

La ventilazione meccanica per l'estrazione degli inquinanti e dei fumi d'incendio nei parcheggi interrati

Ing. Giovanni Milan

Comitato Tecnico ANACE

15 Novembre 2018 - ROMA



Associazione Nazionale
Antincendio e Controllo
Evacuazione del fumo

Associazione
PREVENZIONEINCENDITALIA



Perchè ventilare un'autorimessa?

Analisi statistiche dimostrano come **la maggior parte dei decessi** sia causata, non dalla rapida esposizione al calore o al contatto col fuoco stesso, **ma dall'inalazione di monossido di carbonio (CO)** e altre sostanze nocive.

La necessità di ventilare le autorimesse risponde essenzialmente a due esigenze fondamentali:

1. **Ventilazione Ordinaria per la Salubrità:**

Atta a rimuovere (o contenerne il livello) gli inquinanti prodotti dagli autoveicoli garantendo il rispetto di parametri di accettabilità circa le caratteristiche di qualità dell'aria

2. **Ventilazione ai fini dell'evacuazione dei prodotti della combustione per la Sicurezza contro esplosioni e in caso d'Incendio:**

Atta a mantenere sotto controllo i fumi ed i gas caldi che si sprigionano durante un incendio garantendo quindi l'evacuazione dei prodotti della combustione, la fuoriuscita degli occupanti facilitando l'intervento delle squadre di spegnimento

Normativa Italiana

Ai fini della progettazione della prevenzione incendi, attività 75 (DPR 151/11), è regolata da:

- **D.M. 1/2/1986** “Norme di sicurezza antincendi per la costruzione e l’esercizio di autorimesse e simili”
- **D.M. 21/2/2017** – “Nuove norme tecniche di prevenzione incendi per le attività di autorimessa”. Capitolo V.6: Autorimesse (Regola Tecnica Verticale)

Normativa Italiana

D.M. 1/2/1986 “Norme di sicurezza antincendi per la costruzione e l’esercizio di autorimesse e simili”

3.9 Ventilazione

3.9.0 Ventilazione naturale

Le autorimesse devono essere munite di un sistema di **aerazione naturale** costituito da aperture ricavate nelle pareti e/o nei soffitti e disposte in modo da consentire un efficace ricambio dell'aria ambiente, nonché lo **smaltimento del calore e dei fumi di un eventuale incendio**. Al fine di assicurare una uniforme ventilazione dei locali, le aperture di aerazione devono essere distribuite il più possibile uniformemente e a distanza reciproca non superiore a 40 m.

3.9.1 Superficie di ventilazione

Le aperture di **aerazione naturale** devono avere una superficie **non inferiore ad 1/25 della superficie in pianta del compartimento**. Nei casi nei quali non è previsto l'impianto di ventilazione meccanica di cui al successivo punto, una frazione di tale superficie - non inferiore a 0,003 m² per metro quadrato di pavimento - deve essere completamente priva di serramenti. **Il sistema di ventilazione deve essere indipendente per ogni piano**. Per autorimesse sotterranee la ventilazione può avvenire tramite intercapedini e/o camini; se utilizzata la stessa intercapedine, per consentire l'indipendenza della ventilazione per piano si può ricorrere al sezionamento verticale o all'uso di canalizzazioni di tipo "shunt". Per le autorimesse suddivise in box l'aerazione naturale deve essere realizzata per ciascun box. Tale aerazione può essere ottenuta con canalizzazioni verso l'esterno o con aperture anche sulla corsia di manovra, prive di serramenti e di superficie non inferiore ad 1/100 di quella in pianta del box stesso.

Normativa Italiana

3.9.2 Ventilazione meccanica

Il sistema di aerazione naturale deve essere **integrato con un sistema di ventilazione meccanica** nelle autorimesse sotterranee **aventi numero di autoveicoli per ogni piano superiore a quello riportato nella seguente tabella.**

NUMERO AUTOVEICOLI NELLE AUTORIMESSE SOTTERRANEE:

- primo piano	125
- secondo piano	100
- terzo piano	75
- oltre il terzo piano	50

Per le autorimesse fuori terra di tipo chiuso il sistema di aerazione naturale va integrato con impianto di aerazione meccanica nei piani aventi numero di autoveicoli superiore a 250.

3.9.3 Ventilazione meccanica. Caratteristiche

La portata dell'impianto di ventilazione meccanica deve essere **non inferiore a tre ricambi orari.**

Il sistema di ventilazione meccanica deve essere indipendente per ogni piano ed azionato con comando manuale o automatico, da ubicarsi in prossimità delle uscite.

L'impianto deve essere azionato nei periodi di punta individuati dalla contemporaneità della messa in moto di un numero di veicoli superiore ad 1/3 o dalla indicazione di miscele pericolose segnalate da indicatori opportunamente predisposti.

L'impianto di ventilazione meccanica può essere sostituito da camini indipendenti per ogni piano o di tipo "shunt" aventi sezione non inferiore a 0,2 m² per ogni 100 m² di superficie. I camini devono immettere nell'atmosfera a quota superiore alla copertura del fabbricato. Nelle autorimesse di capacità superiore a cinquecento autoveicoli deve essere installato un doppio impianto di ventilazione meccanica, per l'immissione e per l'estrazione, comandato manualmente da un controllore sempre presente, o automaticamente da apparecchiature di rivelazione continua di miscele infiammabili e di CO.

1. La tipologia del sistema di ventilazione da adottare, naturale e/o meccanico, dipende essenzialmente dalla classificazione e dalle caratteristiche strutturali e dimensionali dell'autorimessa
2. Nel dimensionamento del sistema di ventilazione non viene operata una distinzione in base all'obiettivo della sua applicazione, **ventilazione ordinaria o ai fini dell'evacuazione dei prodotti della combustione**

Normativa Italiana

Controllo dei fumi e del calore: come procedere?

- **D.M. 9/5/2007 “Direttive per l’approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio”**. Definisce alcune linee guida da adottare da un punto di vista della procedura da applicare ma non specifica valori quantitativi nè l’effettiva procedura da seguire.
- **Non è specificatamente studiato per la gestione dei fumi nelle autorimesse sebbene i concetti siano applicabili anche in questo ambito.**
- La Norma UNI 9494-2 **non è generalmente applicabile** alle autorimesse. È infatti relativa ad “ambienti di altezze h pari ad almeno 3 m”, “altezza di materiali immagazzinati”, “altezza delle merci”, norma che è nata sostanzialmente per applicazione in centri commerciali, locali di immagazzinamento, ecc., alla stregua della DIN 18232-5 dalla quale prende spunto.
- Assenza, fino all’emanazione della RTV (DM 21/2/2017), di una normativa e/o procedura per una valutazione quantitativa e qualitativa del fenomeno del controllo dei fumi mediante l’ausilio di sistemi di ventilazione (meccanici ma anche naturali)

Regola Tecnica Verticale (RTV) per autorimesse

- E' stato pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n°52 del 03/03/2017 il **Decreto del 21 febbraio 2017 "Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi per le attività di autorimessa"**, che riporta in allegato la relativa **Regola Tecnica Verticale**.
- Si tratta della **relativa RTV** secondo le nuove metodologie di progettazione introdotte dal D.M. 03/08/2015 "Codice di Prevenzione Incendi".
- La nuova RTV è entrata in vigore il 02/04/2017.
- La norma si applica alle attività individuate dal numero 75 di nuova costruzione o esistenti. Può essere utilizzata in alternativa alla norma tecnica di riferimento D.M. 01/02/1986.
- Scopo e campo di applicazione: "**Autorimesse con superficie superiore a 300m²**" in riferimento al D.M. 03/08/2015 "Codice di Prevenzione Incendi". Obiettivo del documento è "l'emanazione di disposizioni di prevenzione incendi per le attività di autorimessa con superficie superiore a 300 m²";

3-3-2017

GAZZETTA UFFICIALE DELLA REPUBBLICA ITALIANA

Serie generale - n. 52

DECRETI, DELIBERE E ORDINANZE MINISTERIALI

MINISTERO DELL'INTERNO

DECRETO 21 febbraio 2017.

Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi per le attività di autorimessa.

IL MINISTRO DELL'INTERNO

Visto il decreto legislativo 8 marzo 2006, n. 139, recante «Riassetto delle disposizioni relative alle funzioni ed ai compiti del Corpo nazionale dei vigili del fuoco, a norma dell'art. 11 della legge 29 luglio 2003, n. 229»;

Visto il decreto del Presidente della Repubblica 1° agosto 2011, n. 151, concernente il regolamento per la semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione degli incendi, a norma dell'art. 49, comma 4-*quater*, del decreto-legge 31 maggio 2010, n. 78, convertito, con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n. 122;

Visto il decreto del Ministro dell'interno 1° febbraio 1986, recante «Norme di sicurezza antincendi per la costruzione e l'esercizio delle autorimesse e simili», pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana, n. 38 del 15 febbraio 1986;

Visto il decreto del Ministro dell'interno 22 novembre 2002, recante «Disposizioni in materia di parcheggio di autoveicoli alimentati a gas di petrolio liquefatto all'interno di autorimesse in relazione al sistema di sicurezza dell'impianto», pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana, n. 283 del 3 dicembre 2002;

Visto il decreto del Ministro dell'interno 7 agosto 2012, recante «Disposizioni relative alle modalità di presentazione delle istanze concernenti i procedimenti di prevenzione incendi e alla documentazione da allegare, ai sensi dell'art. 2, comma 7, del decreto del Presidente della Repubblica 1° agosto 2011, n. 151», pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana, n. 201 del 29 agosto 2012;

Visto il decreto del Ministro dell'interno 3 agosto 2015 e successive modificazioni recante «Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell'art. 15 del decreto legislativo 8 marzo 2006, n. 139», pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana, n. 192 del 20 agosto 2015;

Ritenuto di dover definire, nell'ambito delle norme tecniche di cui al decreto del Ministro dell'interno 3 agosto 2015, specifiche misure tecniche di prevenzione incendi per le attività di autorimessa;

Sentito il Comitato centrale tecnico-scientifico per la prevenzione incendi di cui all'art. 21 del decreto legislativo 8 marzo 2006, n. 139;

Espletata la procedura di informazione ai sensi della direttiva (UE) 2015/1535 del 9 settembre 2015, che prevede una procedura di informazione nel settore delle regolamentazioni tecniche e delle regole relative ai servizi della società dell'informazione;

Decreta:

Art. 1.

Nuove norme tecniche di prevenzione incendi per le attività di autorimessa

1. Sono approvate le norme tecniche di prevenzione incendi per le attività di autorimessa di cui all'allegato 1, che costituisce parte integrante del presente decreto.

Art. 2.

Campo di applicazione

1. Le norme tecniche di cui all'art. 1 si possono applicare alle attività di autorimessa di superficie complessiva coperta superiore a 300 m² di cui all'allegato 1 del decreto del Presidente della Repubblica 1° agosto 2011, n. 151, ivi individuate con il numero 75, esistenti alla data di entrata in vigore del presente decreto ovvero per quelle di nuova realizzazione.

2. Le norme tecniche di cui all'art. 1 si possono applicare alle attività di cui al comma 1 in alternativa alle specifiche norme tecniche di prevenzione incendi di cui al decreto del Ministro dell'interno del 1° febbraio 1986 e al decreto del Ministro dell'interno del 22 novembre 2002.

Art. 3.

Modifiche al decreto del Ministro dell'interno 3 agosto 2015 e successive modificazioni

1. All'allegato 1 del decreto del Ministro dell'interno 3 agosto 2015, nella sezione V «Regole tecniche verticali», è aggiunto il seguente capitolo «V.6 - Attività di autorimessa», contenente le norme tecniche di prevenzione incendi per le attività di autorimessa di cui all'art. 1.

2. All'art. 1, comma 2, del decreto del Ministro dell'interno 3 agosto 2015, dopo la lettera *n*), sono aggiunte le seguenti lettere: «*o*) decreto del Ministro dell'interno 1° febbraio 1986 recante «Norme di sicurezza antincendi per la costruzione e l'esercizio delle autorimesse e simili»; *p*) decreto del Ministro dell'interno 22 novembre 2002 recante «Disposizioni in materia di parcheggio di autoveicoli alimentati a gas di petrolio liquefatto all'interno di autorimesse in relazione al sistema di sicurezza dell'impianto».

3. All'art. 2, comma 1, del decreto del Ministro dell'interno 3 agosto 2015, dopo il numero «75» sono eliminate le parole «limitatamente ai depositi di natanti e aeromobili».

Art. 4.

Norme finali

1. Il presente decreto entra in vigore il trentesimo giorno successivo alla data di pubblicazione nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana.

Roma, 21 febbraio 2017

Il Ministro: MINNITI

— 1 —

Regola Tecnica Verticale (RTV) per autorimesse

- La **classificazione delle autorimesse** è fatta in funzione di:
- tipologia del servizio, se private, pubbliche, autosilo
- superficie dell'autorimessa o del parcheggio
- quota massima e minima delle altezze dei piani h

La RTV classifica inoltre le aree interne all'attività in base all'utilizzo, se di sosta e manovra o di servizi annessi, mentre quelle comunicanti con l'autorimessa vengono **classificate in base alla loro destinazione d'uso** (cantine, depositi, locali tecnici, ecc.)

V 6.3

Classificazioni

1. Ai fini della presente regola tecnica verticale, le autorimesse sono classificate come segue:

a) in relazione alla tipologia di servizio:

SA: autorimesse private;

SB: autorimesse pubbliche;

SC: autosilo;

b) in relazione alla superficie dell'autorimessa o del compartimento:

AA: $300 \text{ m}^2 < A \leq 1000 \text{ m}^2$;

AB: $1000 \text{ m}^2 < A \leq 5000 \text{ m}^2$;

AC: $5000 \text{ m}^2 < A \leq 10000 \text{ m}^2$;

AD: $A > 10000 \text{ m}^2$;

c) in relazione alle quote massima e minima dei piani h dell'autorimessa; nel caso di autorimesse miste, la quota massima coincide con l'altezza antincendi del fabbricato:

HA: $-6 \text{ m} \leq h \leq 12 \text{ m}$;

HB: $-6 \text{ m} \leq h \leq 24 \text{ m}$, non ricomprese in HA

HC: $-10 \text{ m} \leq h \leq 32 \text{ m}$, non ricomprese in HA e HB;

HD: qualsiasi h, non ricomprese in HA, HB e HC.

2. Le aree dell'attività sono classificate come segue:

TA: aree dedicate a ricovero, sosta e manovra dei veicoli;

TZ: aree destinate ai servizi annessi all'autorimessa ⁽¹⁾. I locali adibiti a manutenzione e riparazioni autoveicoli non possono avere una superficie superiore al 20% della superficie dell'autorimessa e devono essere collocati a quota superiore a -6 m.

Nota: (1) Ad esempio stazioni di lavaggio, stazioni di lubrificazione e minuta manutenzione, guardiana ed uffici di pertinenza.

3. Le aree comunicanti con l'attività di autorimessa sono classificate come segue:

TM1: aree o locali destinati a depositi di materiali combustibili, con esclusione di stanze o miscele pericolose, di superficie lorda che complessivamente non sia superiore a 25 m^2 e con carico di incendio specifico $q_i \leq 300 \text{ MJ/m}^2$, non classificati come aree a rischio specifico;

Nota: Ad esempio area destinata a cantine di civile abitazione, ...

TM2: aree destinate anche a depositi di materiali combustibili, con esclusione di stanze o miscele pericolose in quantità significative, con carico di incendio specifico non superiore a 1200 MJ/m^2 non classificate come aree a rischio specifico;

Nota: Ad esempio area destinata a deposito di attività di vendita...

TT: locali tecnici rilevanti ai fini della sicurezza antincendio.

Nota: Ad esempio cabine elettriche, centrali termiche, gruppi elettrogeni, ...

Regola Tecnica Verticale per autorimesse: controllo di fumo e calore

V.6.5.7 Controllo di fumo e calore

1. L'attività deve essere dotata di misure di controllo di fumi e calore (Capitolo S.8) secondo quanto indicato nella tabella V. 6-4.
2. L'altezza media delle aree TA non deve essere inferiore a 2 m.
3. È considerata soluzione conforme per il livello di prestazione II (Capitolo S.8), lo smaltimento di fumo e calore d'emergenza dimensionato in accordo con le indicazioni di cui ai successivi punti 5, 6, 7 e 8.
4. Il livello di prestazione III (Capitolo S.8) deve prevedere un sistema progettato, realizzato ed esercito a regola d'arte (paragrafo G.1.14) e con le indicazioni di cui al successivo punto 9.

Classificazione dell'Attività		Classificazione dell'Attività				SC
		SA		SB		
		AA,AB,AC	AD	AA,AB	AC,AD	
Fuori terra	HA,HB,HC,HD	II				III
Interrate	HA,HB,	II	III	II	III	
	HC,HD	III				

Tabella V.6- 4: Livelli di prestazione per controllo fumo e calore

5. Per le aperture di smaltimento di fumo e calore d'emergenza deve essere impiegato il tipo di dimensionamento SE3, a prescindere dal valore del carico di incendio specifico q_f .

- **Cosa prescrive la nuova RTV sulle autorimesse?**
- L'attività deve essere dotata di misure di controllo di fumo e calore (**capitolo S.8 RTO**)
- L'altezza deve essere non inferiore a 2m
- Vengono definite delle indicazioni per il dimensionamento dei sistemi di smaltimento dei fumi per la conformità al livello di prestazione II
- Per il **livello di prestazione III** occorre prevedere un **sistema progettato a regola d'arte** con indicazioni circa l'installazione del Quadro di Comando e Controllo.

STRATEGIA ANTINCENDIO

Capitolo S.8 Controllo di fumi e calore (dal DM 3/8/2015)

S.8.2

Livelli di prestazione

1. Nella tabella S.8-1 sono indicati i livelli di prestazione per la misura antincendio di **controllo di fumo e calore**.

Livello di prestazione	Descrizione
I	Nessun requisito
II	Deve essere possibile smaltire fumi e calore dell'incendio da piani e locali del compartimento durante le operazioni di estinzione condotte dalle squadre di soccorso
III	Deve essere mantenuto nel compartimento uno strato libero dai fumi che permetta: <ul style="list-style-type: none">• la salvaguardia degli occupanti e delle squadre di soccorso,• la protezione dei beni, se richiesta. Fumi e calore generati nel compartimento non devono propagarsi ai compartimenti limitrofi.

Tabella S.8-1: Livelli di prestazione per controllo di fumo e calore

La norma UNI 9494 stabilisce i criteri di progettazione e installazione dei Sistemi di Evacuazione Forzata di Fumo e Calore (SEFFC) in caso d'incendio. La norma si riferisce ai Sistemi di Evacuazione Forzata di Fumo e Calore (SEFFC) in ambienti di altezza h pari ad almeno 3 m, aventi superficie minima di 600 m².

La norma UNI 9494 **non** è generalmente applicabile alle autorimesse

STRATEGIA ANTINCENDIO

Capitolo S.8 Controllo di fumi e calore (dal DM 3/8/2015)

Tipo	Carico di incendio specifico q_f	Superficie utile minima delle aperture di smaltimento S_{sm}	Requisiti aggiuntivi
SE1	$q_f \leq 600 \text{ MJ/m}^2$	$A / 40$	-
SE2	$600 < q_f \leq 1200 \text{ MJ/m}^2$	$A \cdot q_f / 40000 + A / 100$	-
SE3	$q_f > 1200 \text{ MJ/m}^2$	$A / 25$	10% di S_{sm} di tipo SEa o SEb o SEc

A -superficie lorda del piano del compartimento [m²];
 S_{sm} -superficie utile delle aperture di smaltimento [m²]

Tabella S.8-4: Tipi di dimensionamento per le aperture di smaltimento

5. Per le aperture di smaltimento di fumo e calore d'emergenza deve essere impiegato il tipo di dimensionamento SE3, a prescindere dal valore del carico di incendio specifico q_f .

6. Per autorimesse di tipo AA e HA aventi altezza media dei locali non inferiore a 2,20 m e per quelle di tipo AB e HB aventi altezza media dei locali non inferiore a 2,40 m, può essere impiegata la formula $SE = [(A \cdot q_f) / 20000 + A / 100]$, con il requisito aggiuntivo che almeno il 10% sia di tipo SEa, SEb o SEc.

7. Ciascuna apertura di smaltimento deve avere superficie minima pari a 0,2 m².

8. L'uniforme distribuzione in pianta delle aperture di smaltimento deve essere verificata impiegando il *metodo delle aree di influenza* (Capitolo S.8) ed imponendo contemporaneamente:

- raggio di influenza r_{offset} pari a 20 m per tutte le tipologie di aperture di smaltimento;
- raggio di influenza r_{offset} pari a 30 m per le sole aperture di smaltimento SEa, SEb, SEc.

Nota: Si intende garantire l'uniforme distribuzione anche delle aperture di smaltimento permanentemente aperte (SEa) o facilmente apribili (SEb, SEc).

Nota: Qualora non sia verificata l'uniforme distribuzione in pianta delle aperture di smaltimento si impiega il livello di prestazione III.

9. In caso di installazione di un sistema di controllo di fumo e calore, deve essere previsto un quadro di comando e controllo in posizione protetta e segnalata presso il piano d'accesso per soccorritori, in grado di realizzare e segnalare il ciclo di apertura/chiusura del sistema naturale di controllo del fumo e calore o marcia/arresto del sistema forzato di controllo del fumo e calore.

Nota: Le squadre di soccorso devono avere la possibilità di comandare il funzionamento dei Sistemi di controllo del fumo e calore durante l'incendio.

Nota: La funzione di controllo del fumo e calore e di aerazione ordinaria può essere svolta dallo stesso impianto a doppio impiego (dual-purpose).

