240 ± 0.020	0.5833	0.3750	0.6250	1.15 ± 0.20
Child	0.210 ± 0.015	0.5714	0.3333	0.6667	0.90 ± 0.30
Elderly	0.250 ± 0.020	0.6000	0.3600	0.6400	0.80 ± 0.30

Nel modello FDS+EVAC gli agenti sono guidati verso le uscite da un campo vettoriale velocità che determina le direzioni preferenziali di cammino. Tale campo vettoriale è ottenuto dalla soluzione di un potenziale problema di flusso di un fluido incompressibile in geometria bidimensionale attraverso precise condizioni di contorno, dove ogni ostacolo è inerte e l'uscita si comporta come un ventilatore che estrae fluido dal dominio. La selezione dell'uscita è modellata tramite una ottimizzazione del tempo necessario all'evacuazione, dove il tempo stimato di evacuazione è dato dalla somma del tempo di cammino e del tempo di attesa in coda. A parte l'ubicazione delle uscite e le azioni degli altri agenti ci sono altri fattori che influenzano il processo decisionale di un agente, che possono essere relazionate all'incendio, alla familiarità dell'agente stesso con l'uscita e alla visibilità dell'uscita stessa.

Lo scenario analizzato simula l'esodo dei passeggeri a seguito di un evento di incendio generato da un treno passeggeri fermo in un tratto di galleria a doppia canna nei pressi di un pozzo ai portali.

La posizione del treno è centrale rispetto le n.2 uscite che sono caratterizzate nel modo seguente:

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	Codifica Documento a301-00-d-cv-sx-gn00-0x-005-f00.doc
	Foglio 11 di 24

Uscita n.	Descrizione	Ampiezza	Posizionamento	Familiarità
1	Portale galleria	120cm	X=-100m	Si
2	Uscita di emergenza bypass	140cm	X=600m	Si

La banchina pedonabile di emergenza presente lungo tutto un lato della galleria è ampia 120cm.

Gli agenti presenti nel treno sono n.500, in numero cautelativo rispetto ai 420 previsti dalle “Linee Guida per l’applicazione dell’analisi del rischio estesa alle gallerie ferroviarie” del 08/02/2011, e sono così suddivisi:

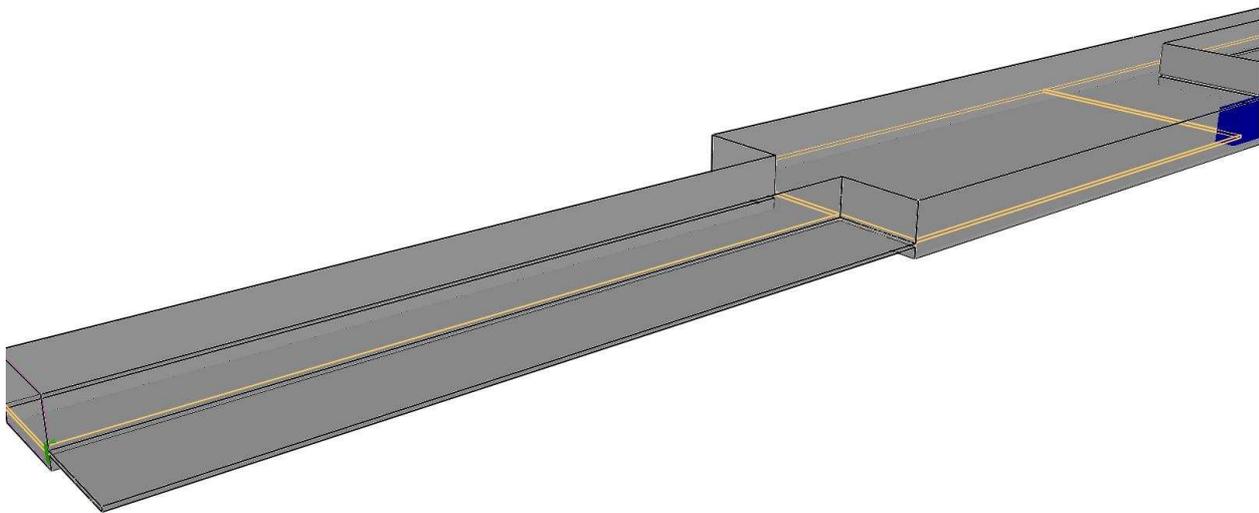
- n.200 adulti di sesso maschile;
- n.200 adulti di sesso femminile;
- n.50 anziani;
- n.50 bambini.

Il tempo di reazione iniziale di ciascun agente è stato ipotizzato al tempo di 60s.

4. Risultati della simulazione d'esodo

Le successive figure mostrano in pianta l'esodo dei passeggeri dalla parte del portale.