Regola Tecnica Verticale (RTV) per autorimesse

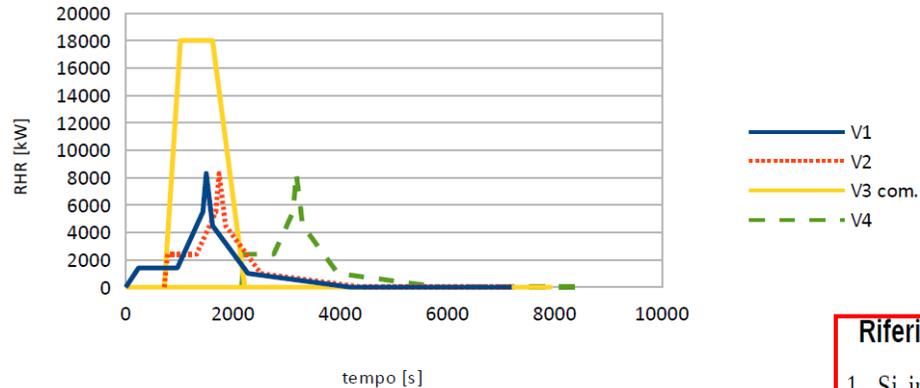


Illustrazione A.1-2: Curve RHR(t) per lo scenario S3

8. Nel caso di adozione di modelli di incendio numerici semplificati dell'Eurocodice UNI EN 1991-1-2 rappresentativi di incendi localizzati, gli stessi vanno applicati con le seguenti prescrizioni:
- per la determinazione della temperatura di una colonna ci si riferisce cautelativamente al riscaldamento della trave posta sulla sua sommità;
 - per gli scenari S2 ed S3, nel caso di modello di incendio localizzato con fiamma non impattante il soffitto, la definizione del flusso termico necessaria per il modello di riscaldamento degli elementi strutturali è condotta cautelativamente con riferimento all'incendio con fiamma impattante il soffitto.

Riferimenti

- Si indicano i seguenti riferimenti bibliografici in merito al controllo di fumi e calore nelle autorimesse:
 - prCEN/TR 12101-11 "Smoke and heat control systems. Part 11: Indoor vehicle parks";
 - BS 7346-7:2013 "Components for smoke and heat control systems. Code of practice on functional recommendations and calculation methods for smoke and heat control systems for covered car parks";
 - CEN TC 191 SC1 WG9 prEN TS 12101 – 11nineteenth draft SHVC car parks 10.06.2015;
 - UNI 9494-2 appendice H – committee draft 2016 -06-01;
 - Arrêté du 9 mai 2006 "Approbation de dispositions complétant et modifiant le règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (parcs de stationnement couverts) (ERP)", Francia.

Due percorsi differenti

D.M. 1/2/1986 vs D.M. 3/3/2017 (RTV)

D.M. 1/2/1986

- Superficie di ventilazione naturale = $A/25$ 0,3 % di tipo Sea (permanentemente aperte)
- Per situazioni particolari: DEROGA
- DM 9/5/2007 “Direttive per l’approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio
- FSE

D.M. 21/2/2017 (RTV AUTORIMESSE)

- Prescrive superficie utile minima delle aperture di smaltimento, $S_{sm} = A/25$ (10% di S_{sm} di tipo Sea o SEb o Sec)
- Per situazioni particolari: SOLUZIONE ALTERNATIVA o FSE

DM 3/8/2015 (RTO)

S.8.4.2

Soluzioni conformi per il livello di prestazione III

1. Deve essere installato sistema di evacuazione di fumi e calore (SEFC), naturale (SENFC) o forzato (SEFFC), progettato, installato e gestito in conformità alla vigente regolamentazione e alle norme e documenti tecnici adottati dall'ente di normazione nazionale

Nota L'elenco, non esaustivo, delle norme e documenti tecnici adottati dall'ente di normazione nazionale è reperibile nel paragrafo S.8.8

S.8.4.4

Soluzioni alternative per il livello di prestazione III

1. Sono ammesse *soluzioni alternative*.
2. Al fine di dimostrare il raggiungimento del *livello di prestazione* il progettista deve impiegare uno dei metodi di cui al paragrafo G.2.6.

Smaltimento dei fumi e del calore: come procedere?

- ✓ UK - Approved Documents B [Fire Safety] & F [Ventilation]
- ✓ UK - BS 7346 Part 7, 2013
- ✓ USA – ASHRAE Journal & Guide 3-38 [Ventilation]
- ✓ USA – NFPA 88A [Fire Safety]
- ✓ Qatar – QCD Fire Safety Standard No. 7.2



Associazione Nazionale
Antincendio e Controllo
Evacuazione del fumo

Associazione
PREVENZIONEINCENDITALIA



La norma BS 7346-7:2013

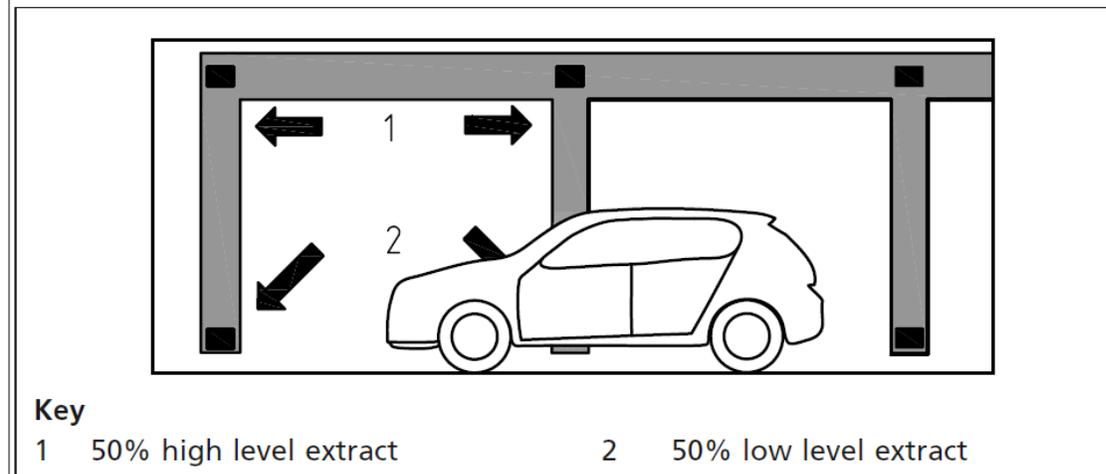
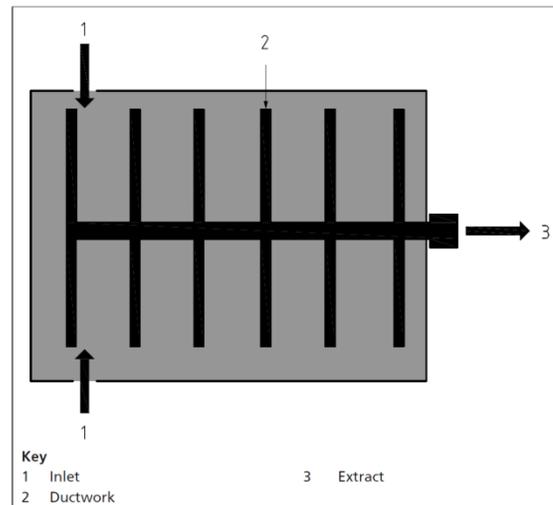
Components for smoke and heat control systems –

Part 7: Code of practice on functional recommendations and calculation methods for smoke and heat control systems for covered car parks

Table 1 Steady-state design fires

Fire parameters	Indoor car park without sprinkler system	Indoor car park with sprinkler system	2 car stacker with sprinklers
Dimensions	5 m x 5 m	2 m x 5 m	2 m x 5 m
Perimeter	20 m	14 m	14 m
Heat release rate	8 MW	4 MW	6 MW

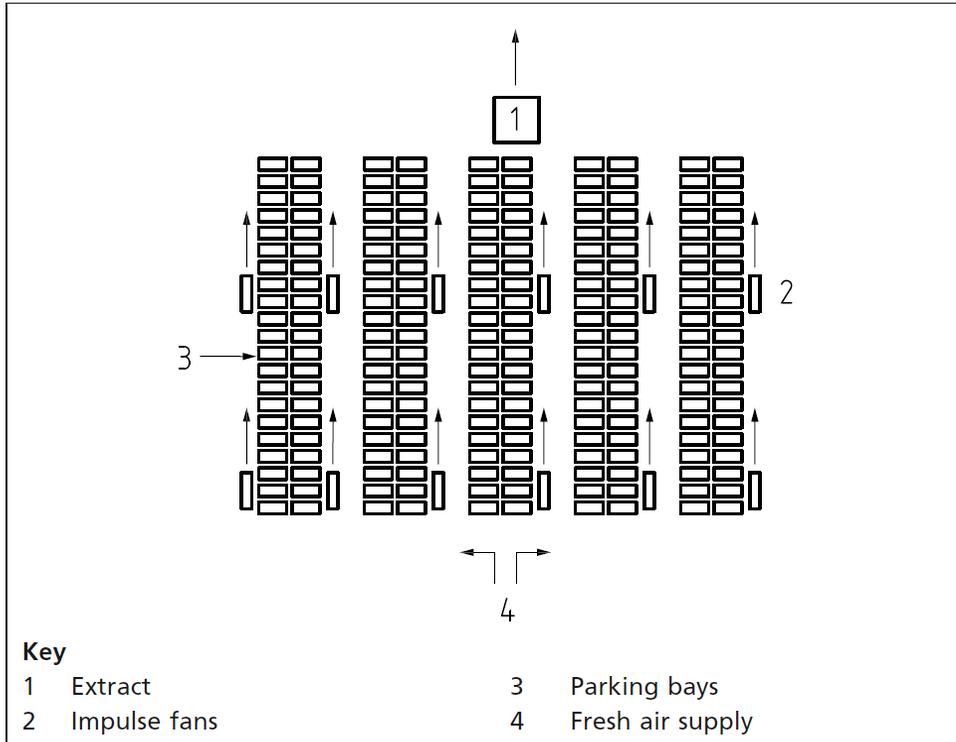
NOTE It is not practical within this British Standard to give guidance on a suitable design fire size for stacker systems where sprinklers are not installed or where they exceed two cars high.



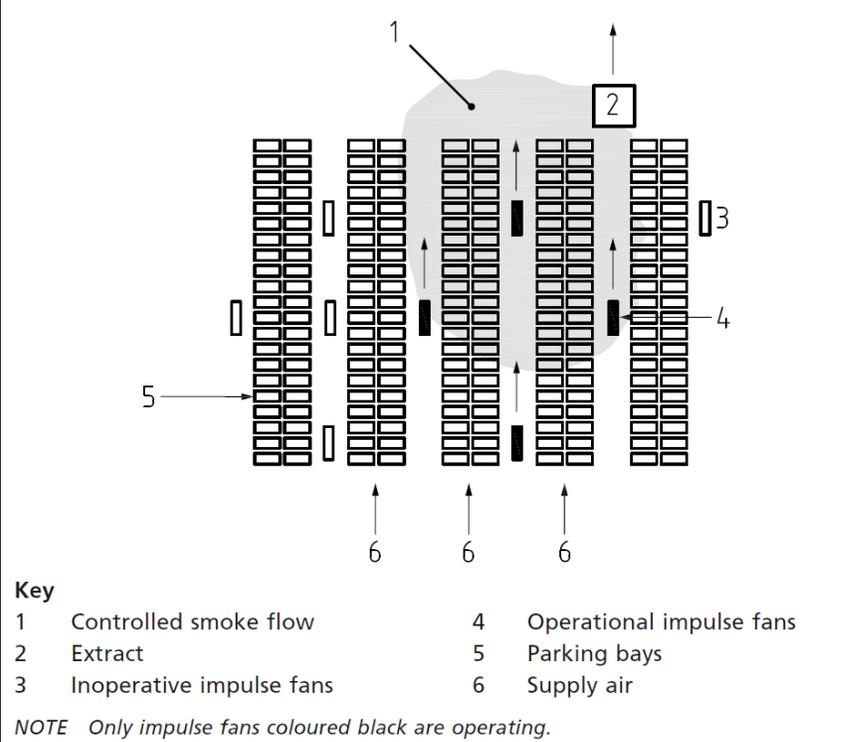
La norma BS 7346-7:2013

Components for smoke and heat control systems –
 Part 7: Code of practice on functional recommendations and calculation methods for
 smoke and heat control systems for covered car parks

Typical mechanical ventilation using an impulse smoke clearance system



Typical mechanical ventilation using an impulse system for fire-fighter access



Sviluppo normativo futuro: prTS 12101-11

prTS 12101-11 “Smoke and heat control systems. Part 11: Horizontal powered ventilation system for enclosed car parks”. Progetto di Norma Europea riguardante i requisiti minimi per sistemi di controllo di fumo e calore all’interno dei parcheggi. Lo standard definisce i requisiti minimi per la progettazione, l’installazione e messa in opera / collaudo per sistemi meccanici di controllo del fumo e calore per autorimesse con o senza sistema sprinkler.

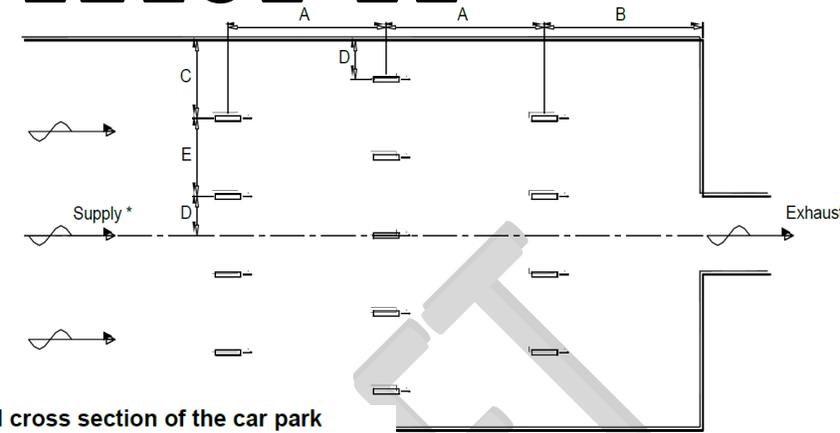


Table B.1: Minimum average air velocity in the total cross section of the car park perpendicular to the air stream [to be modified according to new Annex D]

Width W	Indoor vehicle park without sprinklers or with sprinklers but without floor slope	Indoor vehicle park with sprinklers and floor slope
≤ 8 m	1,6 m/s	1,3 m/s
≤ 12 m	1,4 m/s	1,1 m/s
≤ 16 m	1,3 m/s	1,0 m/s
≤ 21 m	1,2 m/s	1,0 m/s
≤ 26 m	1,1 m/s	0,9 m/s
≤ 32 m	1,0 m/s	0,8 m/s
≤ 48 m	0,9 m/s	0,7 m/s
≤ 64 m	0,8 m/s	0,65 m/s

NOTE: Table B.1 is calculated with the Froude formula without back layering.

A: 30 > 40m
B: > 30m
C: 12 > 16m
D: < 1/2 E
E: < 16m

Conditions according to requirements see B.2.3.

(3) The design flow rate Q_d of the installation for each control zone is the largest value between the following air flow rates :

- The minimal flow rate Q_{min} defined as follows :
 - Indoor car park without sprinklers, or with sprinklers but without floor slope: $Q_{min} = 120.000 \text{ m}^3/\text{h}$
 - Indoor car park with sprinklers and floor slope: $Q_{min} = 100.000 \text{ m}^3/\text{h}$

NOTE : this minimal flow rate Q_{min} is requested to keep the temperature below the 300°C, which is the maximum value considered for the classification F300 of the powered ventilators, according to EN 12101-1.

- The reference flow rate Q_{ref} calculated as follows :
 - The reference width W_{ref} of the control zone is given by $W_{ref} = S/d$, where S is the area of the control zone determined without consideration of the lock-up garages, and d is the horizontal distance defined in (2).
 - The reference height h_{ref} is the free height for the passage of the air flow in the control zone. It is defined as $h_{ref} = h_{ceil}$, the height of the ceiling above floor.
 - The reference velocity v_{ref} is the requested velocity given in Table A.1, with reference to the width $W = W_{ref}$.
 - $Q_{ref} = v_{ref} \cdot W_{ref} \cdot h_{ref}$

The air velocity must be multiplied by the area of the cross-section where the smoke control is required and shall not be lower than 0,5 m/s locally.

NOTE: The air velocity over the cross section determines the exhaust volume. The exhaust volume is not determined by the jet fans. Jet fans only guide the air over the fire, achieving active cooling of the smoke rather than passive cooling. This active cooling gives a quick and significant temperature drop. Therefore, the average air velocity to control the smoke will be lower than without the use of jet fans.

Example:

Non-sprinklered car park: velocity 1 m/s.
Cross-section 42 m width, 2,5 m height = 105 m²
Exhaust volume is 1 x 105 x 3600 = 378.000 m³/h.
In this case a smoke concentration of 0,07 g/m³ at 15 m from the fire and a height above floor of 1,75 m is considered to be achieved.

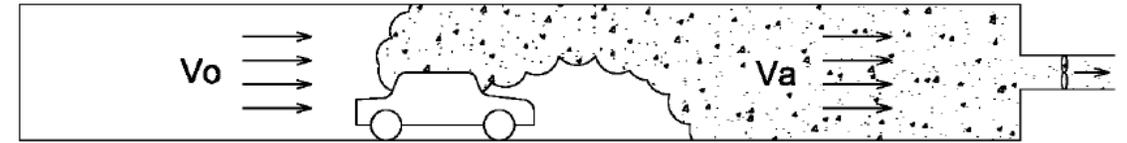
Sviluppo normativo futuro: prTS 12101-11

Nel progetto di norma sono disponibili alcuni valori di riferimento per il calcolo della velocità della corrente d'aria necessaria ad evitare la propagazione orizzontale del fumo

Table A.1 : Required velocity

[to be modified according to new Annex D]

Width W	Indoor vehicle park without sprinklers or with sprinklers but without floor slope	Indoor vehicle park with sprinklers and floor slope
≤ 8 m	1,6 m/s	1,3 m/s
≤ 12 m	1,4 m/s	1,1 m/s
≤ 20 m	1,3 m/s	1,0 m/s



$$v_0 / v_a = T_o / T_a = (t_o + 273) / (t_a + 273)$$

Figure A.2 (informative): Critical velocity v_0 upstream from the fire and extraction velocity v_a downstream from the fire

Definizione della categoria di temperatura dei ventilatori meccanici.

Almeno F300 (300C /1ora) in accordo alla norma EN 12101-3, recepita in Italia come UNI EN 12101-3:2015

6 Installation and components

6.1 Fans

- (1) All smoke and heat exhaust fans and jet fans shall comply with EN 12101-3. The same shall apply to supply fans which may be exposed to direct radiation from a car in fire.
- (2) All smoke and heat exhaust fans and the jet fans shall be at least class F300 without sprinklers and F200 with sprinklers according to EN 12101-3. The same shall apply to supply fans which may be exposed to direct radiation from a car in fire.

NOTE: One jet fan in the immediate surroundings of the fire could fail due to direct radiation from the car in fire. But in that case the thrust from that jet fan does not contribute significantly to the flow pattern upstream the car in fire.

Classe	Temperatura (°C)	Periodo di funz. minimo (minuti)
F200	200	120
F300	300	60
F400	400	90 o 120
F600	600	60
F842	842	30
Non specificato	Come richiesto dal committente	Come richiesto dal committente

0123
Any Co Limited, P.O. Box21, B-1050
00
0123 - CPD - 001

EN 12101-3
Powered smoke and heat exhaust ventilators for use in Construction Works

Response delay 30 s at SL 125
Resistance to Fire class F200
Motor rating Class B/Class F

Sistemi di ventilazione meccanici per autorimesse: obiettivi differenti

Controllo del livello degli inquinanti

- Soluzione tipica per autorimesse aperte sui lati
- Portate di estrazione basate sulle dimensioni dell'autorimessa
- Nessuna richiesta per ventilazione in caso di emergenza (incendio)

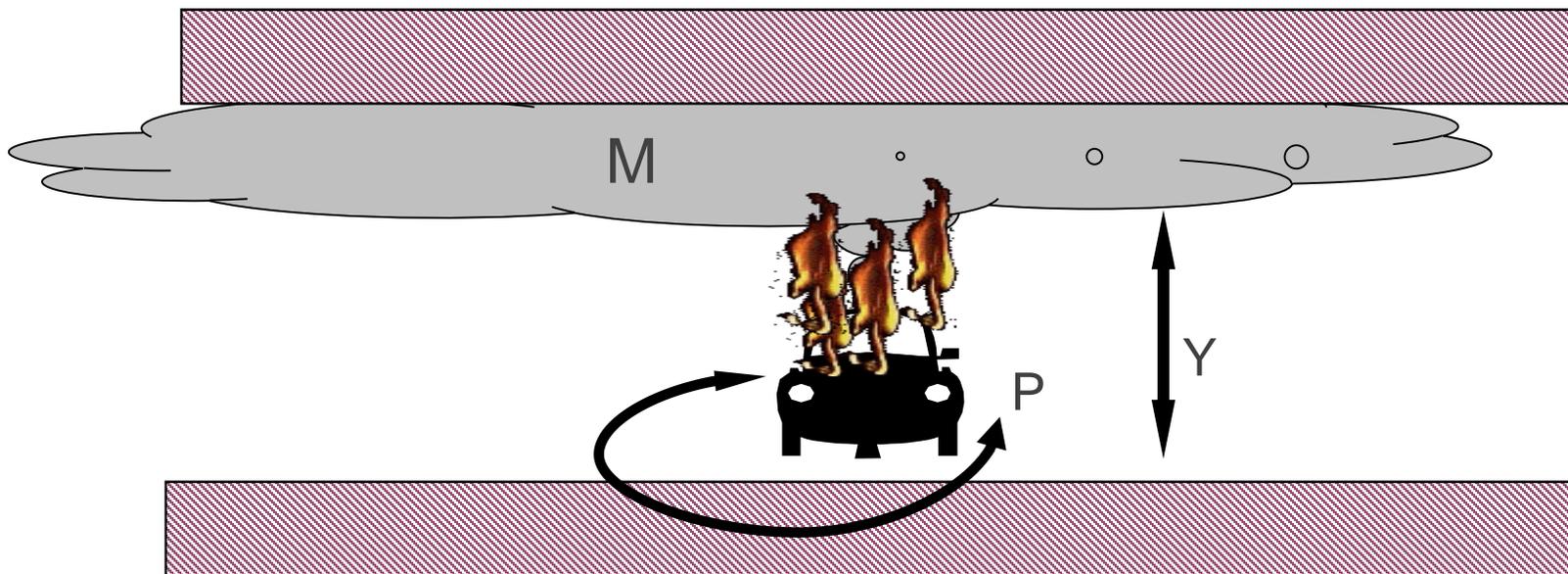
Estrazione / espulsione del fumo

- Controllo del livello degli inquinanti generalmente richiesto
- Portate di estrazione basate sulle dimensioni dell'autorimessa
- Soluzione base che soddisfa la maggior parte delle richieste

Controllo del fumo

- Controllo del livello degli inquinanti eventualmente richiesto
- Portate di estrazione in base alle dimensioni previste dell'incendio
- Aiuto per l'accesso alle squadre di soccorso e per la fuoriuscita degli occupanti

Calcolo del volume di fumo prodotto: parametri essenziali



dove:

$$M = C_e P Y^{3/2}$$

M = Portata massica del fumo prodotto (kg/sec)

P = Perimetro dell'incendio (m)

Y = Altezza dello strato libero (m)

C_e = Costante

M = Mass rate of smoke production (kg/sec) = 11.62

P = Perimeter of fire (m) 14m

Y = Height of smoke layer (m) 2.5m

C_e = Constant 0.19 / 0.21 / 0.34

Calcolo del volume di fumo prodotto: parametri essenziali

$$\theta = \frac{Q}{Mc}$$

$c = 1.012 \text{ [kW / (kg}\cdot\text{K)]}$

$Q = \text{convective heat release rate [kW]}$

$M = \text{mass of smoke production [kg/s]}$

$\theta = \text{temperature of smoke layer, above ambient [K]}$

$$\text{Volume of smoke (m}^3\text{/s)} = \frac{\text{Smoke production (kg/s)} \times \text{Absolute smoke layer temp (K)}}{1.22 \text{ kg/m}^3 \times \text{Absolute ambient temp (K)}}$$

where:

- Effective height of Car Park = **3 m**
- Effective height of Clear Layer $Y = \mathbf{2.5 \text{ m}}$
- Fire perimeter $P = 14 \text{ m}$ source GA_7.0 or BS 7346-7:2013
- Design Fire size HRR = **4MW** source GA_7.0 or BS 73467:2006 (with sprinklers)
- Radiation to structure ? To obtain Convective heat flow in gas kW
- Absolute ambient temp (K) ? = $273 + 46 = \mathbf{319K}$

$$\text{Volume of smoke (m}^3\text{/s)} = \frac{\text{Smoke production (kg/s)} \times \text{Absolute smoke layer temp (K)}}{1.22 \text{ kg/m}^3 \times \text{Absolute ambient temp (K)}}$$

where:

- Effective height of Car Park = **3 m**
- Effective height of Clear Layer $Y = \mathbf{2.5 \text{ m}}$
- Fire perimeter $P = 14 \text{ m}$ source GA_7.0 or BS 7346-7:2013
- Design Fire size HRR = **4MW** source GA_7.0 or BS 73467:2006 (with sprinklers)
- Convective Radiation to structure
- Absolute ambient temp (K) = $273 + 46 = \mathbf{319K}$
- **Volume of smoke = 16.84 m³/s**
- **Absolute smoke layer = 557K (557 – 273 = 284° C)**

• Refer:- H Morgan Technical paper – formulas, NFPA 92, ASHRAE Handbook

Gestione del fumo nelle autorimesse: obiettivi differenti

- Garantire l'estrazione del fumo (durante e dopo l'incendio)
- Supportare l'accesso in sicurezza delle squadre di intervento in un punto in prossimità dell'incendio
- Proteggere le vie di fuga per garantire la fuoriuscita in sicurezza degli occupanti

**Differenti obiettivi implicano differenti criteri di
accettabilità dei risultati**

Criteri di accettabilità dei risultati

<i>Elemento</i>	<i>Criterio di accettazione</i>	<i>Validazione</i>
Visibilità	10 metri, visibilità minima	Criterio riconosciuto internazionalmente per aree ove gli occupanti dovrebbero avere familiarità con l'ambiente stesso. Definito nella norma BS 7974 come un criterio di accettazione valido. Riportato nella Fire Engineering Guidelines, Fire Code Reform Centre, Sydney, Australia, 1996. Supportato dalla ricerca di Jin, T., Chapter 2-4, SFPE Handbook, 3 rd edition, NFPA, Quincy, Mass, USA 2002.
Temperatura	60°C temperatura dell'aria nello strato più basso	
Irraggiamento	2.5 kW/m ² massimo	

<i>Elemento</i>	<i>Criterio di accettazione</i>	<i>Validazione</i>
Visibilità	10 metri, visibilità minima	Criterio normalmente accettato per squadre di intervento dei Vigili del Fuoco dotati di indumenti protettivi e di erogatori di ossigeno, ricavato da "Australasian Fire Authorities Council Fire Brigade Intervention Model", per un periodo di dieci minuti.
Temperatura	120°C temperatura dell'aria nello strato più basso	
Irraggiamento	3.0 kW/m ² massimo	

Fuoriuscita degli occupanti

Table 1: Means of escape tenability acceptance criteria

<i>Element</i>	<i>Acceptance Criteria</i>	<i>Validation</i>
Visibility	▪ 10 m minimum visibility	Internationally recognised criteria for areas where the occupants would be familiar with their surroundings.
Temperature	▪ 60° C air temperature to lower layer	
Radiation	▪ 2.5 kW/m ² maximum radiation from hot layer at a height of 2.5m.	Referenced in BS 7974 as a valid acceptance criteria. Referenced in Fire Engineering Guidelines, Fire Code Reform Centre, Sydney, Australia, 1996. Supported by the research of Jin, T., Chapter 2-4, SFPE Handbook, 3rd edition, NFPA, Quincy, Mass, USA 2002.

Accesso Vigili del Fuoco

Table 2: Fire fighter tenability

<i>Element</i>	<i>Acceptance Criteria</i>	<i>Validation</i>
Visibility	▪ 10 m minimum visibility	Accepted tenability criteria for Fire fighters in protective clothing and breathing apparatus taken from the Australasian Fire Authorities Council Fire Brigade Intervention Model for a period of ten minutes.
Temperature	▪ 120° C air temperature to lower layer	
Radiation	▪ 3.0 kW/m ² maximum at 2.5 m temperature above floor level.	

DM 3/8/2015 - Capitolo M.3 - Salvaguardia della vita con la progettazione prestazionale

Modello	Prestazione	Soglia di prestazione	Riferimento
Oscuramento della visibilità da fumo	Visibilità minima di pannelli riflettenti, non retroilluminati, valutata ad altezza 1,80 m dal piano di calpestio	Occupanti: 10 m Occupanti in locali di superficie lorda < 100m ² : 5 m	ISO 13571-2012.
		Soccorritori: 5 m Soccorritori in locali di superficie lorda < 100m ² : 2,5 m	[1]
Gas tossici	FED, <i>fractional effective dose</i> e FEC, <i>fractional effective concentration</i> per esposizione a gas tossici e gas irritanti, valutata ad altezza 1,80 m dal piano di calpestio	Occupanti: 0,1	ISO 13571-2012, limitando a 1,1% gli occupanti incapaci al raggiungimento della soglia
		Soccorritori: nessuna valutazione	--
Calore	Temperatura massima di esposizione	Occupanti: 60°C	ISO 13571-2012
		Soccorritori: 80°C	[1]
Calore	Irraggiamento termico massimo da tutte le sorgenti (incendio, effluenti dell'incendio, struttura) di esposizione degli occupanti	Occupanti: 2,5 kW/m ²	ISO 13571-2012, per esposizioni maggiori di 30 minuti, senza modifica significativa dei tempi di esodo (2,5 kW/m ²).
		Soccorritori: 3 kW/m ²	[1]

[1] Ai fini di questa tabella, per *soccorritori* si intendono i componenti delle squadre aziendali opportunamente protetti ed addestrati alla lotta antincendio, all'uso dei dispositivi di protezione delle vie aeree, ad operare in condizioni di scarsa visibilità. Ulteriori indicazioni possono essere desunte ad esempio da documenti dell'Australian Fire Authorities Council (AFAC) per *hazardous conditions*.

Tabella M.3-2: Esempio di soglie di prestazione impiegabili con il metodo di calcolo avanzato

Prestazione	Soglia di prestazione	Riferimento
Altezza minima dei fumi stratificati dal piano di calpestio al di sotto del quale permanga lo strato d'aria indisturbata	Occupanti: 2 m	Ridotto da ISO TR 16738-2009, section 11.2
	Soccorritori: 1,5 m	[1]
Temperatura media dello strato di fumi caldi	Occupanti: 200°C	ISO TR 16738-2009, section 11.2
	Soccorritori: 250°C	[1]

[1] Ai fini di questa tabella, per *soccorritori* si intendono i componenti delle squadre aziendali opportunamente protetti ed addestrati alla lotta antincendio, all'uso dei dispositivi di protezione delle vie aeree, ad operare in condizioni di scarsa visibilità. Ulteriori indicazioni possono essere desunte ad esempio da documenti dell'Australian Fire Authorities Council (AFAC) per *hazardous conditions*.

Tabella M.3-3: Esempio di soglie di prestazione impiegabili con il metodo di calcolo semplificato

Gestione del fumo nelle autorimesse: sistemi a getto

- La teoria trae origine da valutazione / analisi / esperienze sviluppate principalmente per la ventilazione nei tunnel
- “Extending the principles of impulse ventilation in tunnels to apply to smoke control in car parks”, H.P. Morgan, B. Vanhove, J-C. De smed

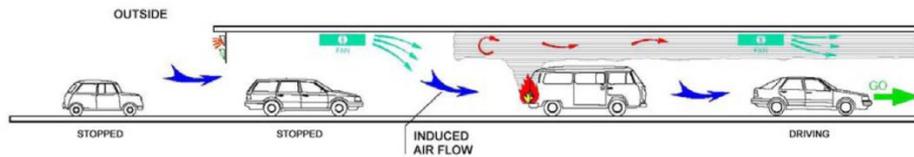


Fig. 1: Impulse ventilation system in a tunnel

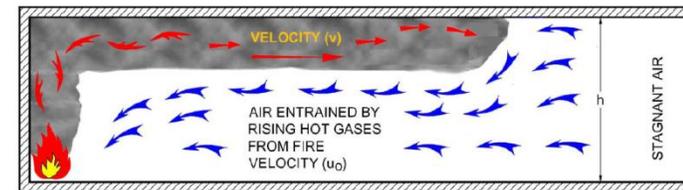
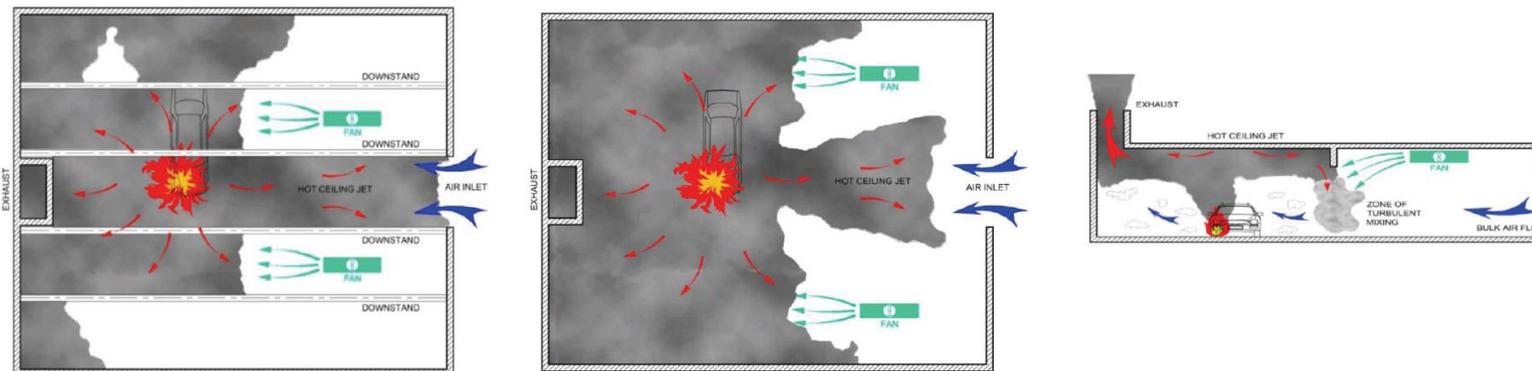
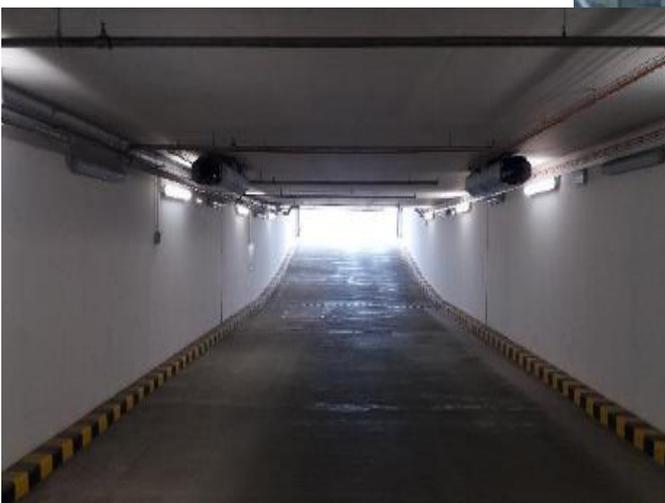
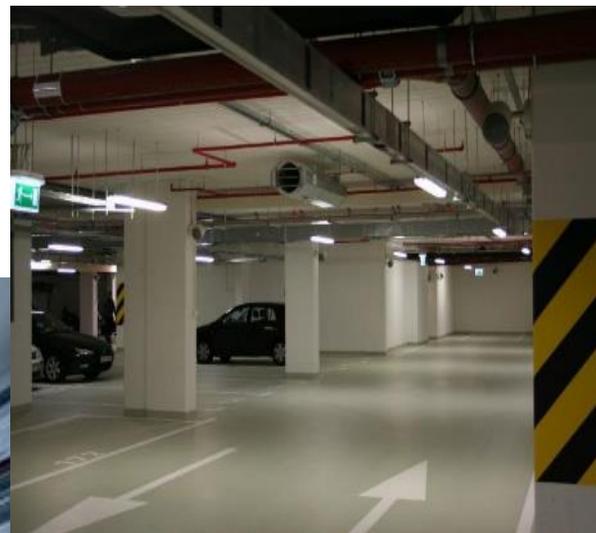
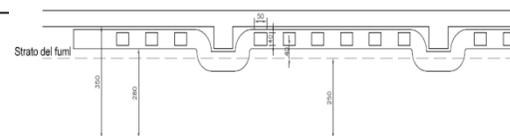
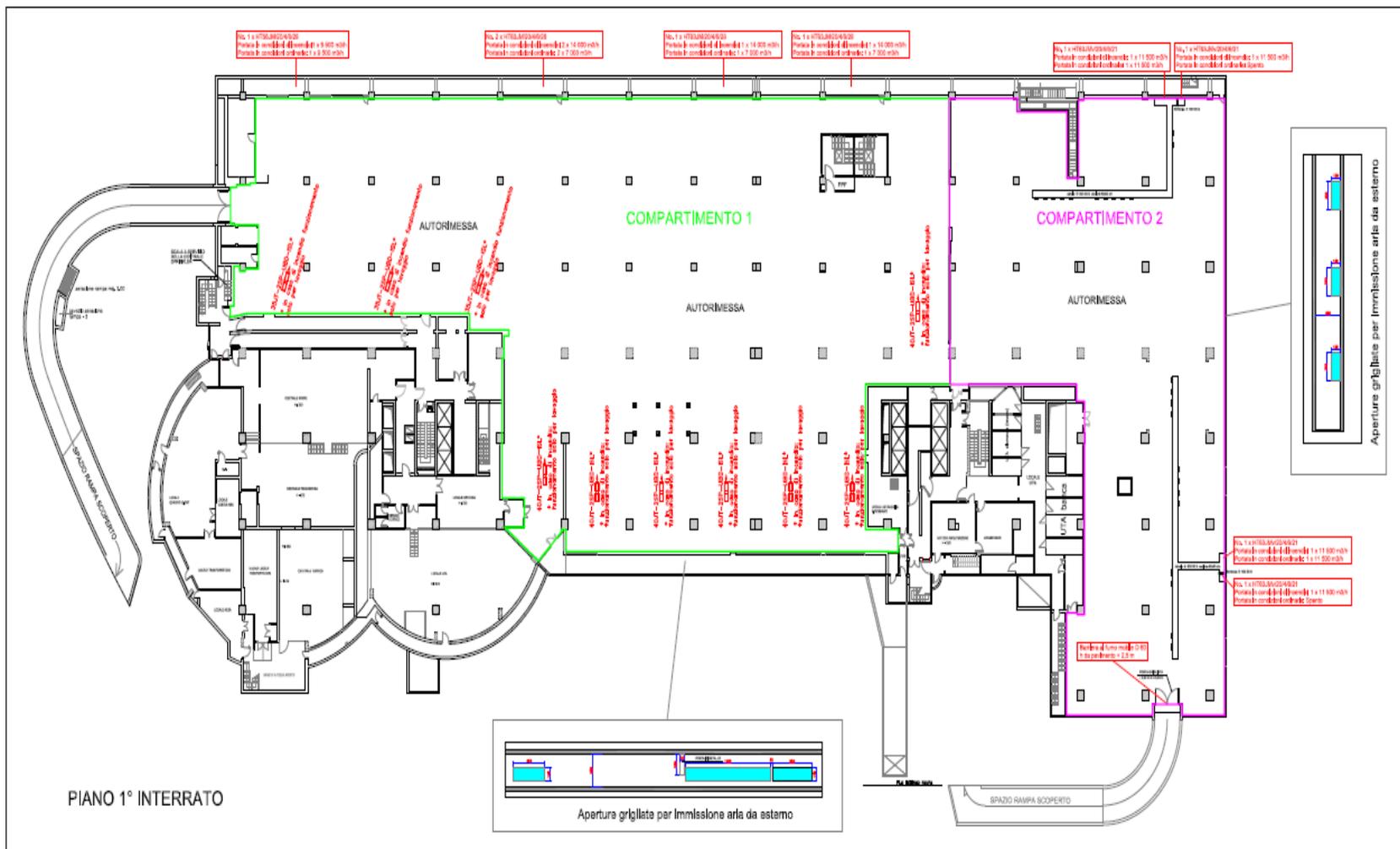


Fig. 2: The advance of the leading edge (or “nose”) of a buoyant layer of hot gases



Sistema a getto - esempi di installazione





Portata totale = 46 000 mch
 H libera dai fumi 2,5 m
 Dds = 0,4m
 V max canale = 15 m/s
 Portata singola bocchetta = 2000 mch
 S min = 0,7 m
 N bocchette 24 (12 x ogni ramo)

Dimensionamento canalizzazione per Compartimento 2

Sistema di ventilazione a getto per autorimesse



Ventilatore a getto assiale

Ventilatore a getto ad induzione



Sistema di ventilazione a getto per autorimesse

Profili per ventilatori a getto assiali

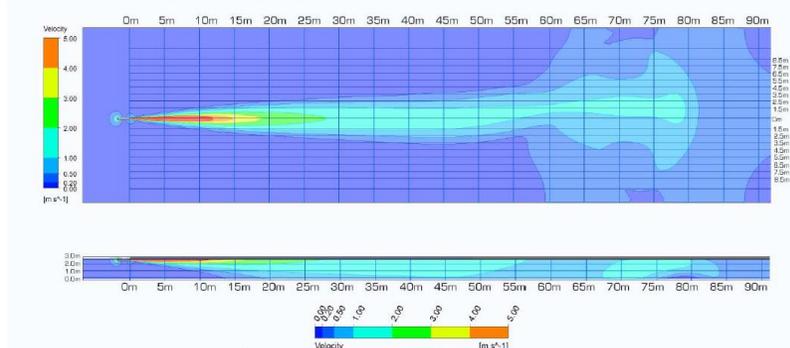
Jet Thrust

Profili per ventilatori a getto centrifughi

Induction Thrust

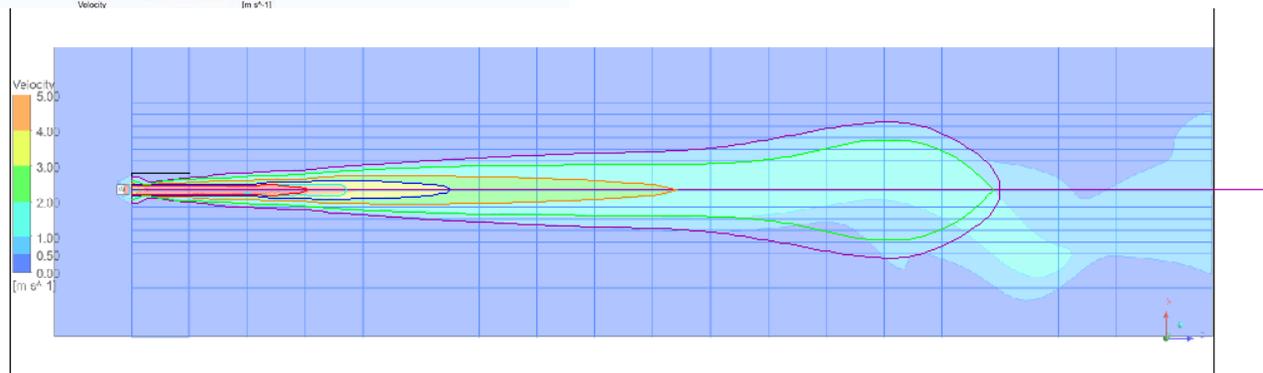
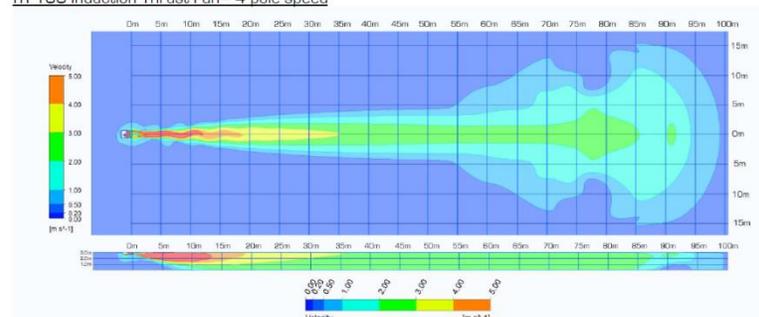
FläktWoods