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010

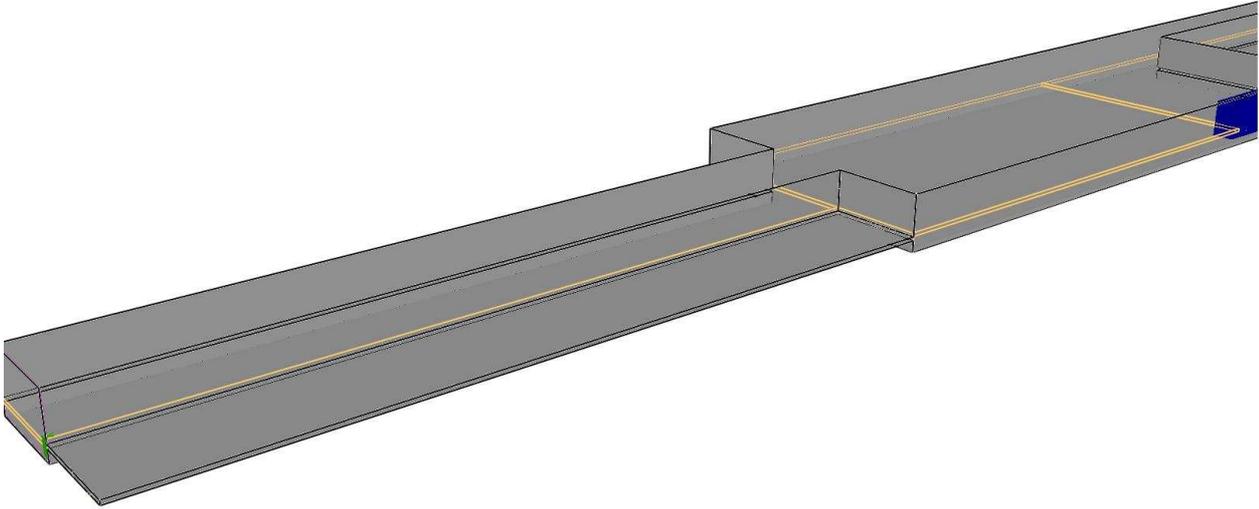


Frame: 0
0:00:00.-5



mesh: 1

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010

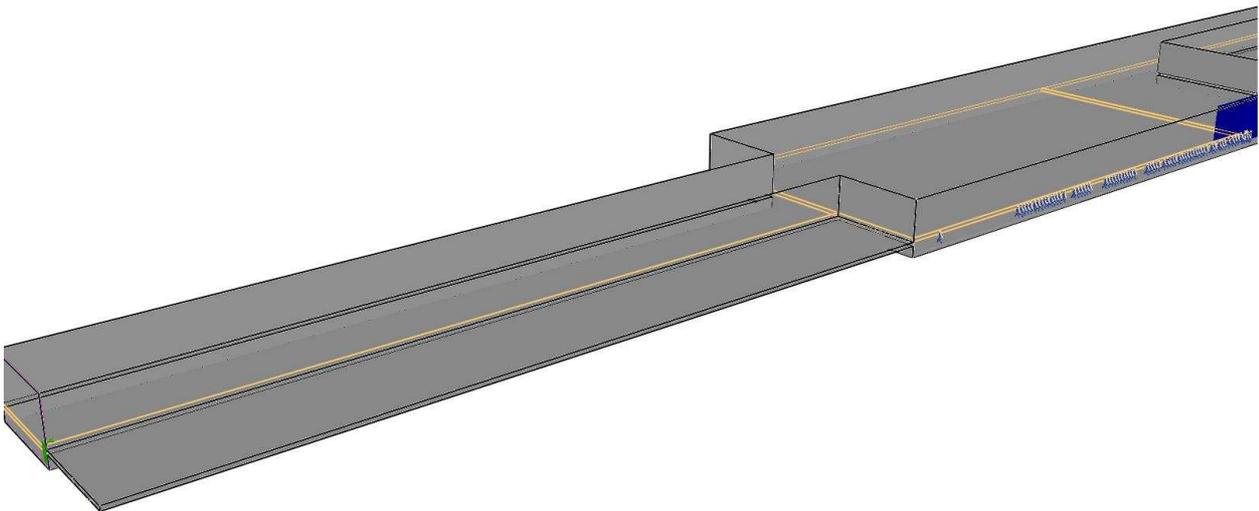


Frame: 30
0:00:53.5

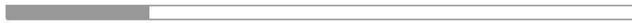


mesh: 1

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010

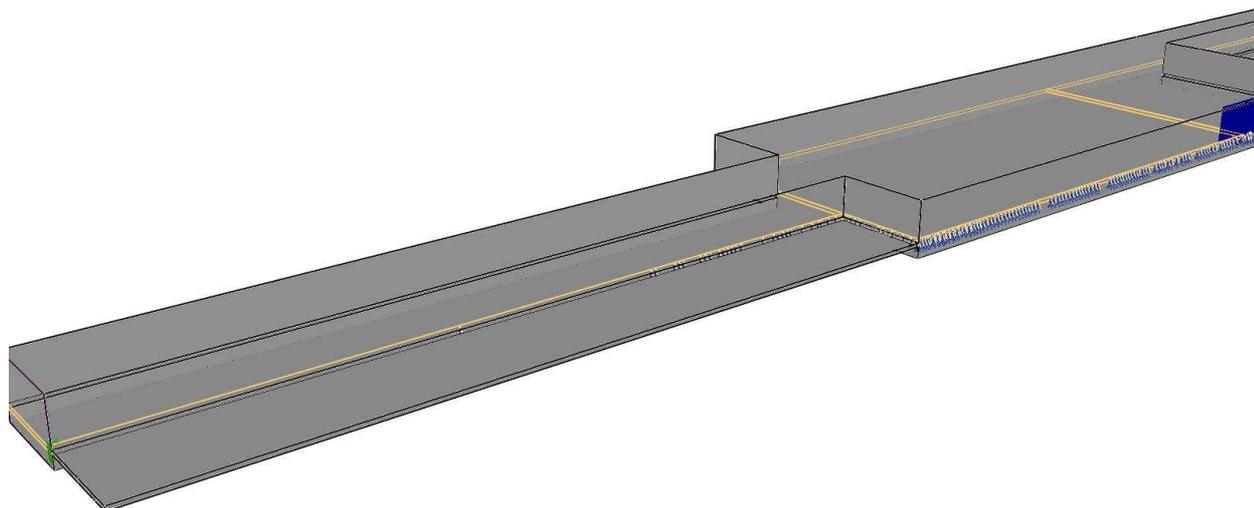


Frame: 60
0:01:47.5



mesh: 1

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010

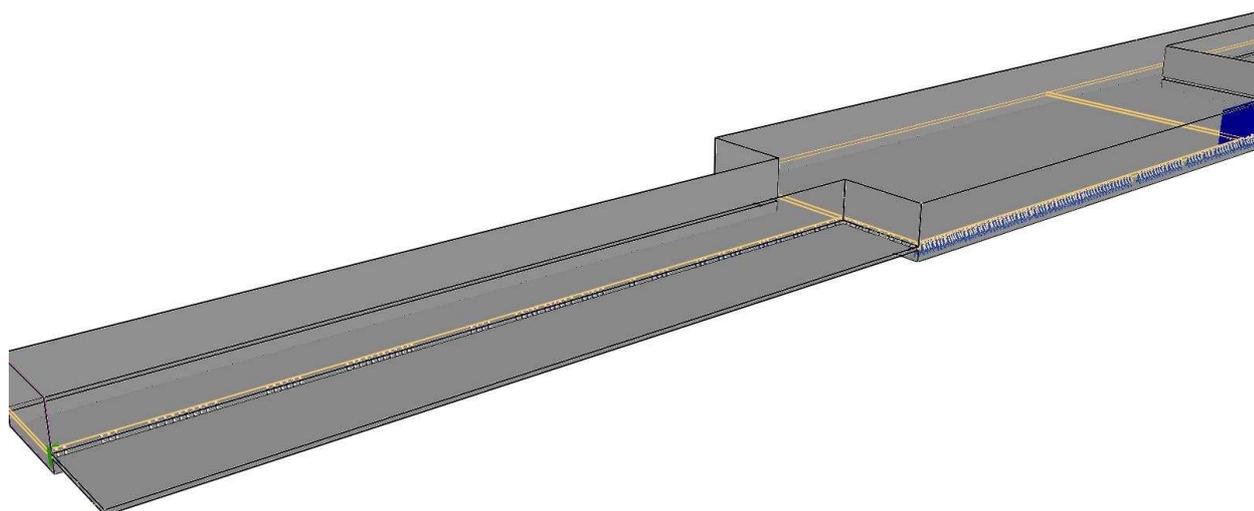


Frame: 90