315mm diameter Standard - 2 pole speed



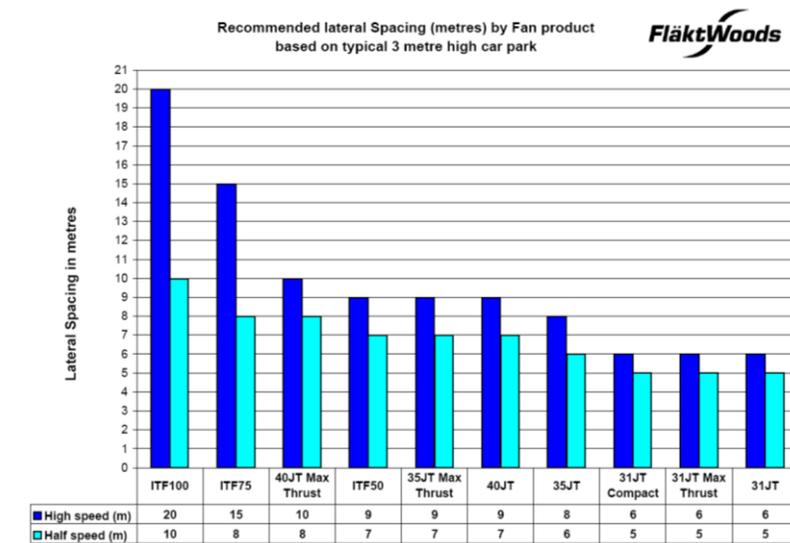
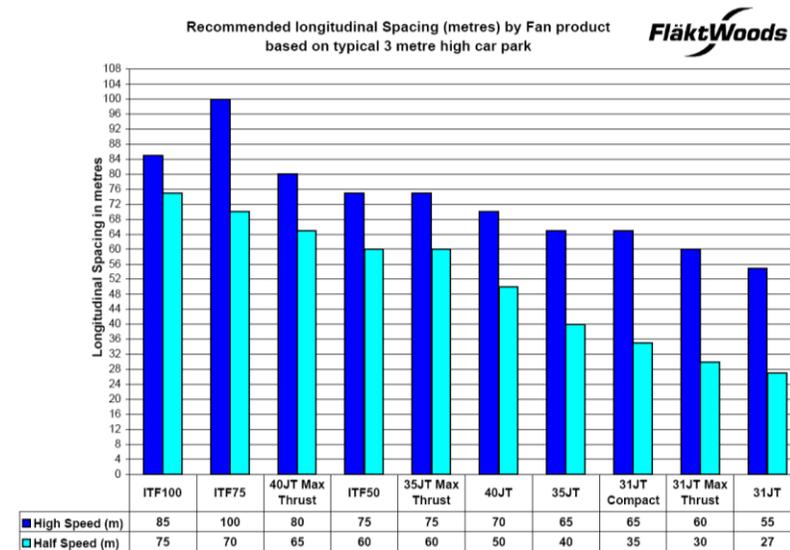
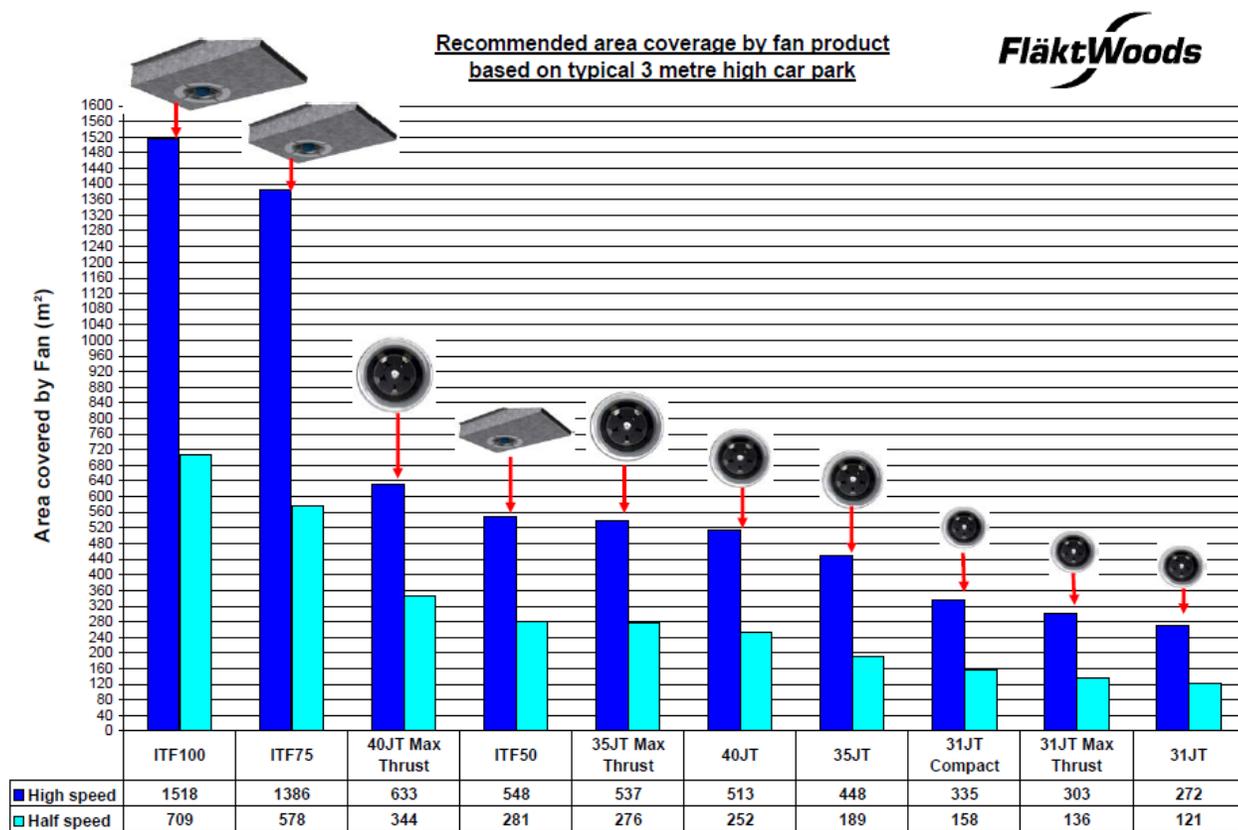
FläktWoods

ITF100 Induction Thrust Fan - 4 pole speed



Ogni prodotto / modello è differente

Guida sulle prestazioni dei differenti modelli



Associazione Nazionale Antincendio e Controllo Evacuazione del fumo

Associazione PREVENZIONEINCENDITALIA



Sistema di ventilazione a getto – posizionamento dei ventilatori

• CEN TC191 SC1 WG9 N212

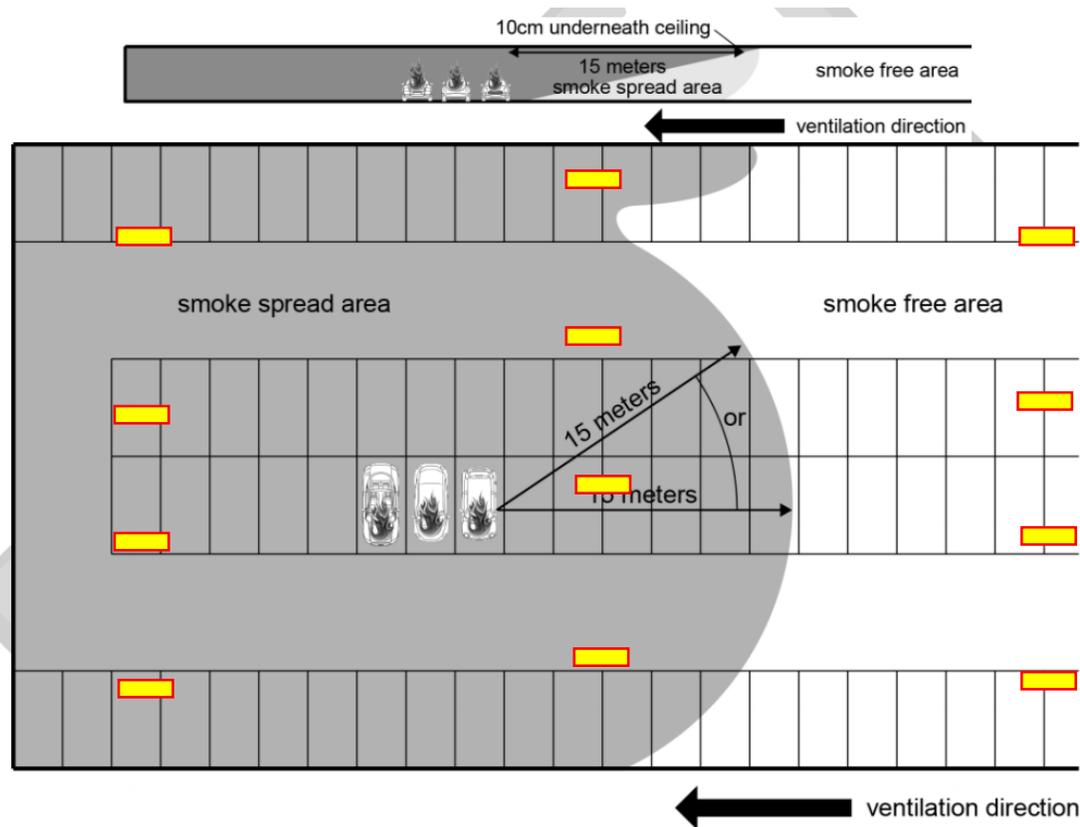
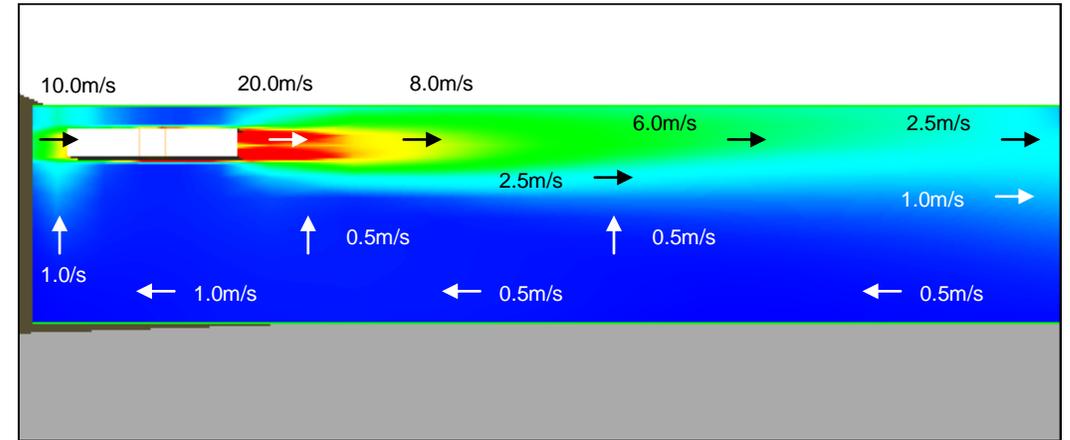


Figure 1 : Access sufficiently clear of smoke

CFD VENTILATORE A GETTO - PROFILI DI VELOCITA'



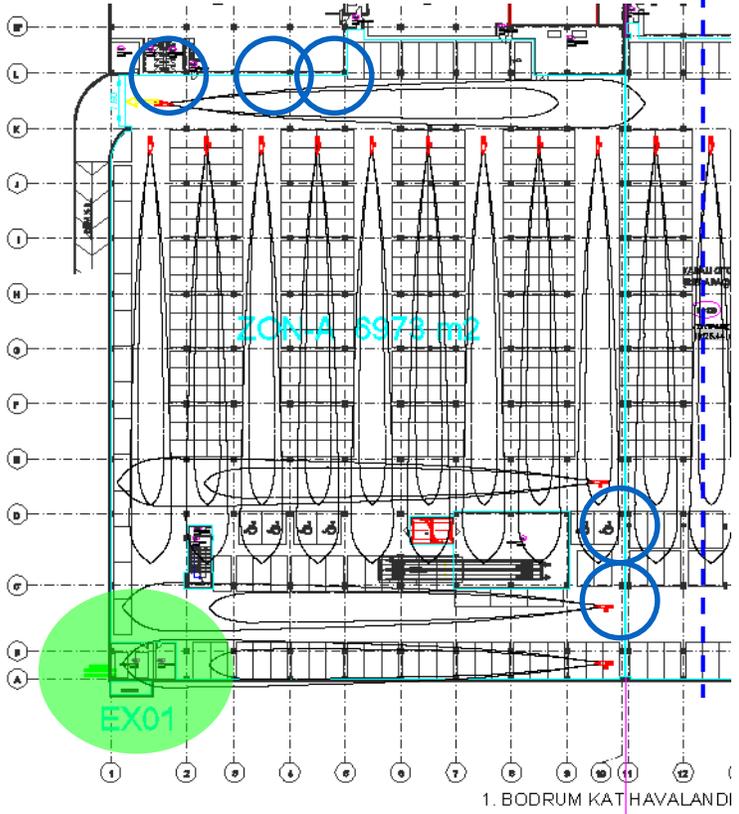
- I ventilatori a getto movimentano l'aria dal basso verso l'immissione del ventilatore e la espellono a soffitto dirigendola verso i punti di estrazione
- Creazione di un vero e proprio flusso d'aria continuo, paragonabile al flusso in un canale
- I ventilatori a getto movimentano lo strato inferiore a livello terreno, rimuovendo gli inquinanti e ventilando anche gli strati superiori ad altezza soffitto

La ventilazione è doppia : a livello inferiore e superiore. Si può garantire una maggiore efficienza del sistema di ventilazione rispetto alla soluzione canalizzata

Sistema di ventilazione a getto – posizionamento dei ventilatori

Bilanciare correttamente la portata movimentata e l'estrazione

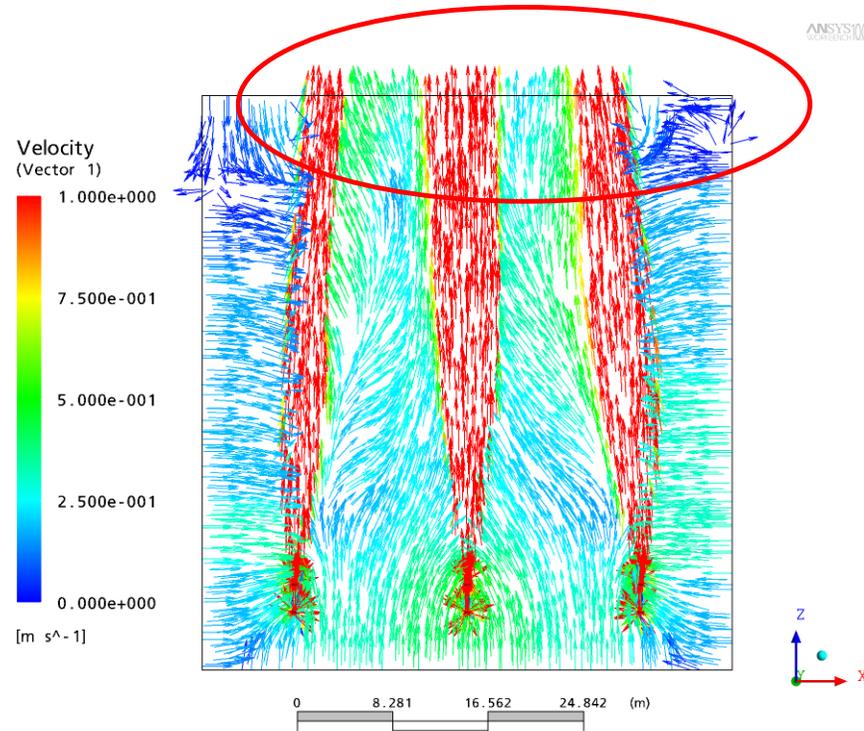
I ventilatori ha getto hanno una doppia funzione: miscelare ed accelerare l'aria verso l'estrazione



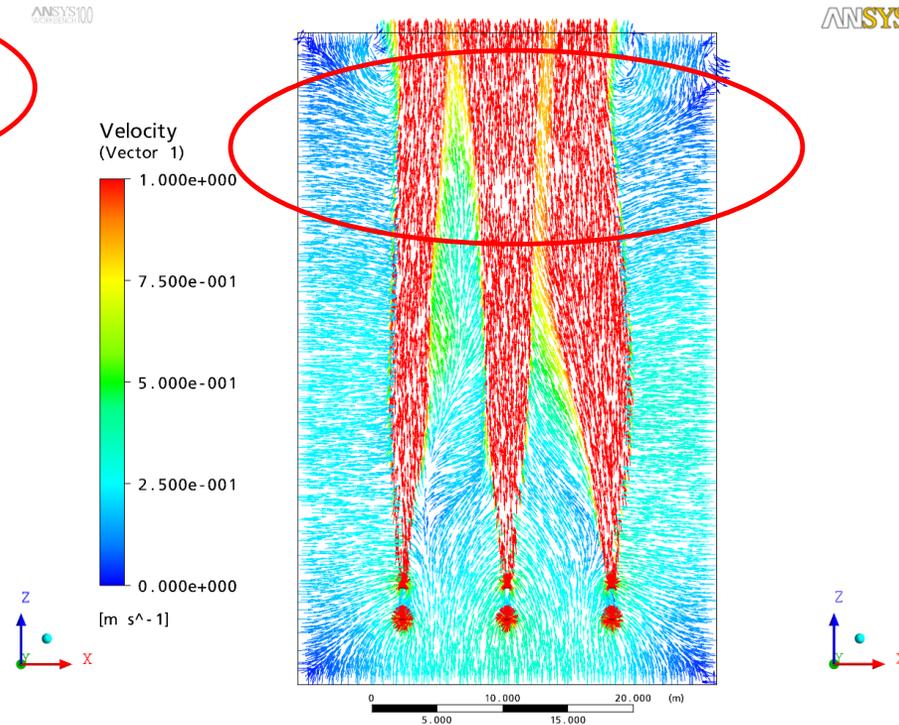
In questo esempio vi sono 5 ventilatori a getto che movimentano l'aria verso l'estrazione. E' necessario calcolare la massa d'aria indotta fornita e verificare che non ecceda la portata d'estrazione.

Coefficiente d'installazione:
 Smooth ceiling = 0.8 to 0.9
 Obstructions in front of fan(s)
 = 0.3 to 0.6 (dependant on spacing and depth)