0:02:41.5



mesh: 1

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010

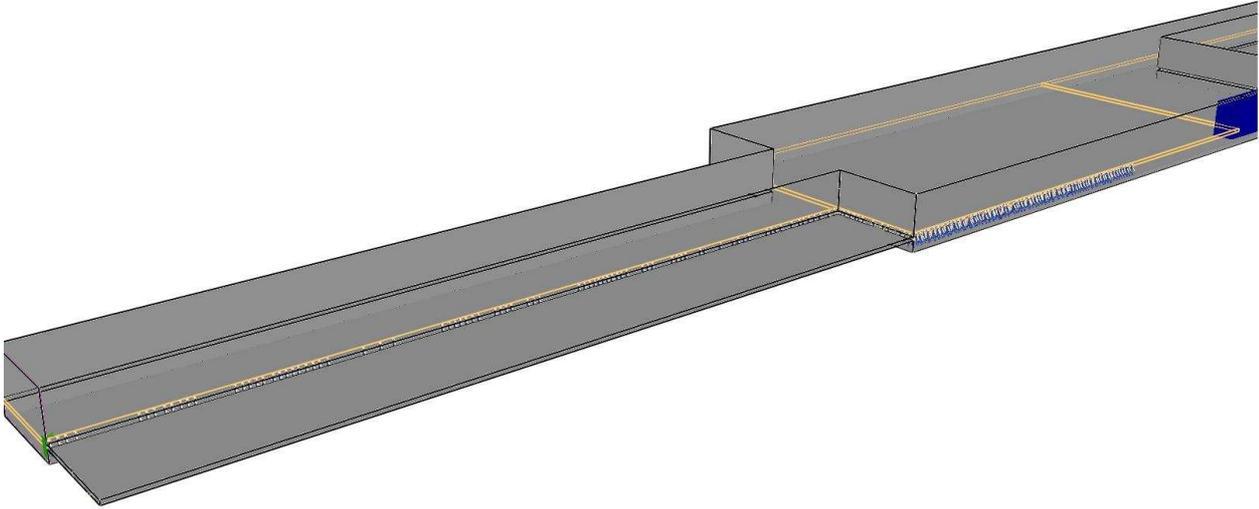


Frame: 120
0:03:35.5



mesh: 1

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010

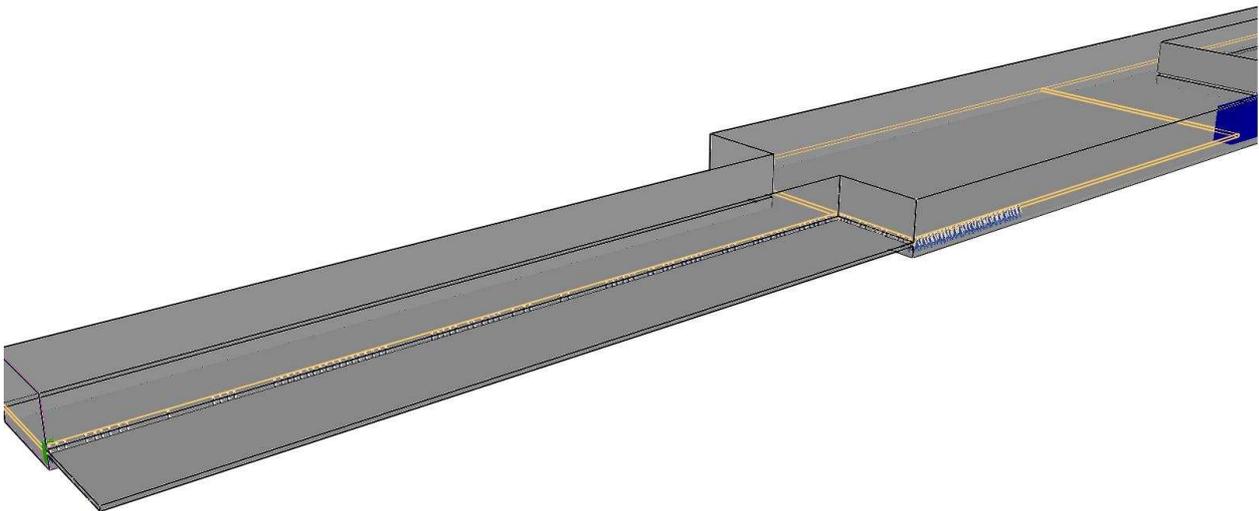


Frame: 150
0:04:29.5



mesh: 1

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010

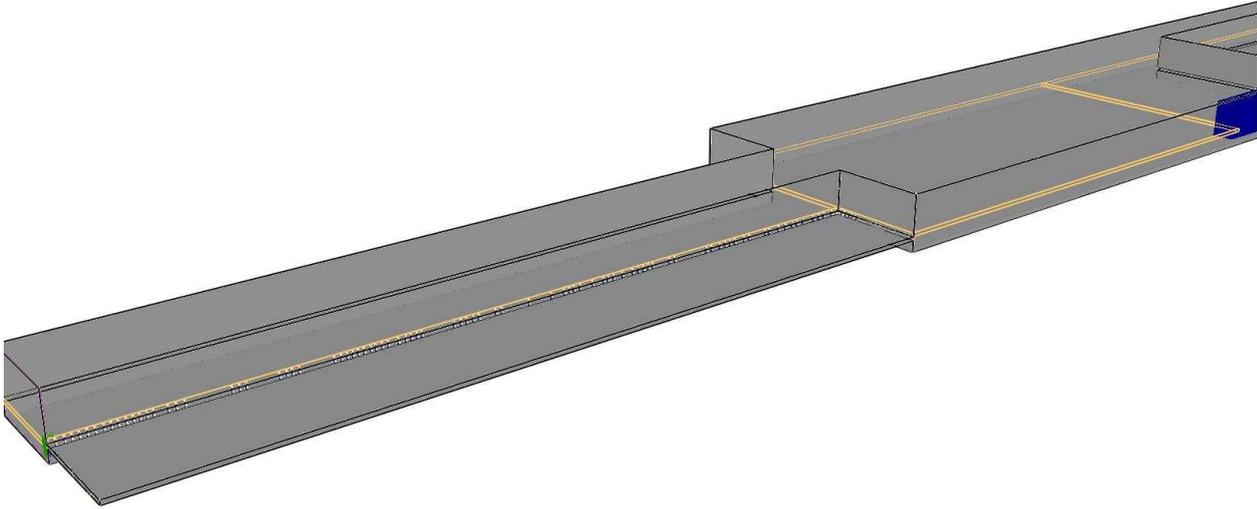


Frame: 180
0:05:23.5



mesh: 1

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010

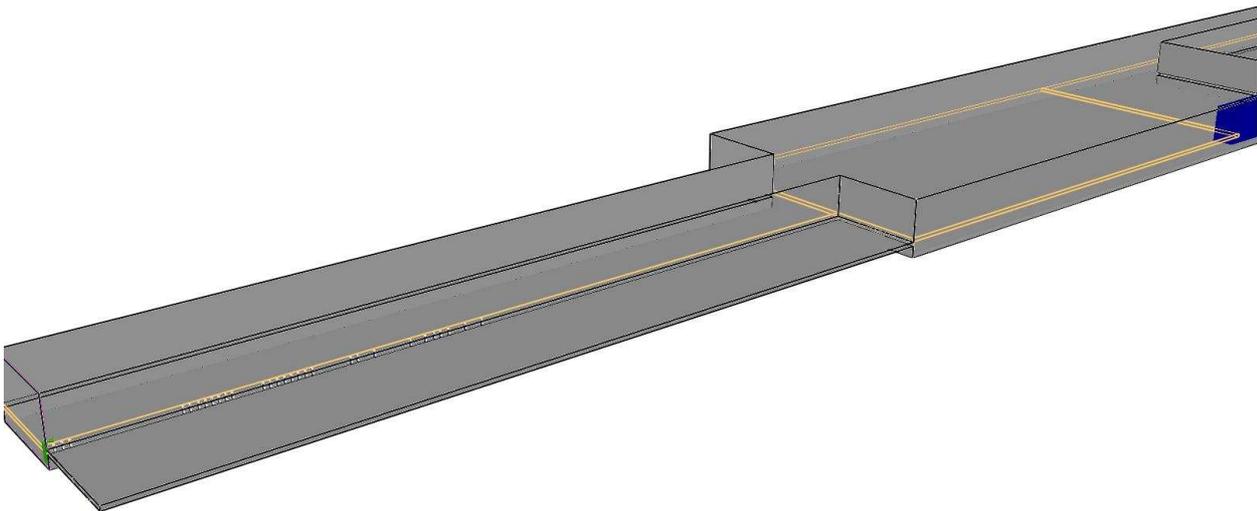


Frame: 210
0:06:17.5



mesh: 1

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010

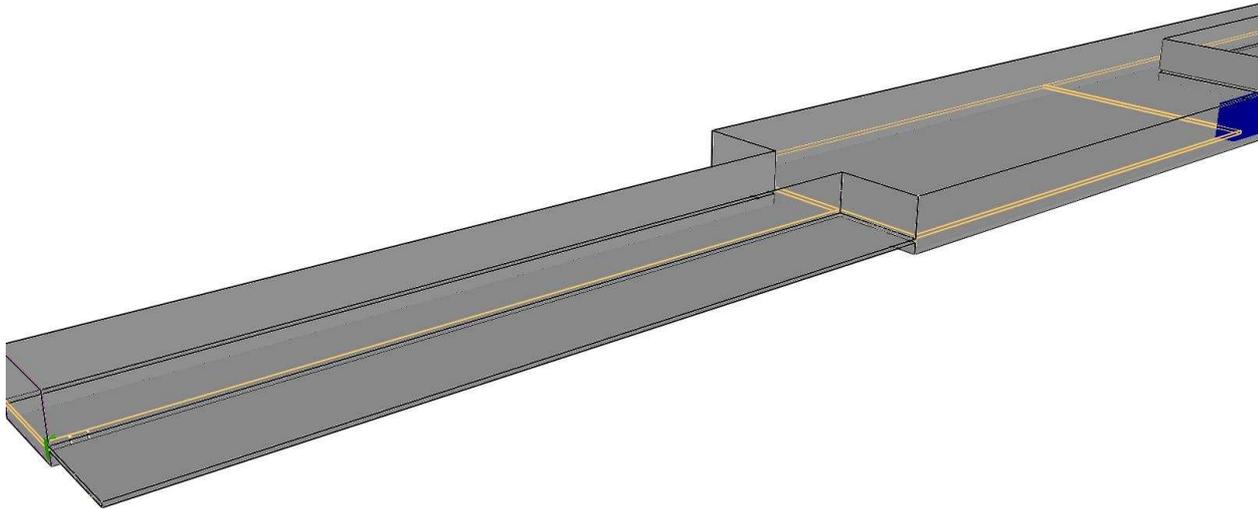


Frame: 240
0:07:11.5



mesh: 1

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



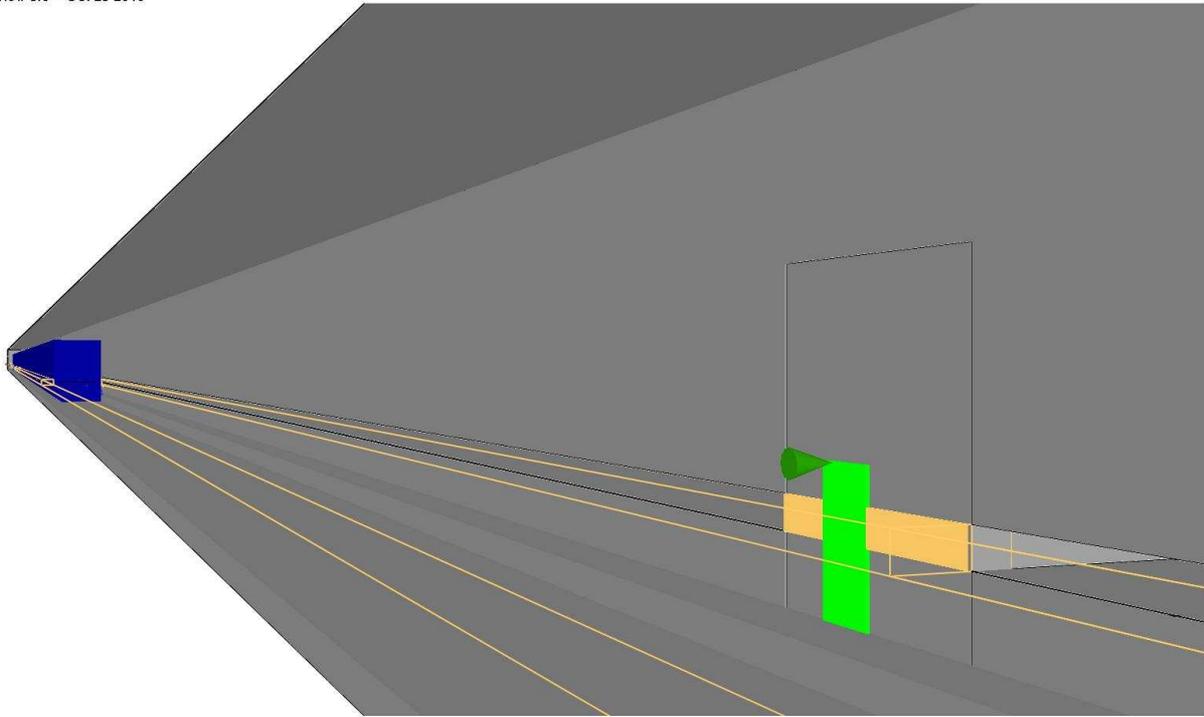
Frame: 260
0:07:47.5

mesh: 1

Dalle figure precedenti si evince che il tempo totale necessario affinché una parte di passeggeri raggiunga l'esterno uscendo dal portale della galleria è pari a un tempo complessivo di circa 8 minuti.

Le successive figure mostrano in pianta l'esodo dei passeggeri dalla parte del bypass pedonale.