Simulazione CFD – Distanza laterale eccessiva

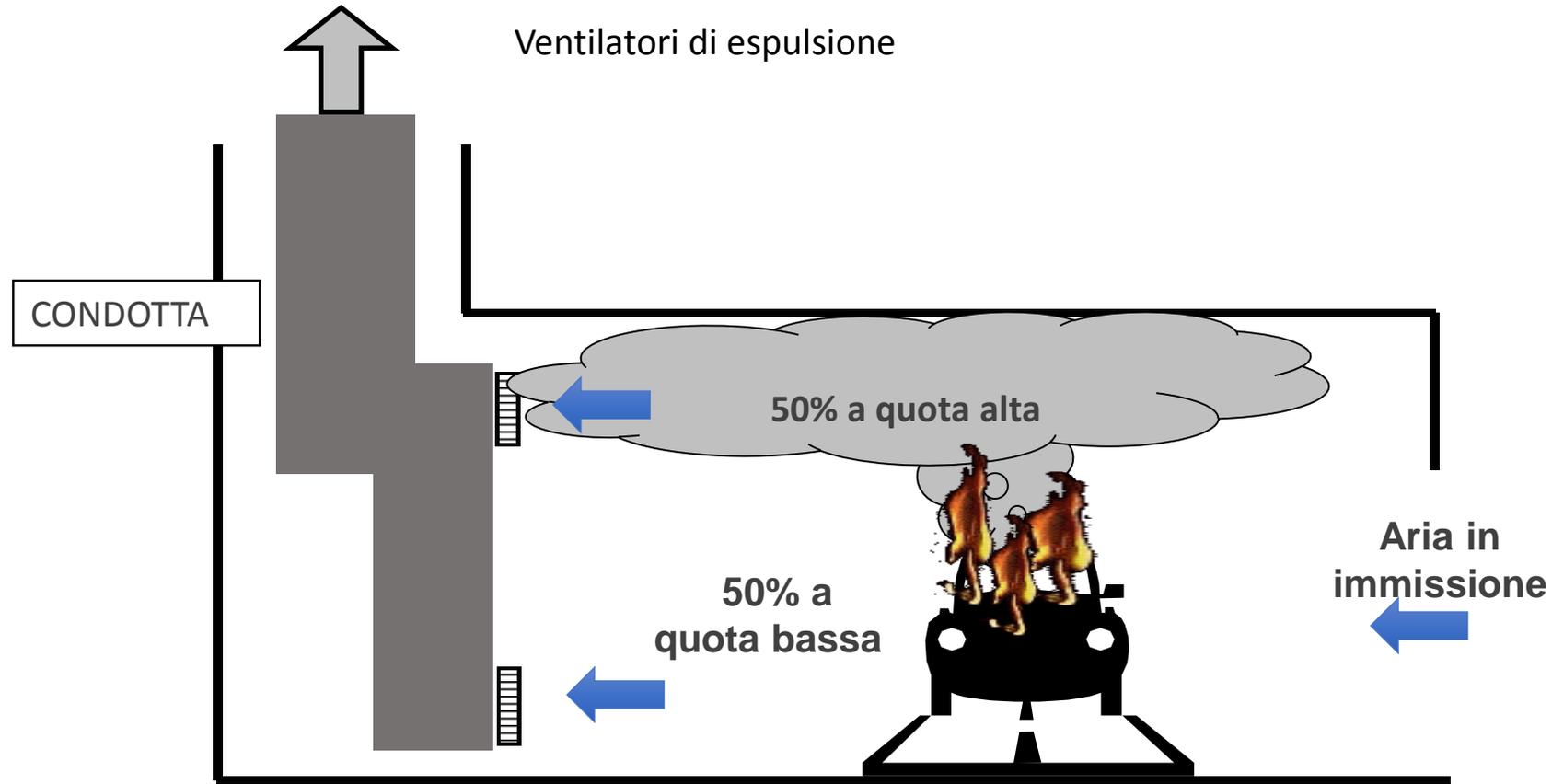


Getti dei ventilatori separati



I getti dei ventilatori si combinano per creare un nucleo centrale con $v=1$ m/s

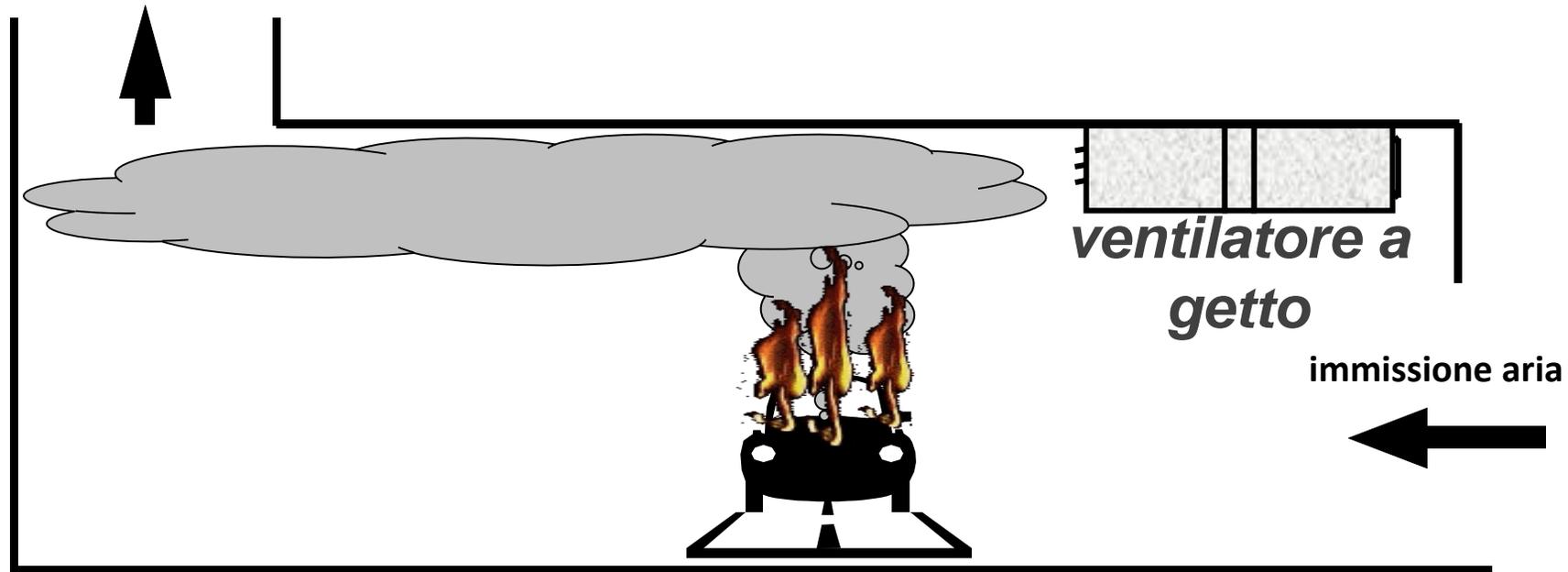
Sistema di ventilazione canalizzato



Solo il 50% del canale estrae il fumo a livello alto

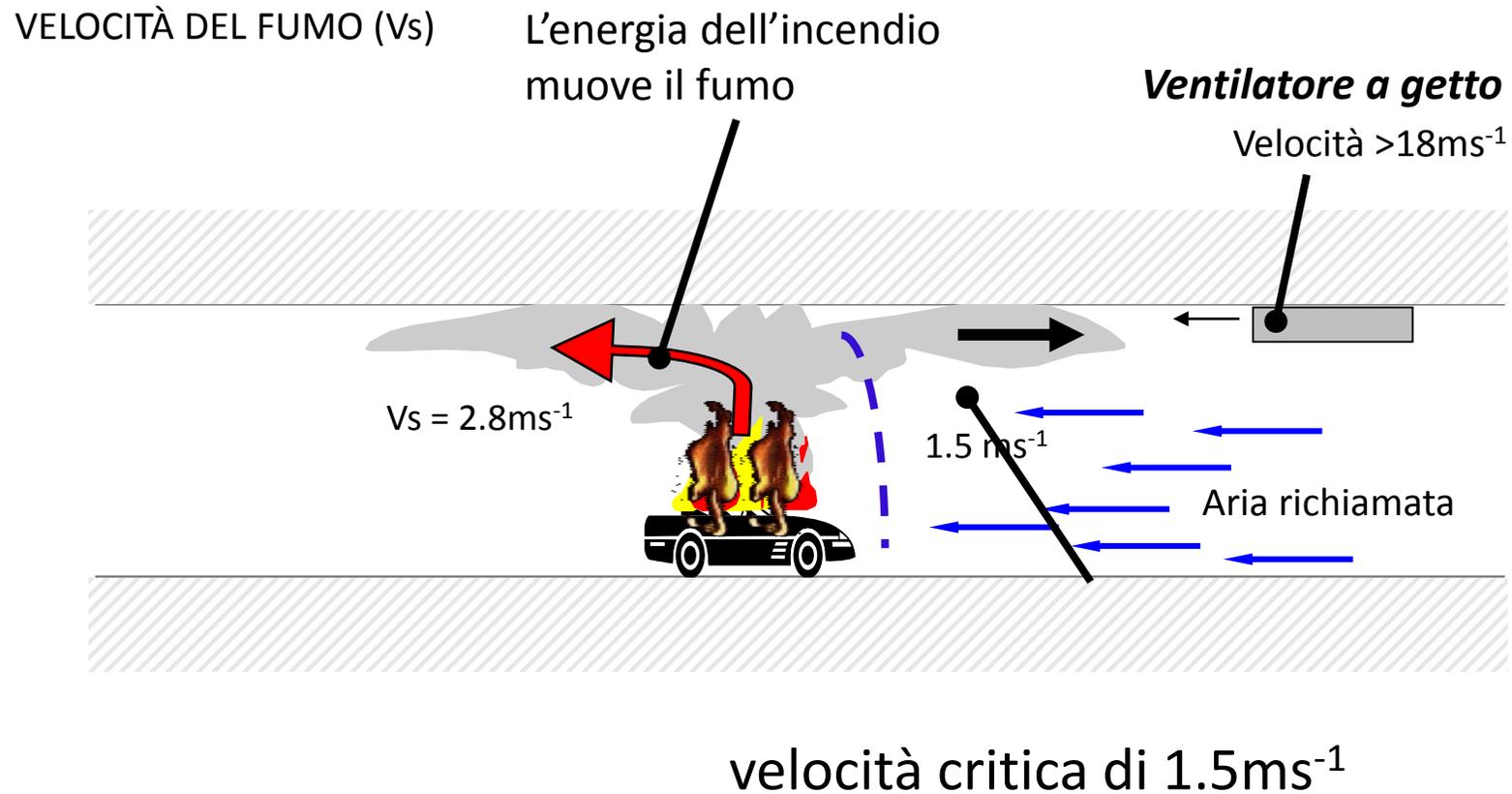
Sistema di ventilazione a getto

Ventilatori di espulsione



100% del fumo viene estratto a livello alto

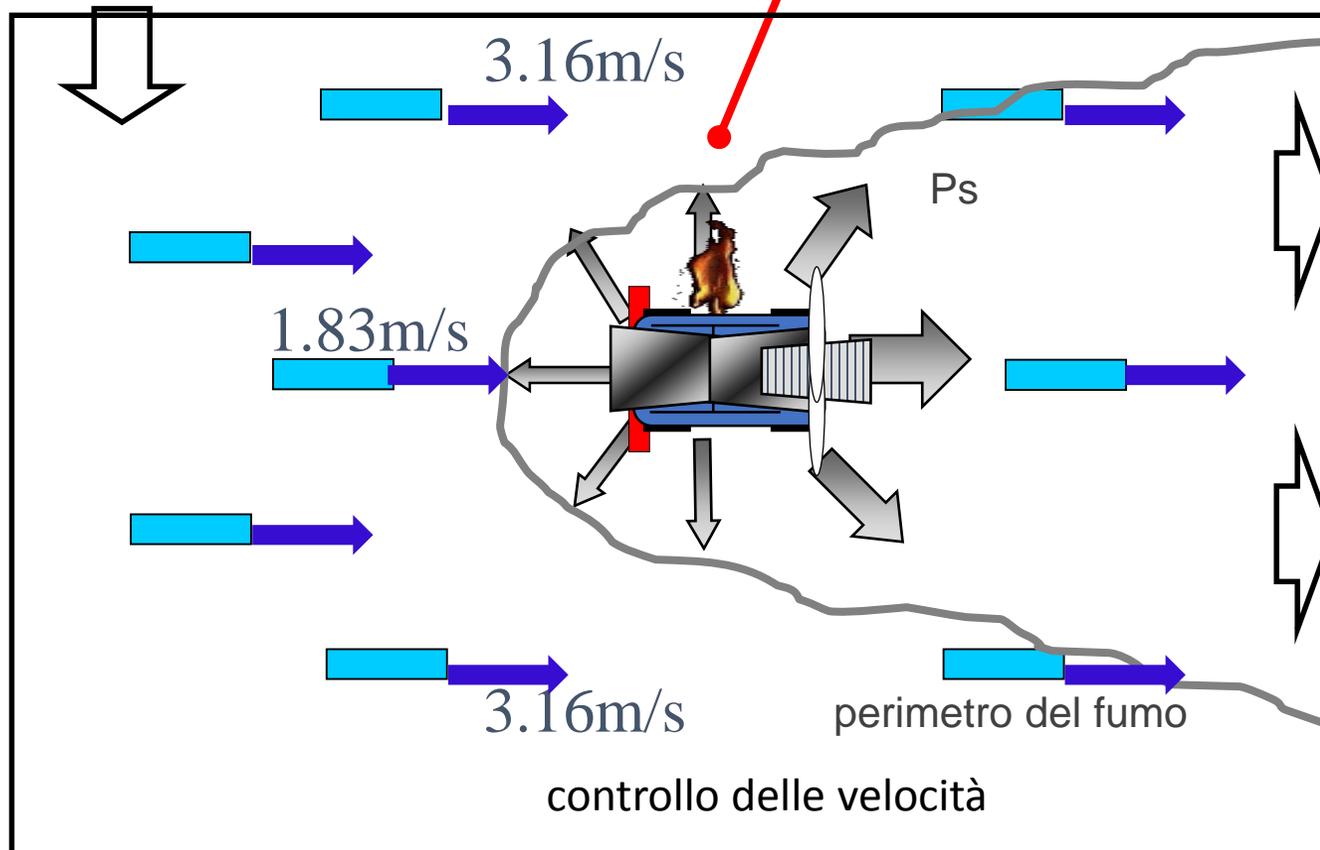
Sistema di ventilazione a getto



Sistema di ventilazione a getto

aria in ingresso
dalla rampa

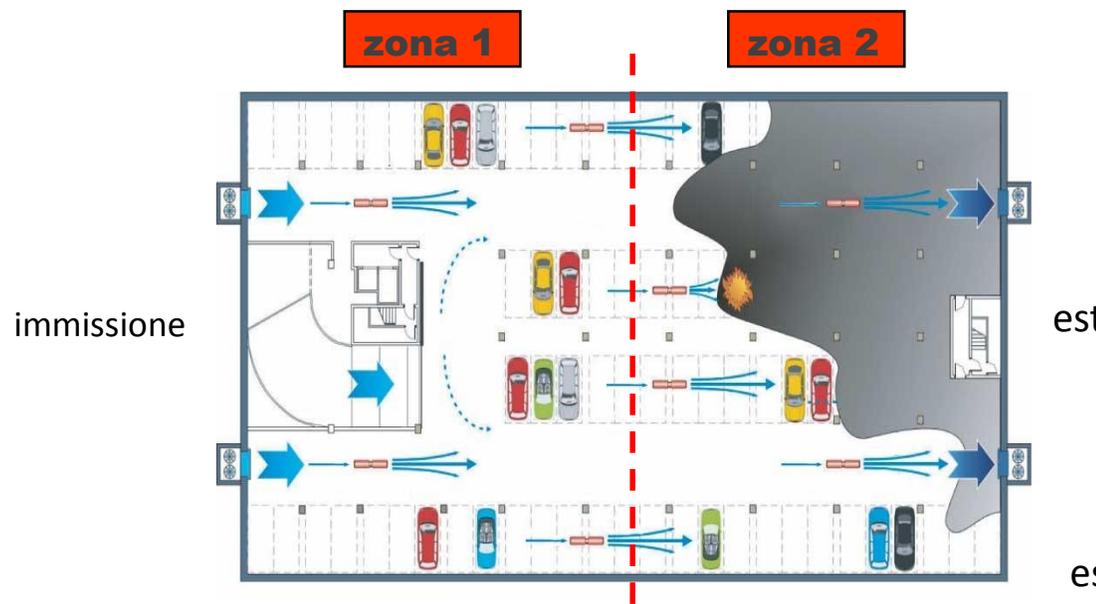
velocità maggiore necessaria
(perpendicolare all'estrazione)



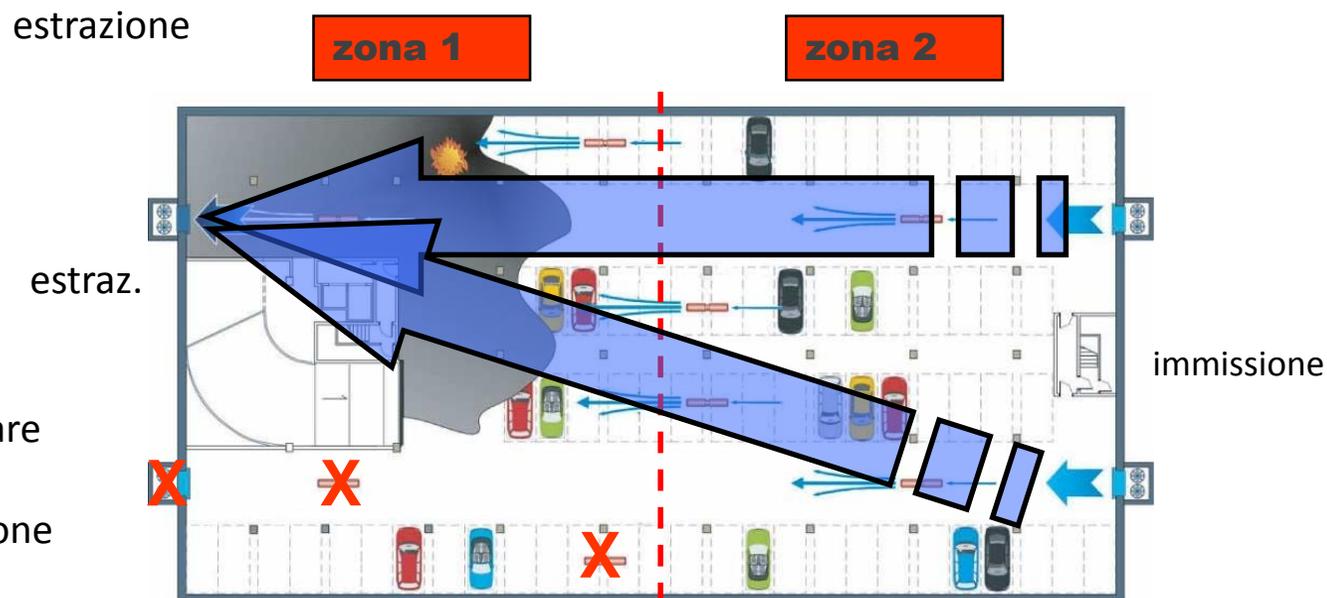
3.16m/s richiesta – per tutti i ventilatori

Sistema di ventilazione a getto

Controllo della portata – la velocità critica controlla il fumo



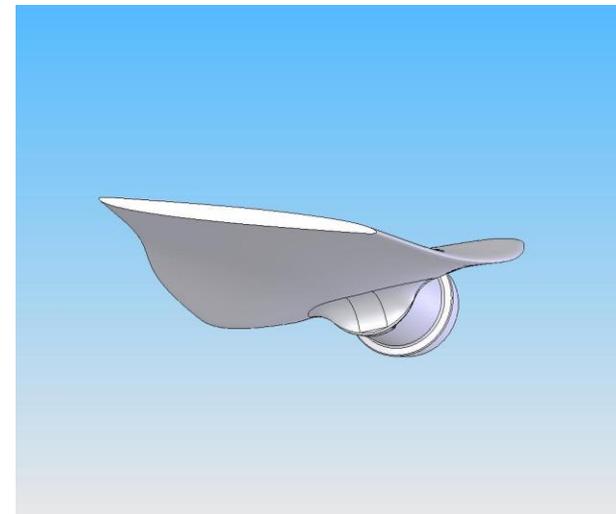
incendio in zona 1: estrazione ed immissione sono invertiti



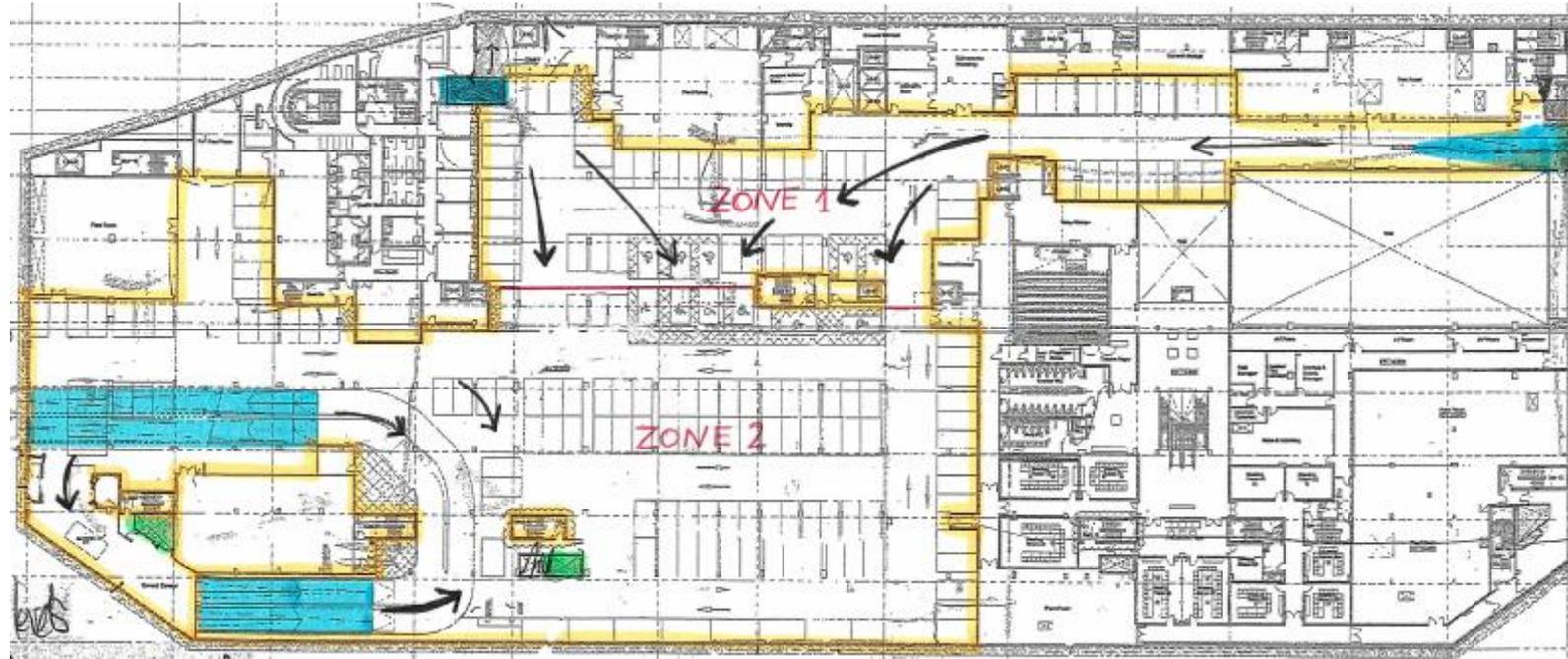
Solo alcuni ventilatori attivati per meglio controllare la diffusione del fumo
Il fumo è reindirizzato per minimizzarne la diffusione

Ventilatori a getto: caratteristiche costruttive

- Profilo totalmente simmetrico della girante per ventilatori assiali: 100% della spinta in entrambe le direzioni
- Motori a doppia velocità per garantire funzionamento dual purpose: bassa velocità (ventilazione standard), alta velocità (ventilazione in caso d'incendio)
- Ventilatori certificate HT secondo UNI EN 12101-3, prestazioni aerodinamiche testate secondo ISO 13350
- Motori eventualmente regolabili con inverter

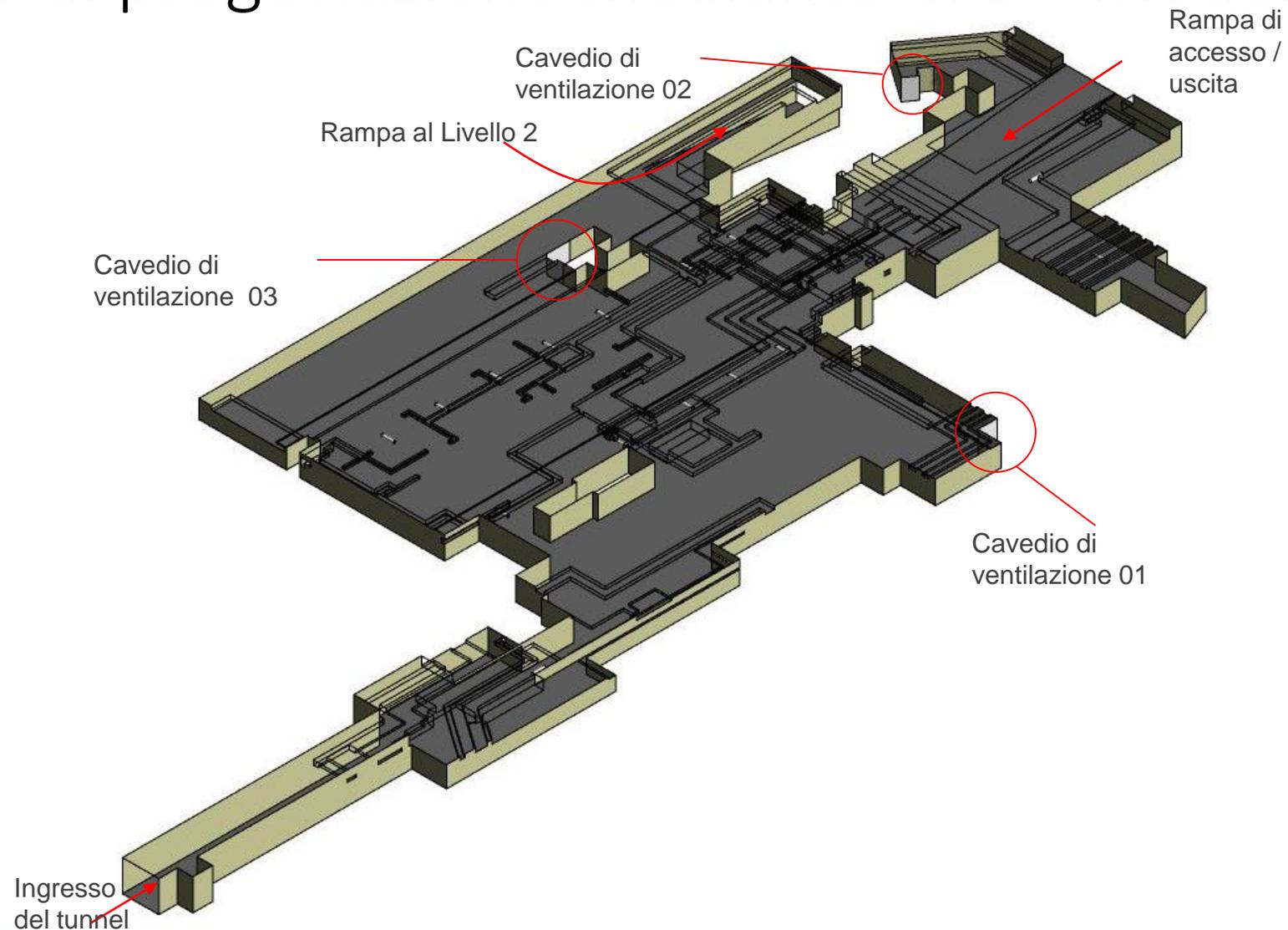


Esempio di progettazione mediante CFD

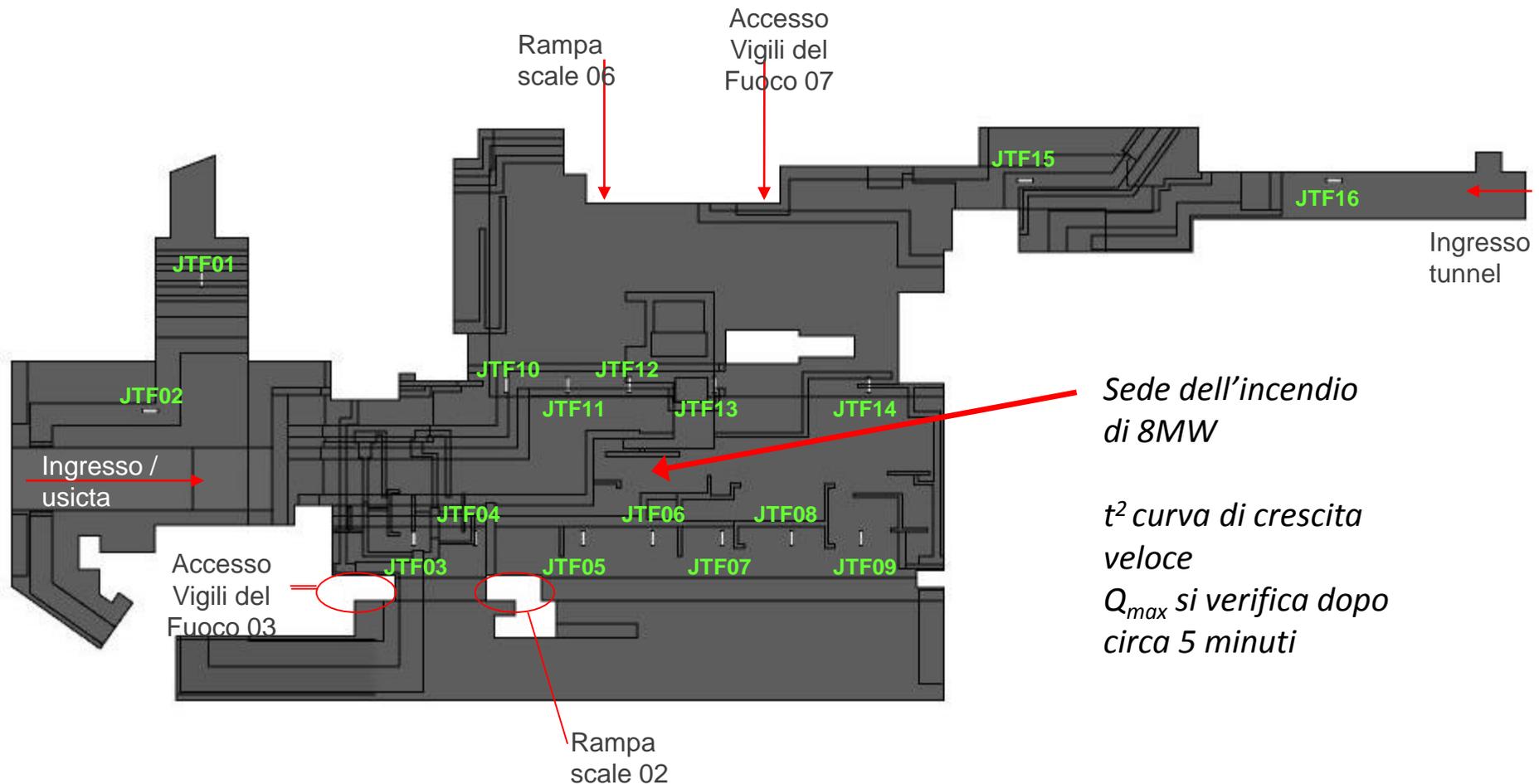


- Sistema di ventilazione progettato per il controllo del fumo al fine di permettere l'accesso dei Vigili del Fuoco alla sede dell'incendio

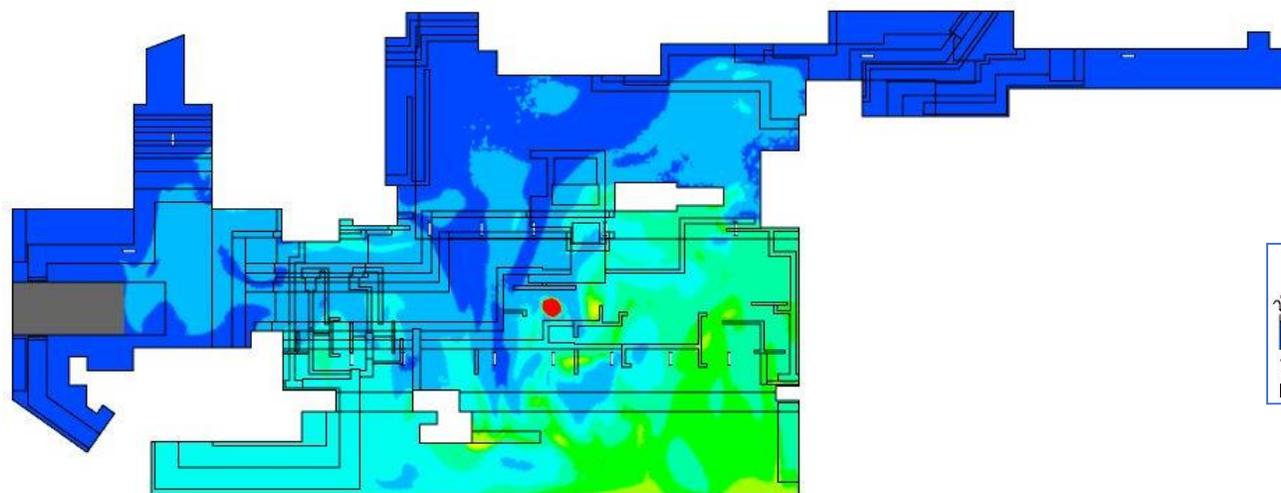
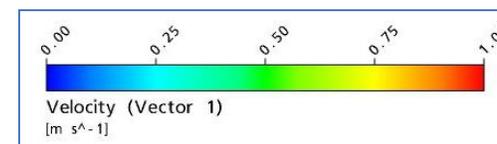
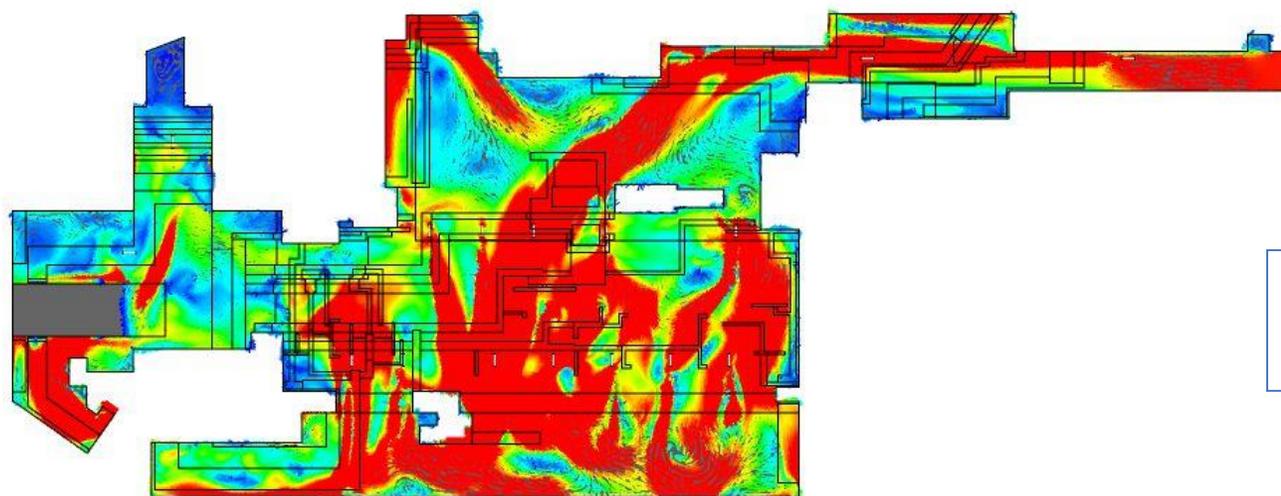
Esempio di progettazione mediante CFD - modello



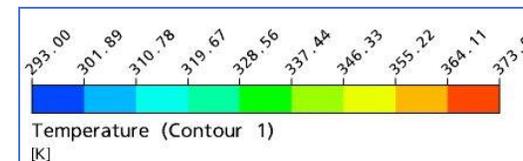
Esempio di progettazione mediante CFD - modello



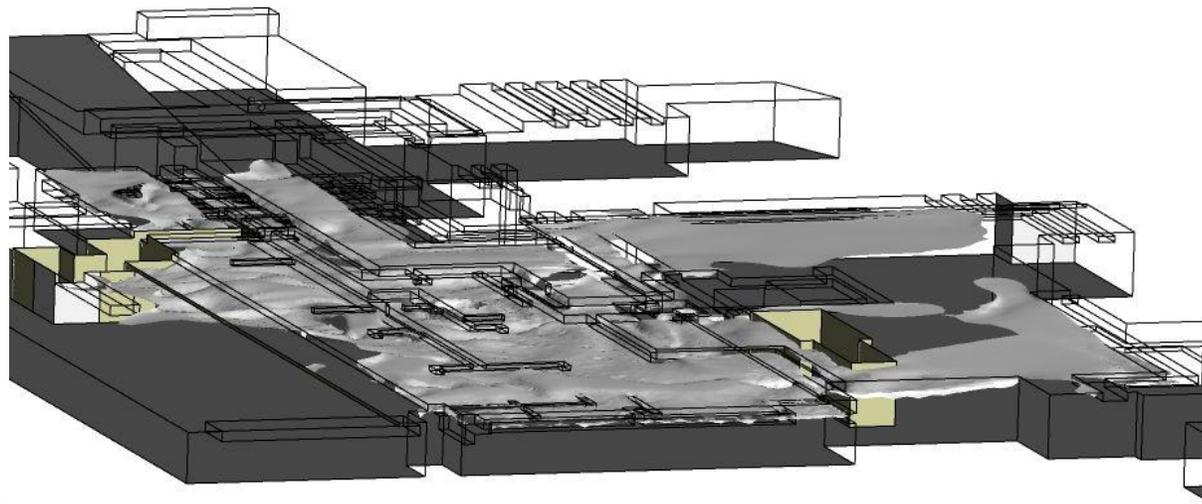
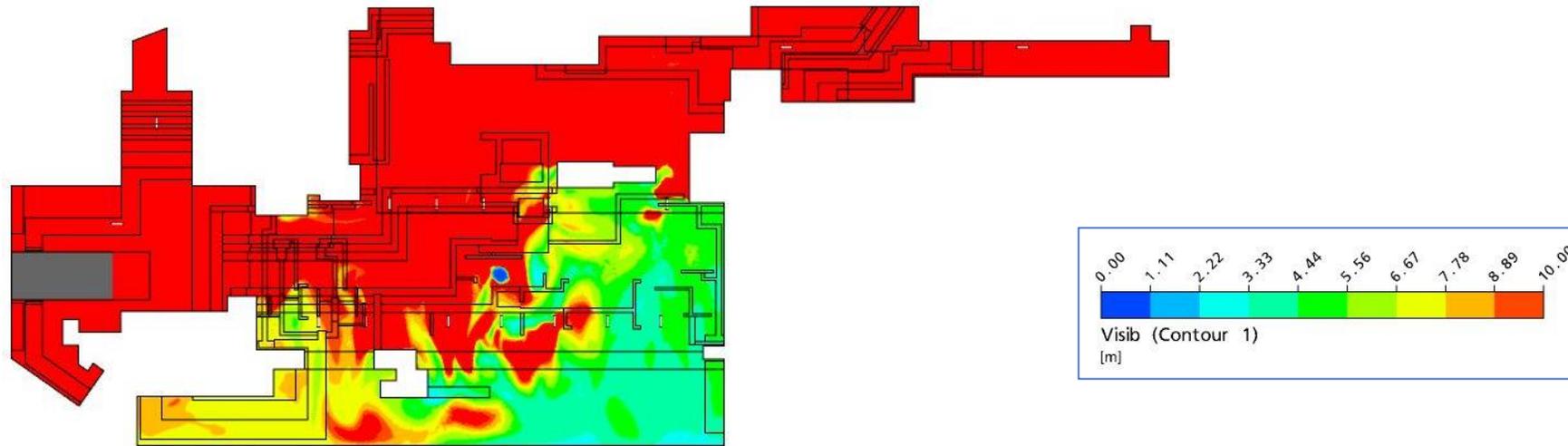
Risultati – profili di velocità e temperatura



t = 360 secondi



Risultati – Visibilità e visualizzazione del fumo



t = 360 secondi

Primo caso – Centro commerciale a Torino

Piano primo interrato – Compartimento 1 (P-1)



Figura 1.a - Planimetria *compartimento 1 (P-1)* e individuazione vie d'esodo e di accesso VVF.

Piano secondo interrato – Compartimento 2 (P-2)

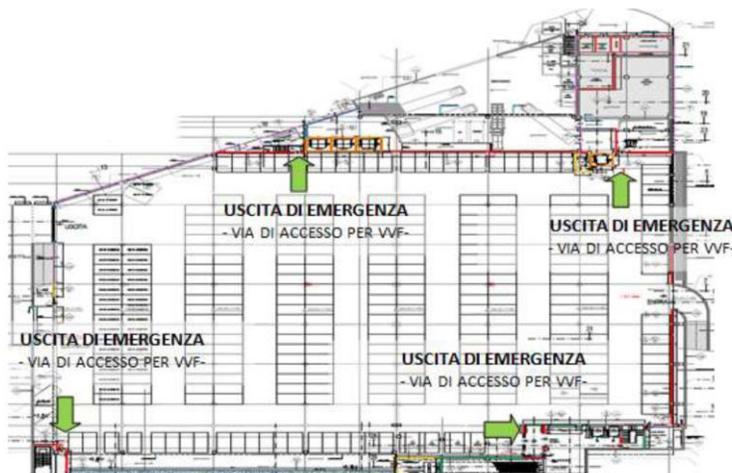


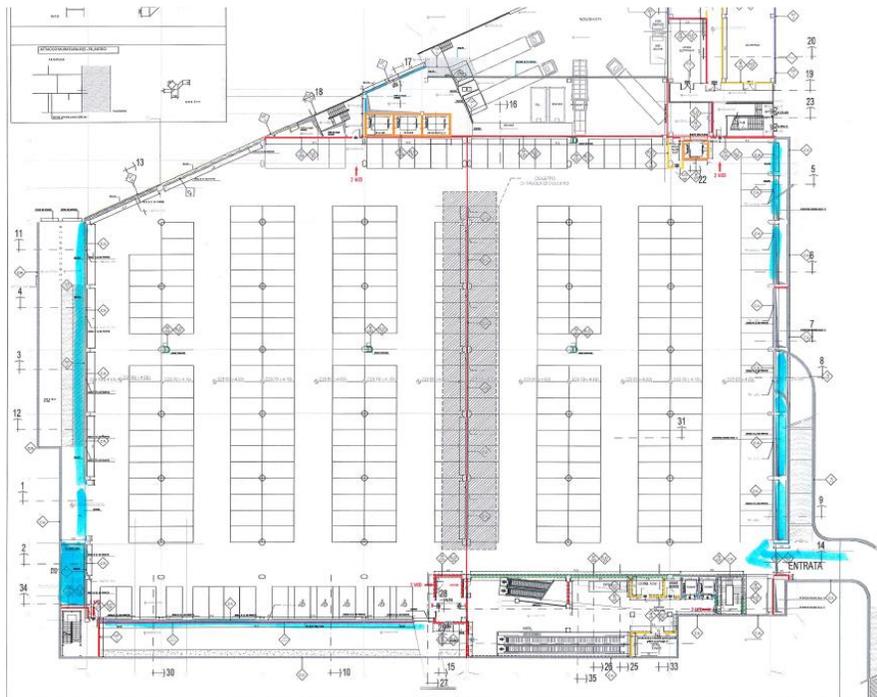
Figura 1.b - Planimetria *compartimento 2 (P-2)* e individuazione vie d'esodo e di accesso VVF.

Scopo dell'analisi

fornire una valutazione di supporto *all'installazione* del sistema di ventilazione a jet fan in relazione alle prestazioni e strategie di *gestione del fumo e del calore* secondo i principi della progettazione antincendio già approvata in deroga. Essendo, per definizione, lo scopo e il campo di applicazione dei *sistemi Jet Fan* quello di garantire l'operatività dei VVF assicurando una zona da cui poter iniziare la lotta all'incendio ed il mantenimento di un accesso sicuro per gli stessi **si considera come *regime di emergenza* il rispetto delle condizioni associate ai soccorritori e, pertanto, non agli occupanti**

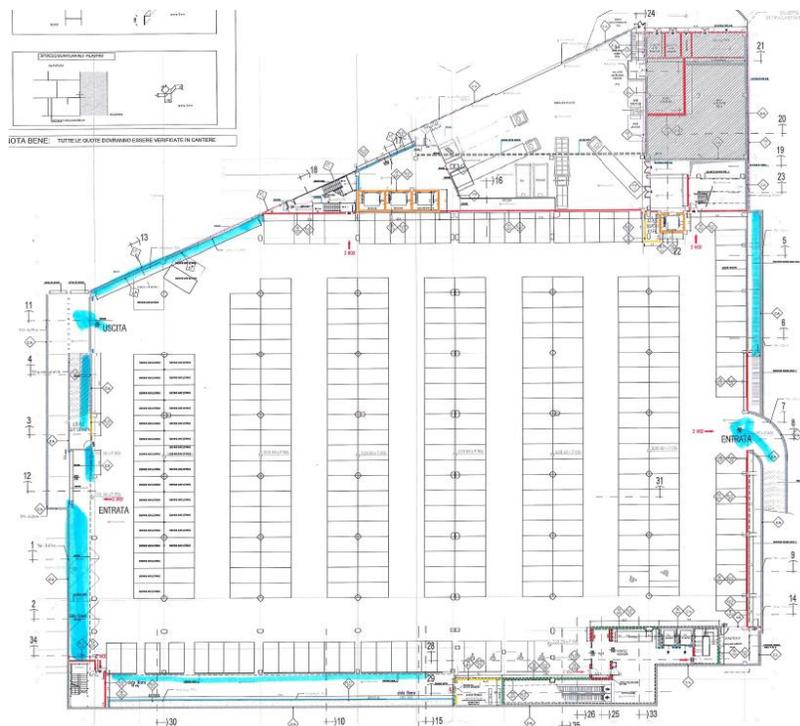
L'impianto di ventilazione meccanica Jet Fan, sia nel regime ordinario che di emergenza, sarà valutato secondo lo schema impiantistico (*jet fan ed estrattori*) proposto nella progettazione antincendio generale facendo ricorso esclusivamente ai **parametri di dimensionamento ed alle linee progettuali** indicati nella stessa, ricorrendo **all'approccio ingegneristico** e non specificatamente a norme tecniche di riferimento (es. BS 7346-7,...).

Primo caso – Centro commerciale a Torino



Piano primo interrato – Compartimento 1 (P1)

Piano secondo interrato – Compartimento 2 (P2)



Primo caso – Centro commerciale a Torino

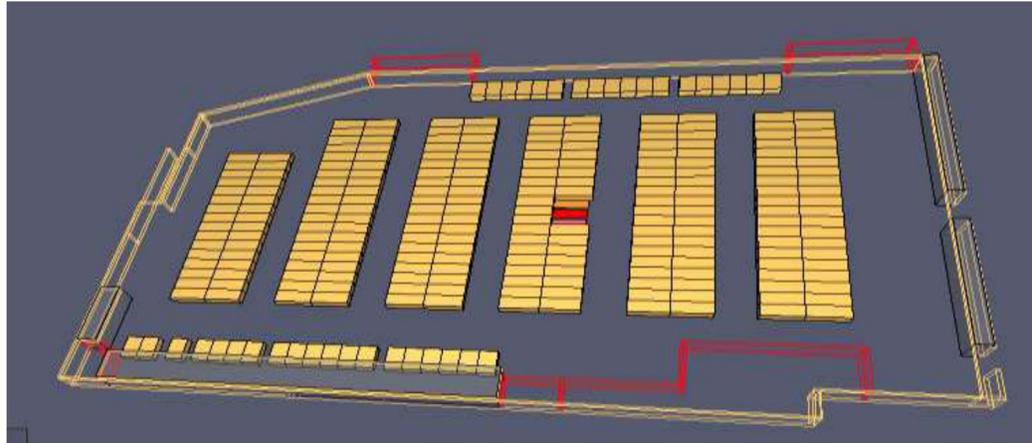
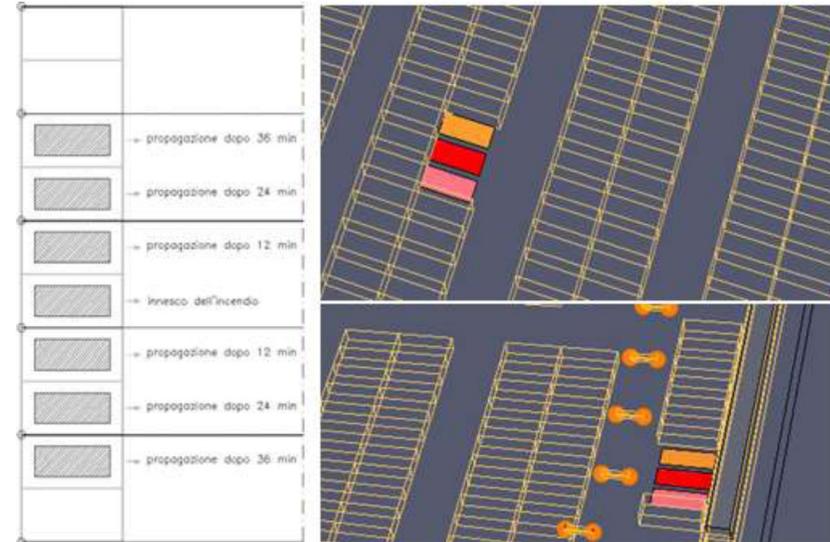


Figura 7 – Vista in 3D del volume d'indagine adottato nel modello per le simulazioni fluidodinamiche. In rosso è indicata la posizione dei vani scala/ vie d'esodo considerate come punti di accesso per i VVF.