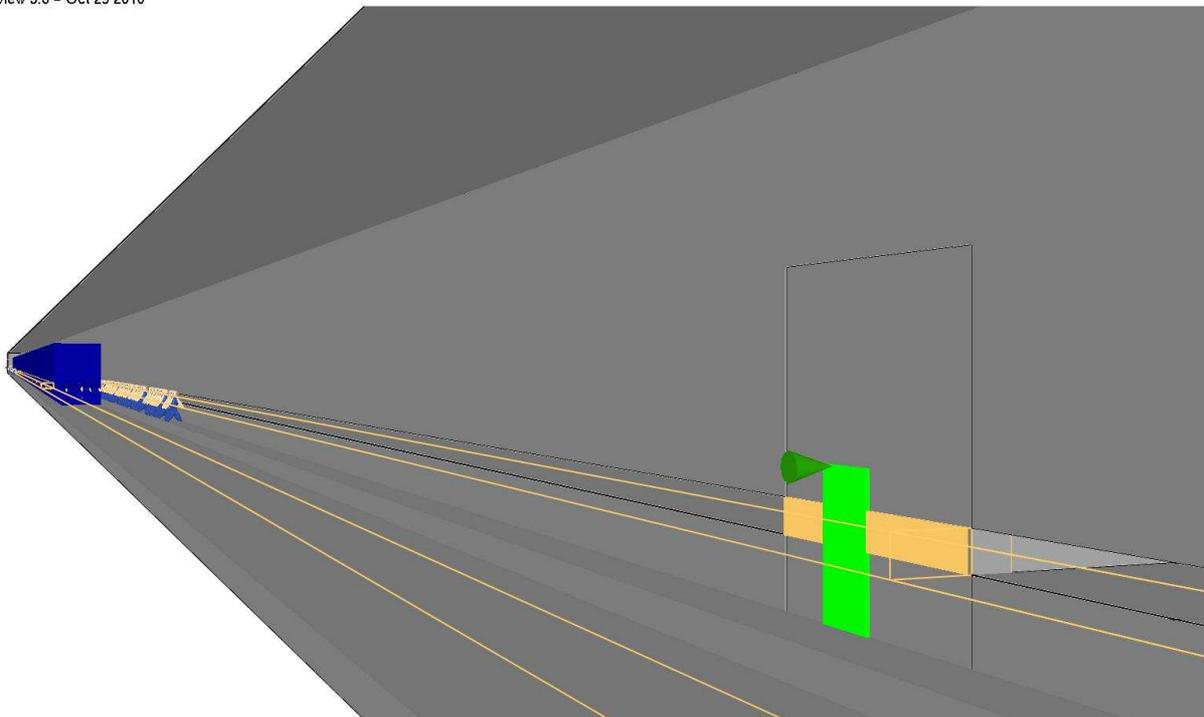
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



mesh: 1

Frame: 30
0:00:53.5

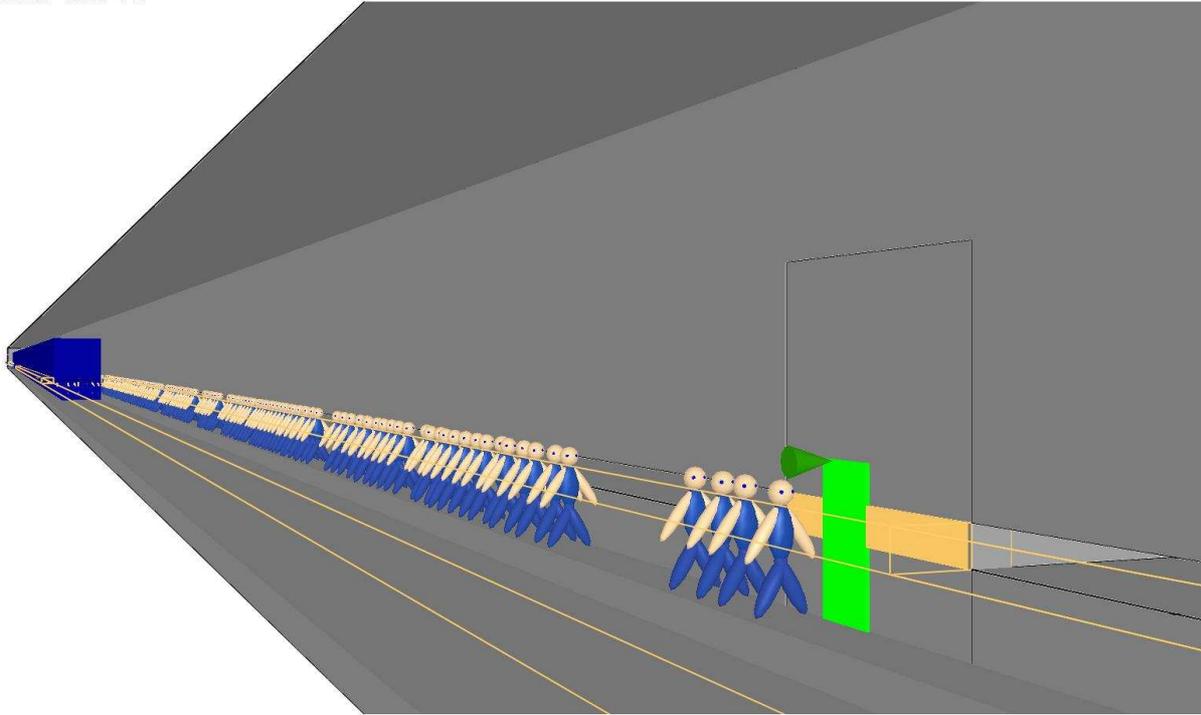
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



mesh: 1

Frame: 60
0:01:47.5

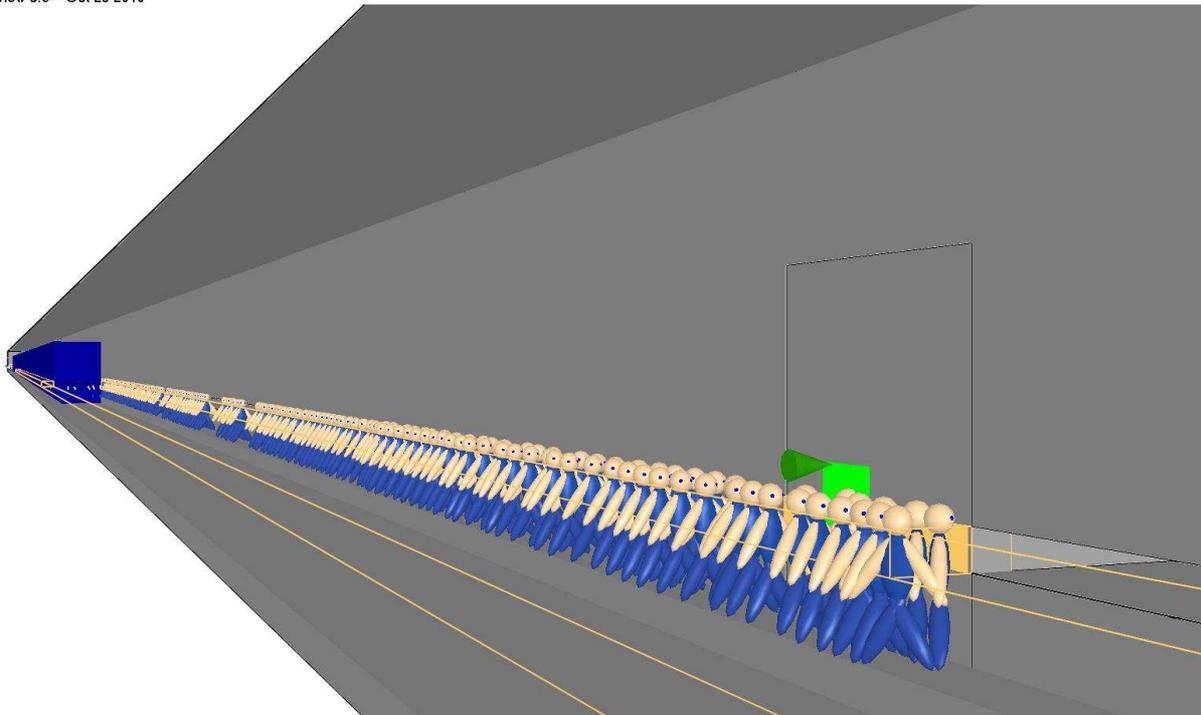
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



mesh: 1

Frame: 90
0:02:41.5

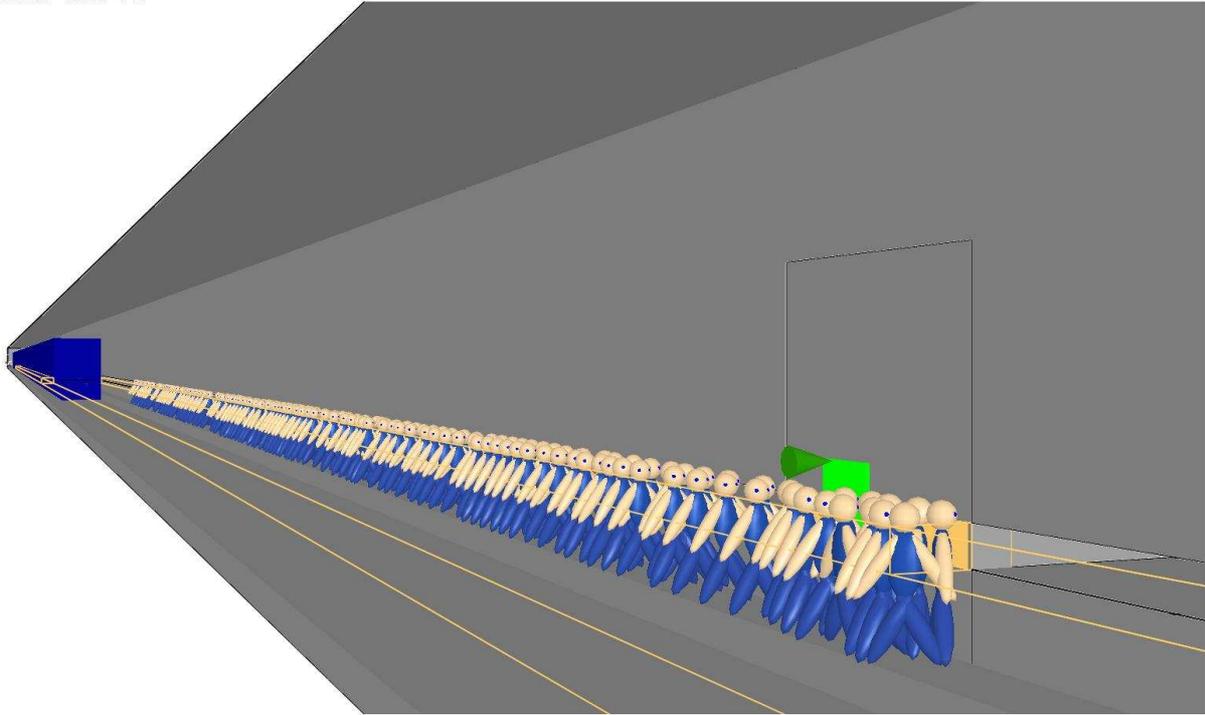
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