Rappresentazione grafica della disposizione delle autovetture considerate secondo la RTV V6 - 21/2/2017 e delle vetture innescate nel modello per entrambi i compartimenti: in rosso è indicato l'elemento oggetto di innesco, mentre quelle ubicate in adiacenza allo stesso di lato rappresentano le vetture innescate dopo $t = 12$ minuti

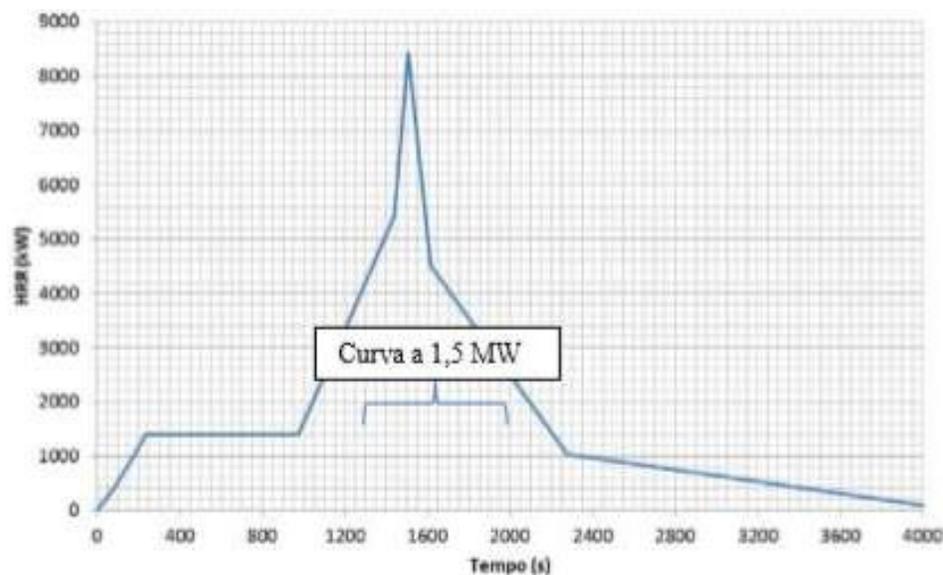


Primo caso – Centro commerciale a Torino

Regime in emergenza

La definizione dell'azione termica nonché della portata massica dei fumi prodotti sarà determinata sulla base dei parametri (es. produzione fumi y, reazione di combustione polietilene etc) e della curva di potenza termica RHR di tipo sperimentale approvata in fase di progettazione generale di prevenzione incendi riportata di seguito.

In accordo con la suddetta progettazione antincendio il valore di produzione fumi (*soot mass fraction*) è stato considerato pari a 0.02 g/g associato ad una reazione di combustione di tipo “**polietilene**”



PARAMETRI DELLA SIMULAZIONE (EMERGENZA)	VALORE
Tempo di calcolo	15 min. (900 secondi)
Curva di Potenza termica (RHR)	Da progettazione antincendio generale HRRmax=1.5MW per presenza di sprinkler
Coefficiente produzione fumi (Soot mass fraction)	$Y_s = 0,02 \text{ g/g}$ Soot Yeld reazione “polietilene”
Tempo di propagazione alle vetture adiacenti a quella di innesco	12 minuti (720 secondi)

Reazione: Polietilene	
C	2
H	4
Soot yield	0.02
CO yield	0.037

Definizione dell'azione termica: Curva RHR

Primo caso – Centro commerciale a Torino

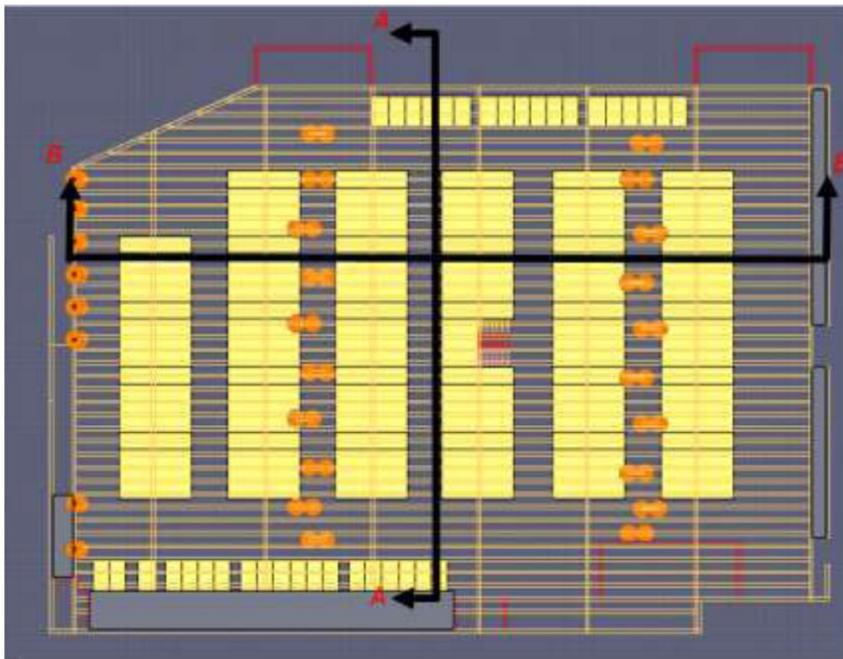


Figura 15 – Posizionamento jet fan all'interno del compartimento 1 (P-1)

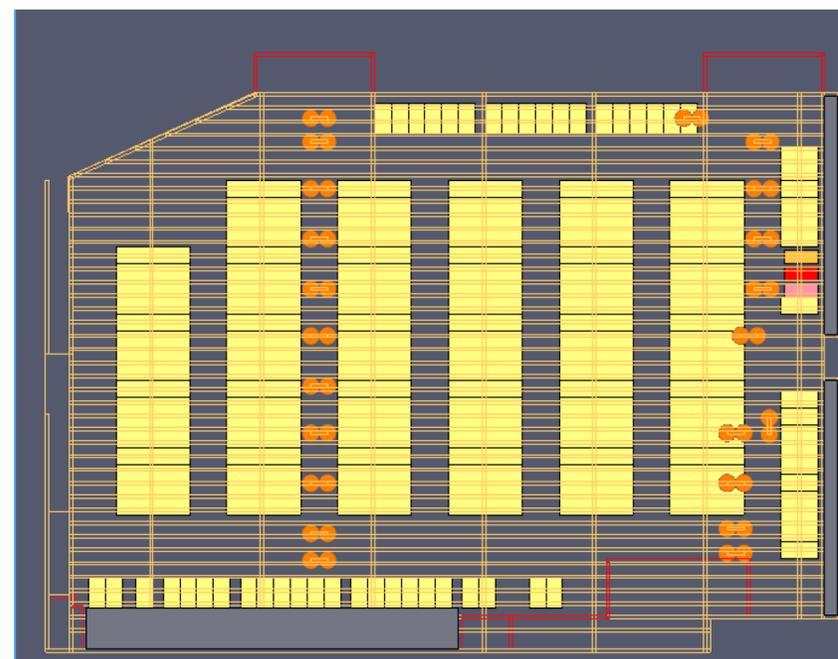


Figura 17 – Posizionamento jet fan all'interno del compartimento 2 (P-2)

Regime di emergenza

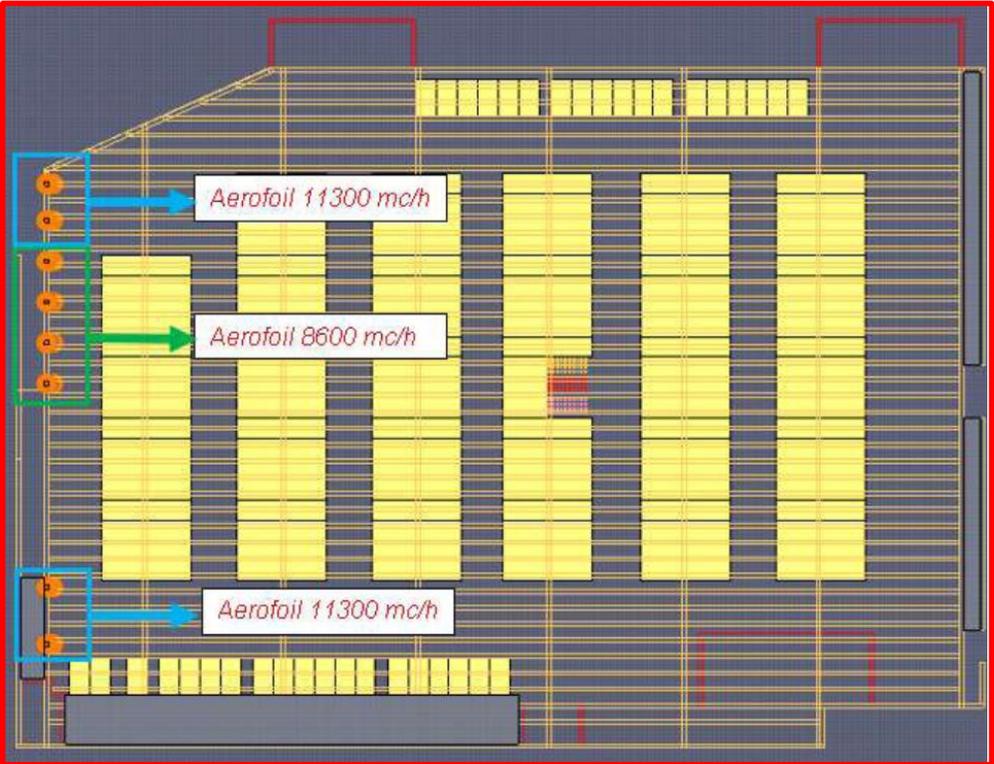
Piano primo interrato – Compartimento 1 (P-1): n. 20 jet fan (portata: 2,98 mc/s);

Piano secondo interrato – Compartimento 2 (P-2): n. 22 jet fan (portata: 2,98 mc/s)

Tempo di ritardo per l'attivazione dei jet fan pari a 210 secondi in regime di emergenza dato da $t = 30 \text{ sec.}$ (tempo entrata in funzione a pieno regime, **UNI 12101 – 3: 2015**) + $t = 180 \text{ sec}$ (tempo ritardo nell'attivazione dei jet fan per prevedere un tempo utile a permettere l'esodo degli occupanti prima che il sistema entri in funzione, "**prTS 12101-11: 2016**)

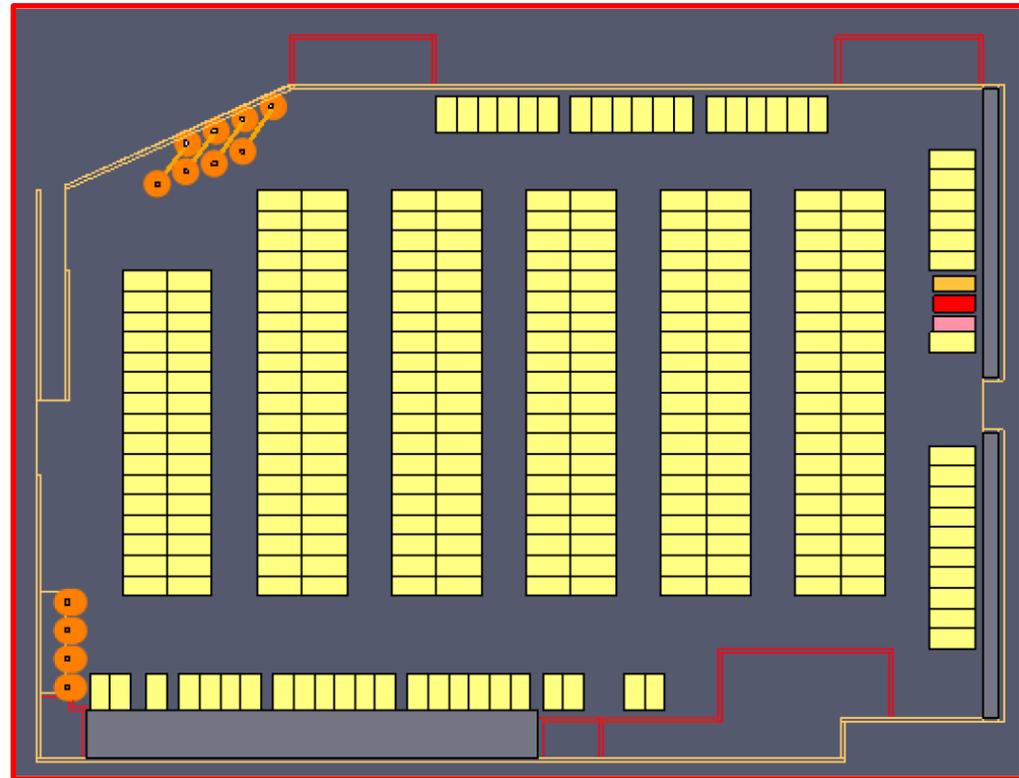
In **regime ordinario** è stata prevista una portata di 1,51 mc/s e un tempo di ritardo nell'attivazione dei jet fan pari a 300 secondi (secondo progetto antincendio generale). Tale tempo di ritardo è stato adottato nell'ottica di prevedere l'attivazione della ventilazione meccanica in corrispondenza dell'istante di tempo in cui si registra la massima concentrazione di gas prodotti dagli autoveicoli.

Primo caso – Centro commerciale a Torino



Posizionamento impianto di estrazione, comp. 1 (P-1)

Posizionamento impianto di estrazione, comp. 2 (P-2)



Primo caso – Centro commerciale a Torino

Fig. 1: 600 sec

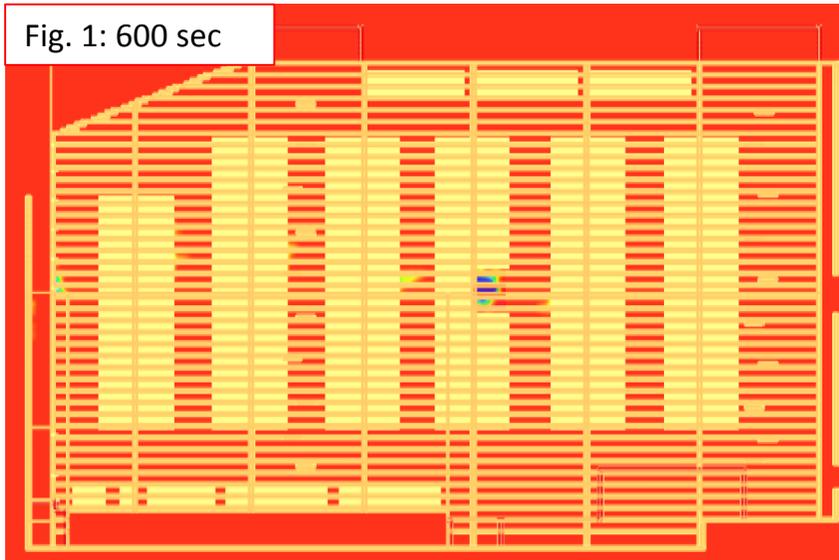


Fig. 2: 720 sec, propagazione incendio ad auto limitrofe

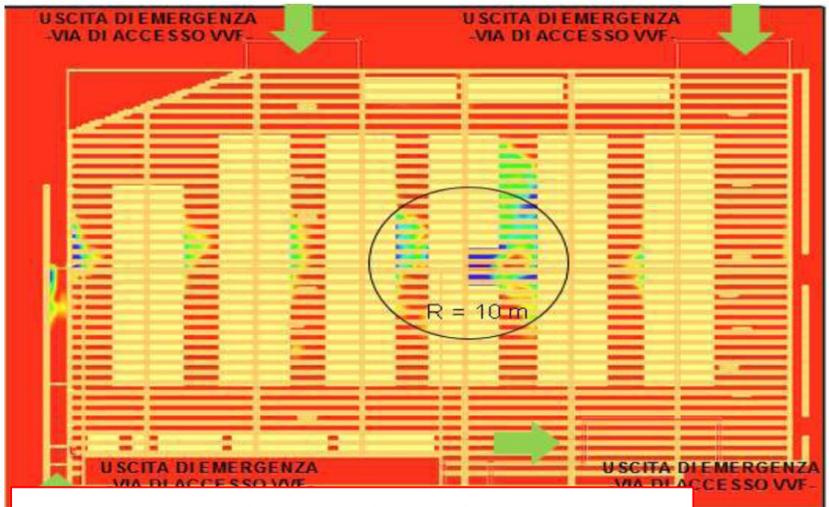
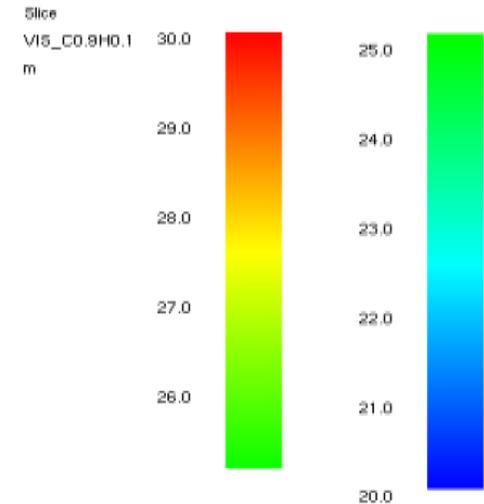
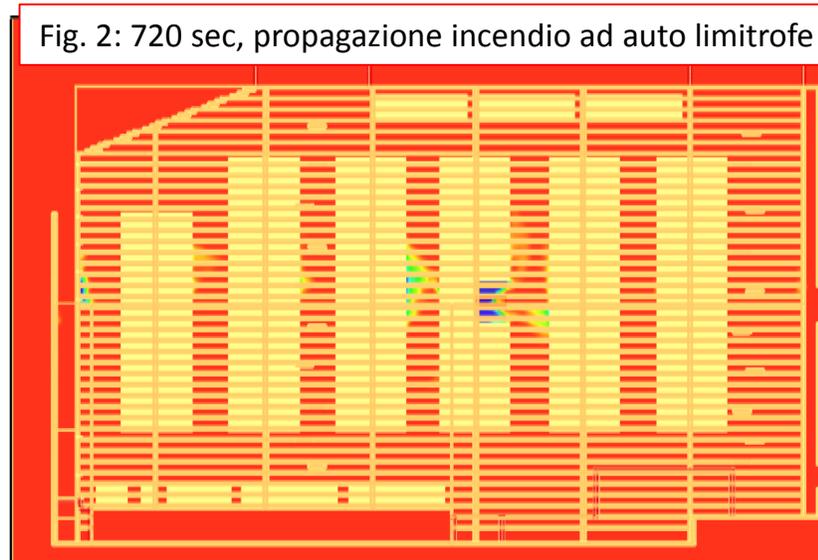


Fig. 3: 780 sec, tempo intervento VVF Torino

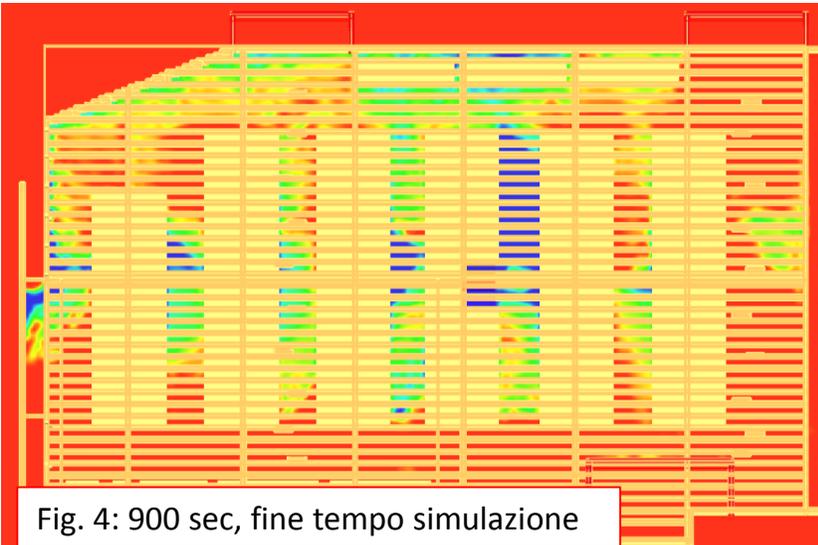


Fig. 4: 900 sec, fine tempo simulazione

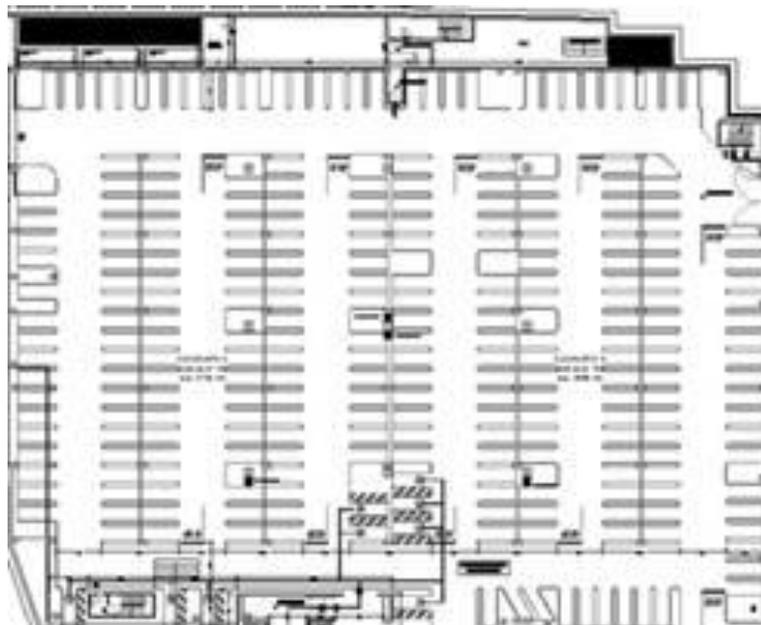
Primo caso – Centro commerciale a Torino

Conclusione

- Prima fase di lento sviluppo e propagazione (600 sec) , con una analoga produzione dei prodotti della combustione i quali, per effetto dell'abbattimento della potenza termica esercitata dall'impianto sprinkler e fino ad un tempo pari a 720 sec (massimizzazione dello sviluppo dell'incendio) ai veicoli adiacenti, risultano contenuti nell'intorno dell'innescò.
- Successivamente, per effetto di tale massimizzazione, si assiste ad un rapido incremento della produzione di fumi, i quali grazie all'azione dell'impianto di ventilazione meccanica vengono progressivamente allontanati ed espulsi, lasciando nell'intorno di 10 m dall'innescò, **una zona caratterizzata da una visibilità sempre maggiore di 10 m a quota di 1,5 m (780 sec).**
- **Successivamente, l'azione progressiva dei jet fan e l'azione contemporanea di tutti i jet fan ed estrattori, genera un efficace lavaggio degli ambienti, garantendo sempre i livelli di visibilità richiesti (900 sec).**
- **L'obiettivo dell'analisi è associato alle condizioni di visibilità al tempo di arrivo dei VVF (780 secondi), al fine di valutare conservativamente l'evoluzione del sistema le analisi sono state protratte fino ad un tempo rappresentativo di 900 secondi.**
- **Le immagini fornite mostrano ai vari istanti temporali che la condizione di visibilità per i soccorritori (10 m ad un'altezza di 1,5 m) risulta sempre verificata, in particolare al tempo di arrivo dei VVF (13 minuti – 780 secondi), garantendo tutte le vie di accesso/intervento per i VVF**



Secondo caso – ipotesi di studio



Autorimessa costituita da più piani
Superficie complessiva oltre 20.000 mq
Piani interrati circa 8.000 mq



Livello di prestazione	Descrizione
I	Nessun requisito
II	Deve essere possibile smaltire fumi e calore dell'incendio da piani e locali del compartimento durante le operazioni di estinzione condotte dalle squadre di soccorso
III	Deve essere mantenuto nel compartimento uno strato libero dai fumi che permetta: <ul style="list-style-type: none"> • la salvaguardia degli occupanti e delle squadre di soccorso, • la protezione dei beni, se richiesta. Fumi e calore generati nel compartimento non devono propagarsi ai compartimenti limitrofi.