mesh: 1

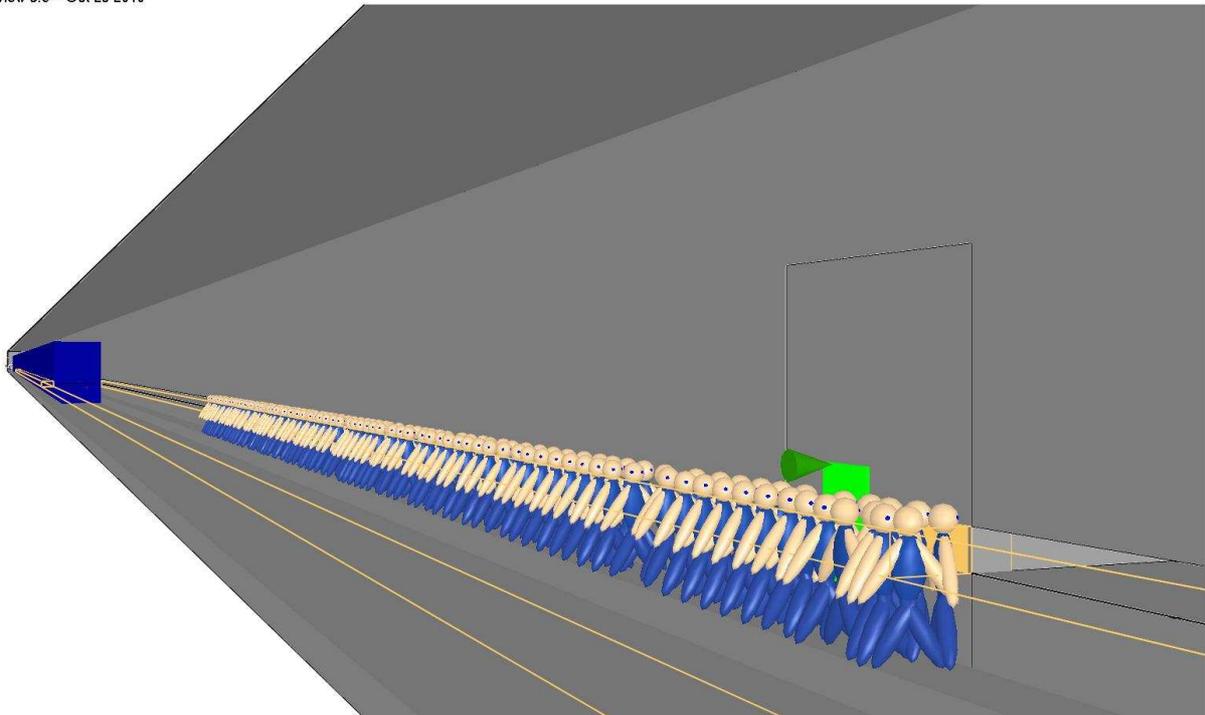
Frame: 120
0:03:35.5

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



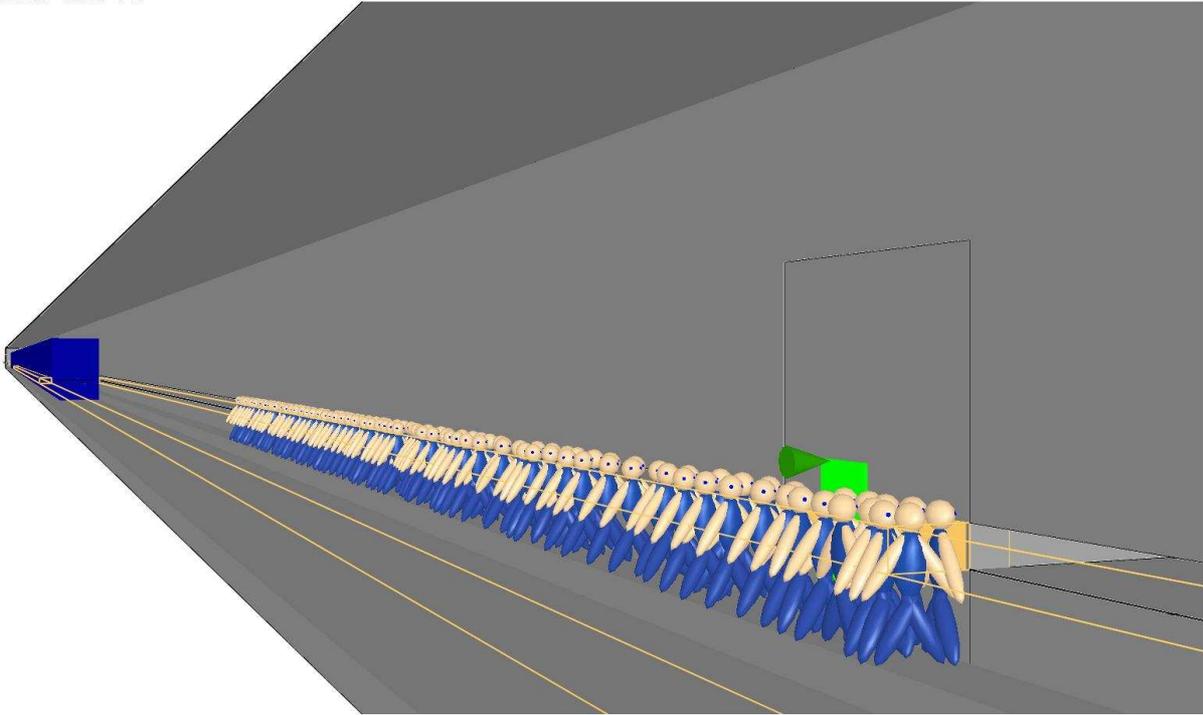
Frame: 150
0:04:29.5

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Frame: 180
0:05:23.5

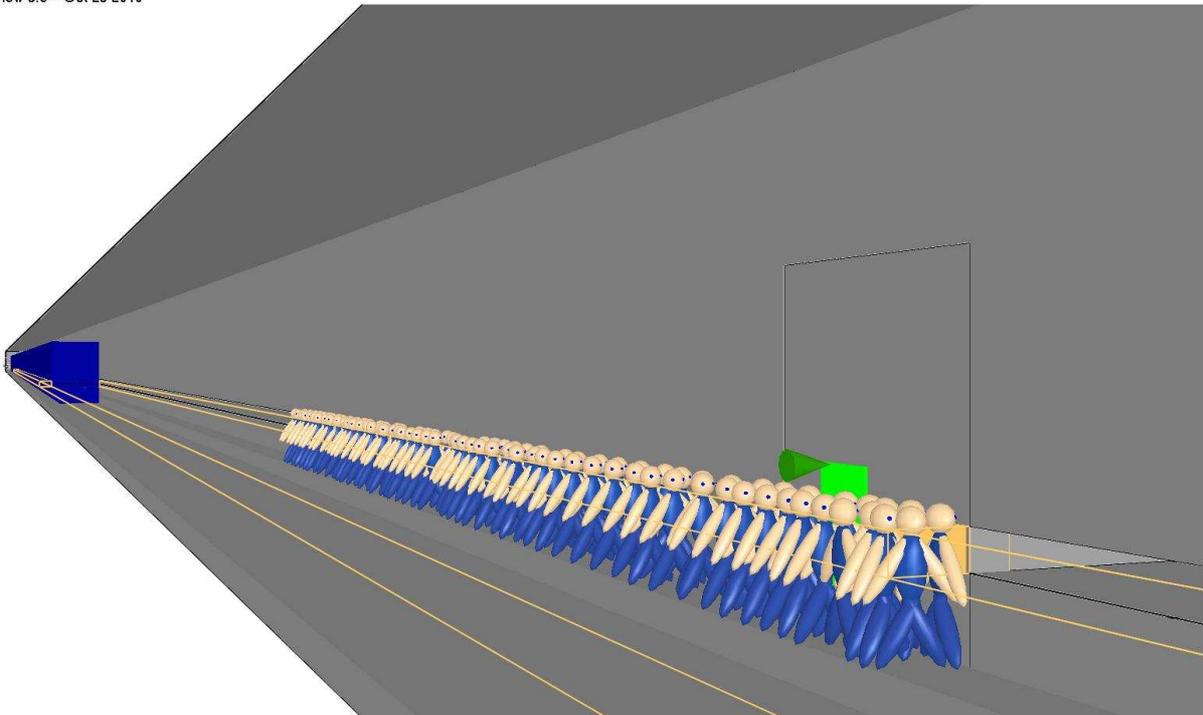
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



mesh: 1

Frame: 210
0:06:17.5

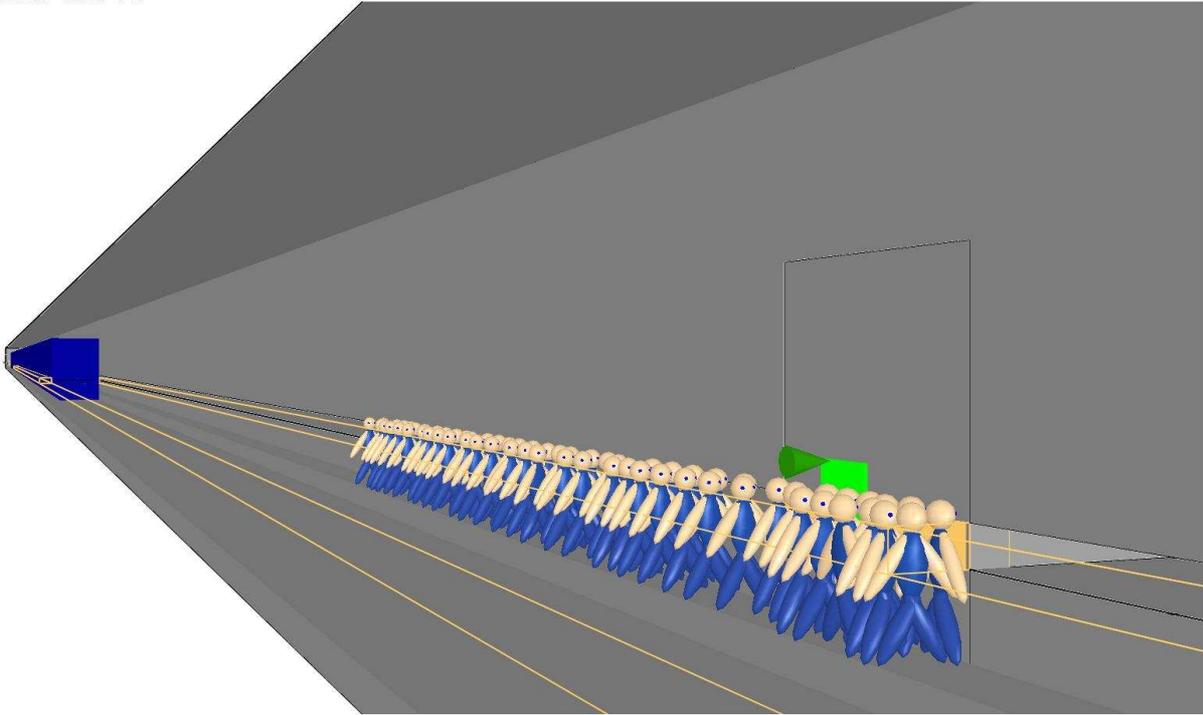
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



mesh: 1

Frame: 240
0:07:11.5

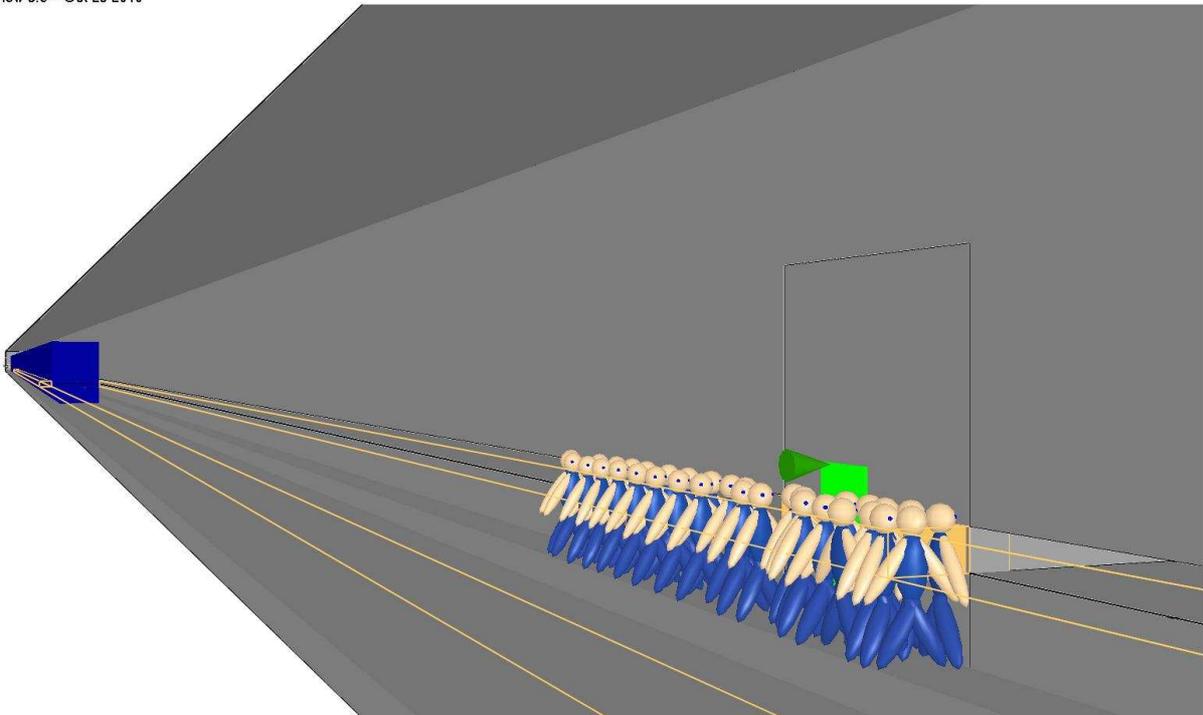
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



mesh: 1

Frame: 270
0:08:05.5

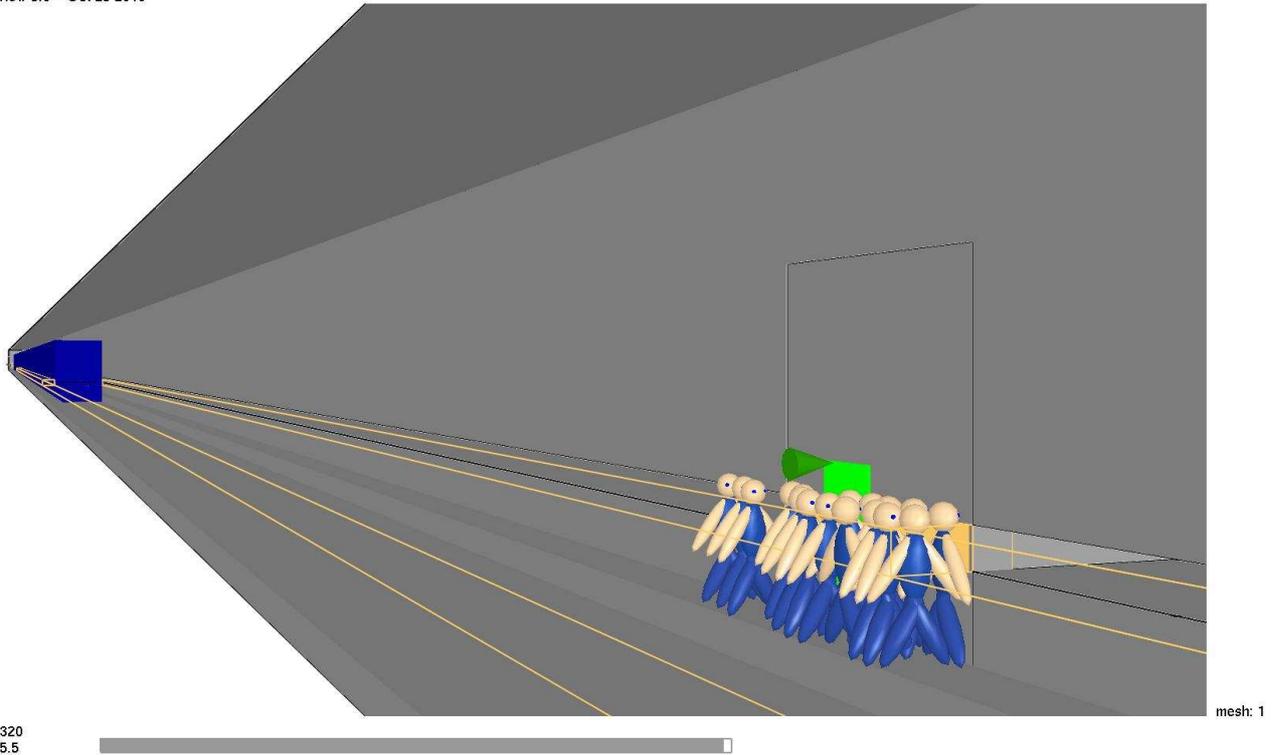
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



mesh: 1

Frame: 300
0:08:59.5

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Dalle figure precedenti si evince che il tempo totale necessario affinché l'altra parte di passeggeri raggiunga l'uscita di sicurezza del bypass di collegamento tra le canne è pari a un tempo complessivo di circa 10 minuti.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
	<p>Codifica Documento a301-00-d-cv-sx-gn00-0x-005-f00.doc</p>	<p>Foglio 24 di 24</p>

5. Conclusioni

L'analisi di scenari incidentali è stata condotta mediante la simulazione della propagazione dei fumi di un evento di incendio generato da un treno passeggeri fermo in galleria, tramite il codice di calcolo tridimensionale Fire Dynamics Simulator, accoppiata alla simulazione del processo di esodo, condotta tramite il codice EVAC.

La presente simulazione del processo di esodo di n.500 persone a bordo di un treno passeggeri fermo in un tratto di galleria a doppia canna presso un pozzo ai portali, condotta sulla base del modello ipotizzato e descritto nei paragrafi precedenti, mostra che il tempo totale necessario affinché tutti i passeggeri raggiungono le uscite di emergenza in un tempo complessivo pari a 10 minuti.