Secondo caso – ipotesi di studio

Obiettivo

- mantenimento di un'**altezza libera da fumi non inferiore a 2m** per un periodo di tempo commisurato all'esodo degli **occupanti** (misura antincendio *S4 – Esodo*) ed un'**altezza libera da fumi non inferiore a 1,5m** per un periodo di tempo commisurato all'arrivo delle **squadre di soccorso** ed i tempi per operare in sicurezza (Livello III di prestazione).
- mantenimento di **temperature dello strato di fumi caldi inferiori a 200°C per gli occupanti e a 250°C per i soccorritori** per i medesimi intervalli di tempo
- Tempo di verifica:
 - Occupanti: 9 min (ASET > RSET)
 - Soccorritori: 30 min

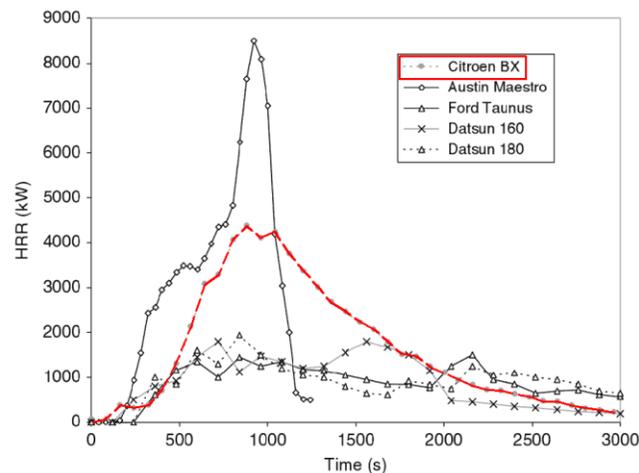
Prestazione	Soglia di prestazione	Riferimento
Altezza minima dei fumi stratificati dal piano di calpestio al di sotto del quale permanga lo strato d'aria indisturbata	Occupanti: 2 m	Ridotto da ISO TR 16738-2009, section 11.2
	Soccorritori: 1,5 m	[1]
Temperatura media dello strato di fumi caldi	Occupanti: 200°C	ISO TR 16738-2009, section 11.2
	Soccorritori: 250°C	[1]

[1] Ai fini di questa tabella, per *soccorritori* si intendono i componenti delle squadre aziendali opportunamente protetti ed addestrati alla lotta antincendio, all'uso dei dispositivi di protezione delle vie aeree, ad operare in condizioni di scarsa visibilità. Ulteriori indicazioni possono essere desunte ad esempio da documenti dell'Australian Fire Authorities Council (AFAC) per *hazardous conditions*.

par. M.3.5. del DM 03/08/2015

Secondo caso – ipotesi di studio

Fig. 26.88 HRR of cars tested at FRS and VTT

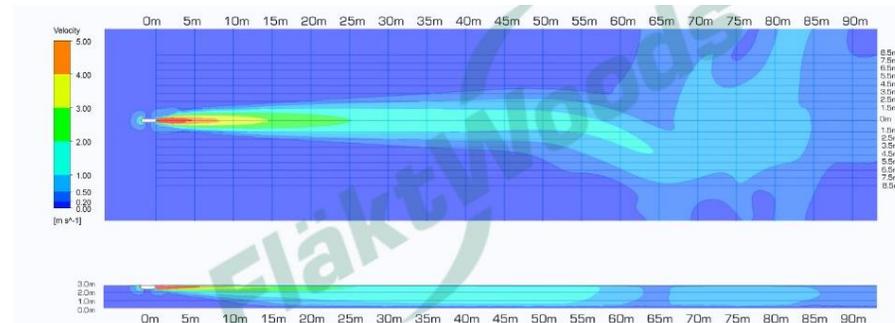


Andamento curva di crescita termica ricavata da prove di laboratorio sviluppate da FRS da VTT

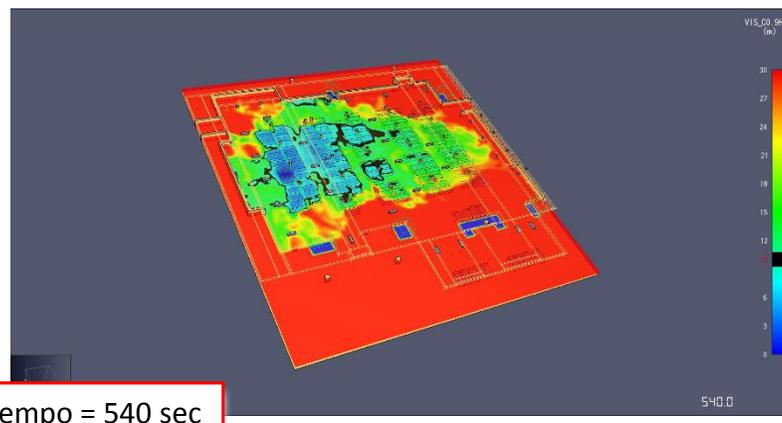
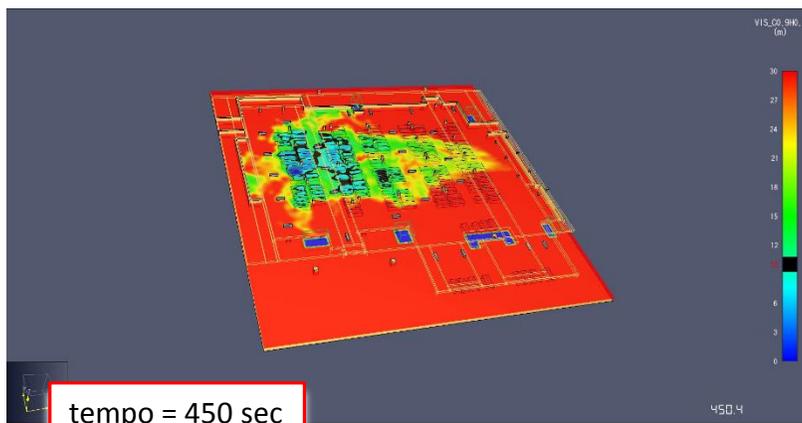
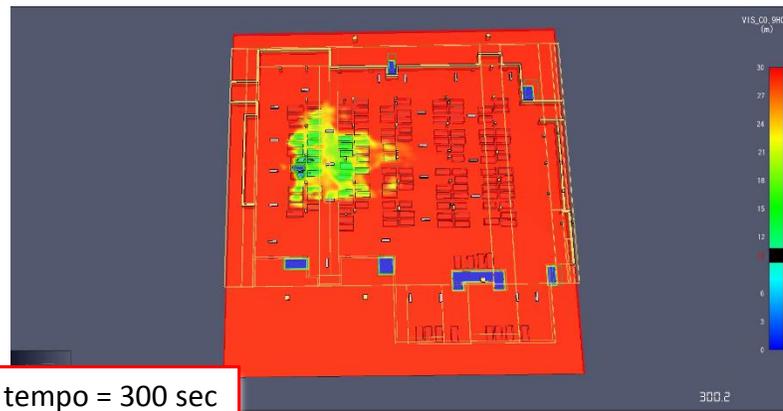
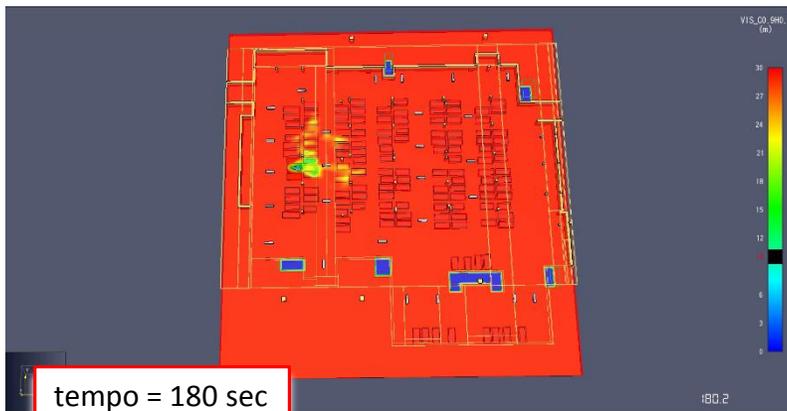
- **Tempo di calcolo: 30 min**
- **Potenza incendio: RHR_{max} 4500 kW**
- **Tempo propagazione alle vetture adiacenti: 12 min**
- **Estrazione: 3 vol/h (diluizione inquinanti) – oltre 10 vol/h (incendio)**
- **Immissione: 3 vol/h (diluizione inquinanti) – 70% portata estrazione (incendio)**
- **No 26 ventilatori a getto, motore doppia velocità**

Parametri della simulazione

Portate di ventilazione

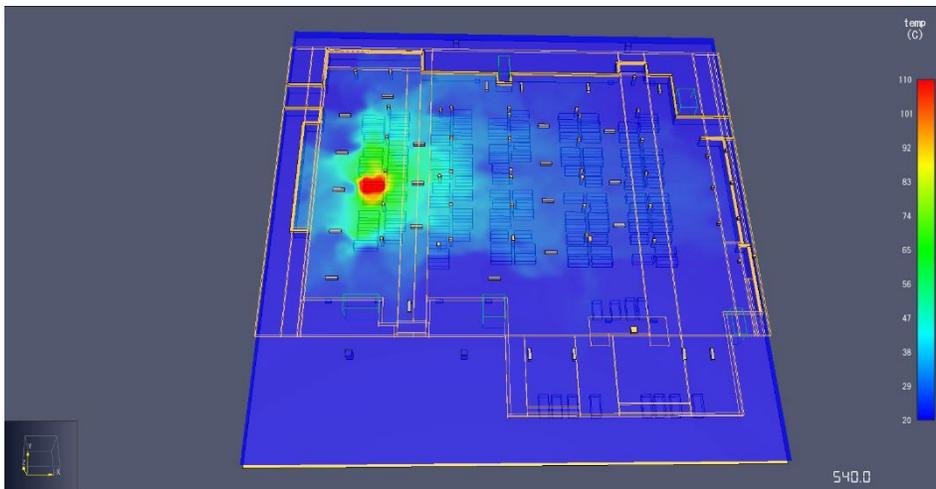
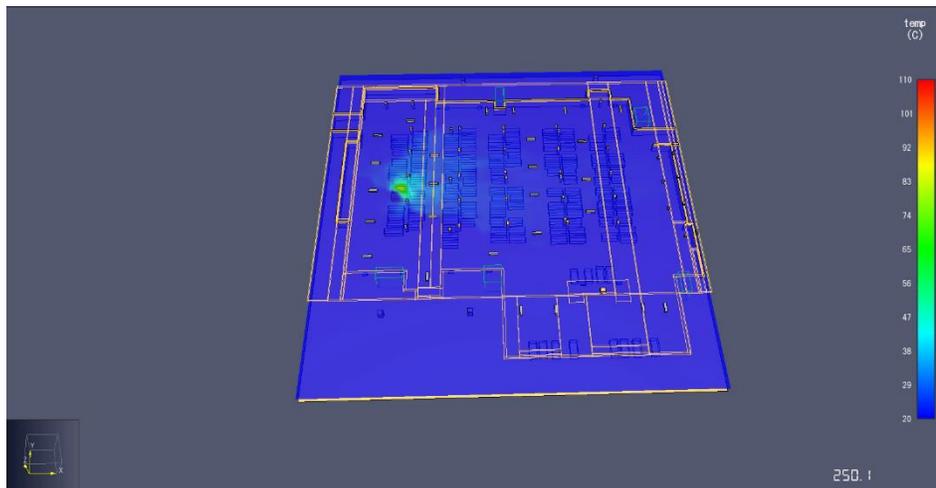


Secondo caso – ipotesi di studio

Salvaguardia occupanti**Visibilità**

- **10 m** ad h=2m in prossimità delle vie di fuga fino al tempo finale di esodo (540 sec)
- **Possibilità di accesso delle squadre di soccorso**

Secondo caso – ipotesi di studio



Salvaguardia occupanti

tempo = 250 sec

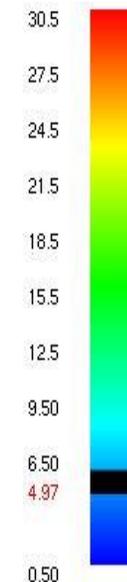
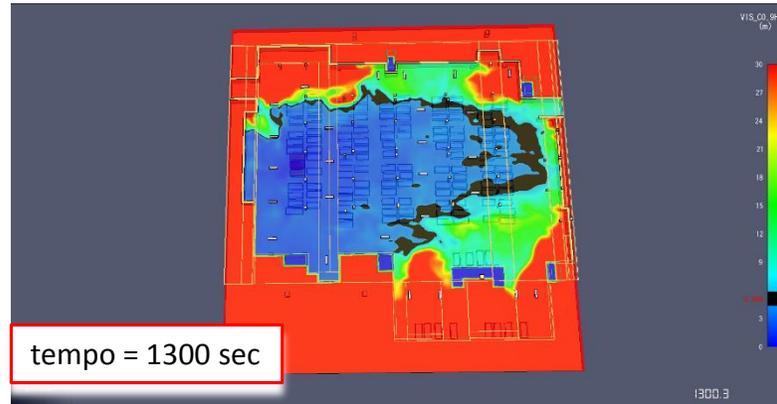
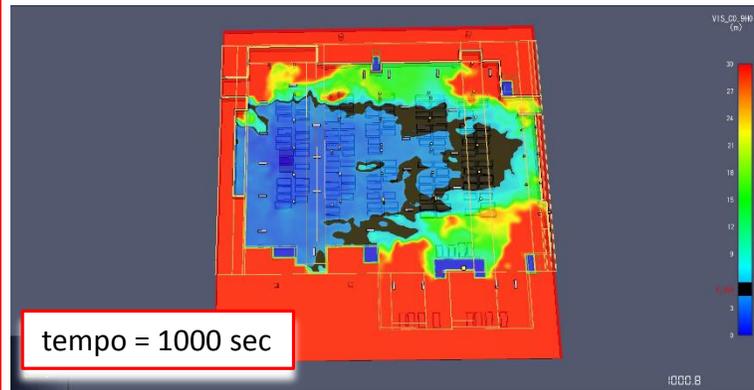
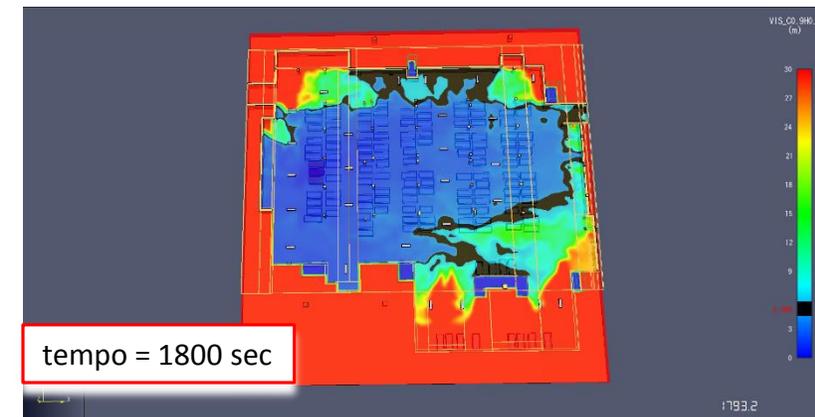
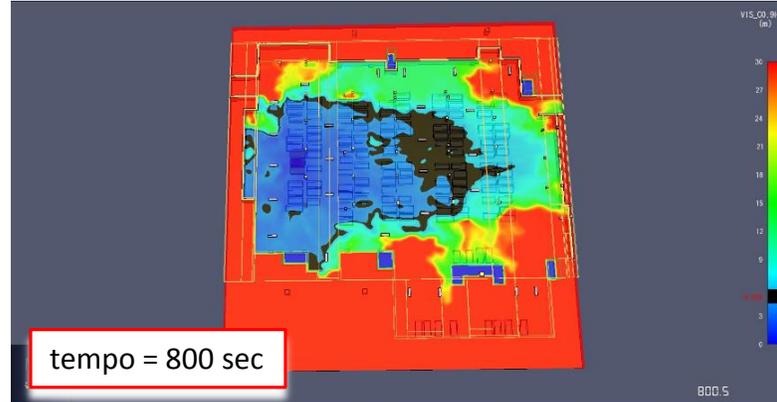
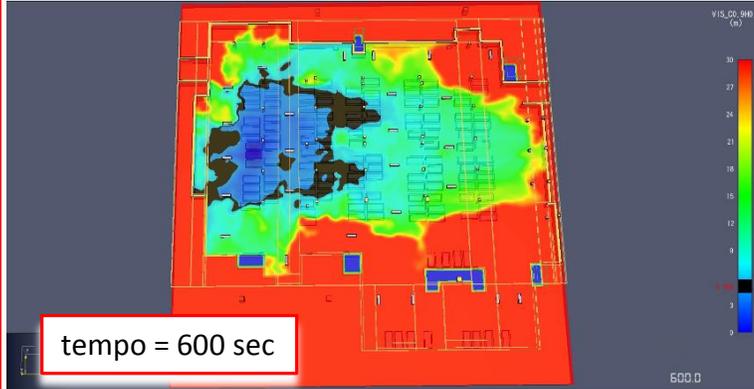
Temperatura media dello strato di fumi
Valori che non superano i **110°C**

tempo = 540 sec



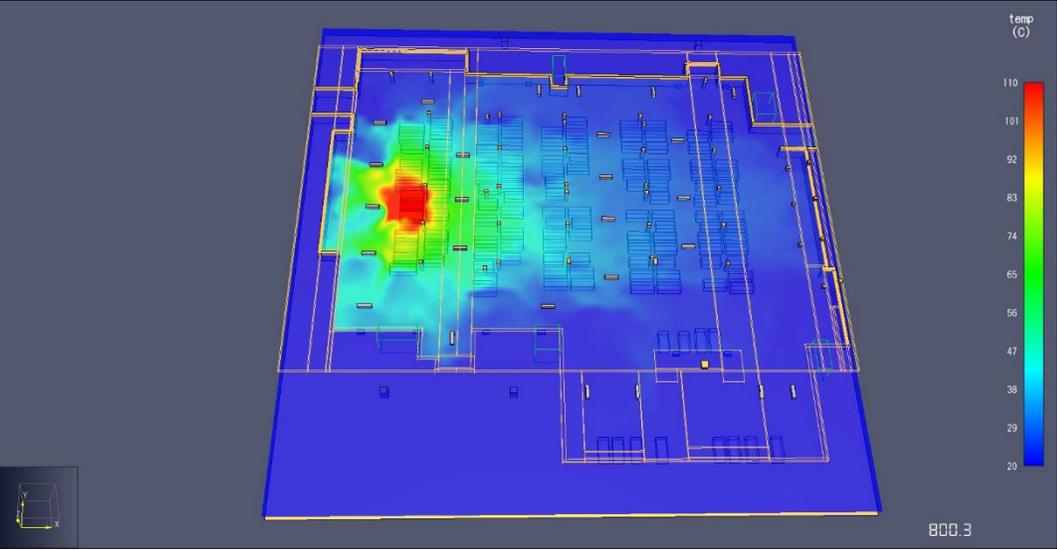
Secondo caso – ipotesi di studio

Salvaguardia dei soccorritori



Visibilità per i soccorritori (5m ad un'altezza di 1.5m) in corrispondenza delle vie di esodo. Solo al termine della durata (30 min) la via di esodo più prossima all'innesco risulta compressa

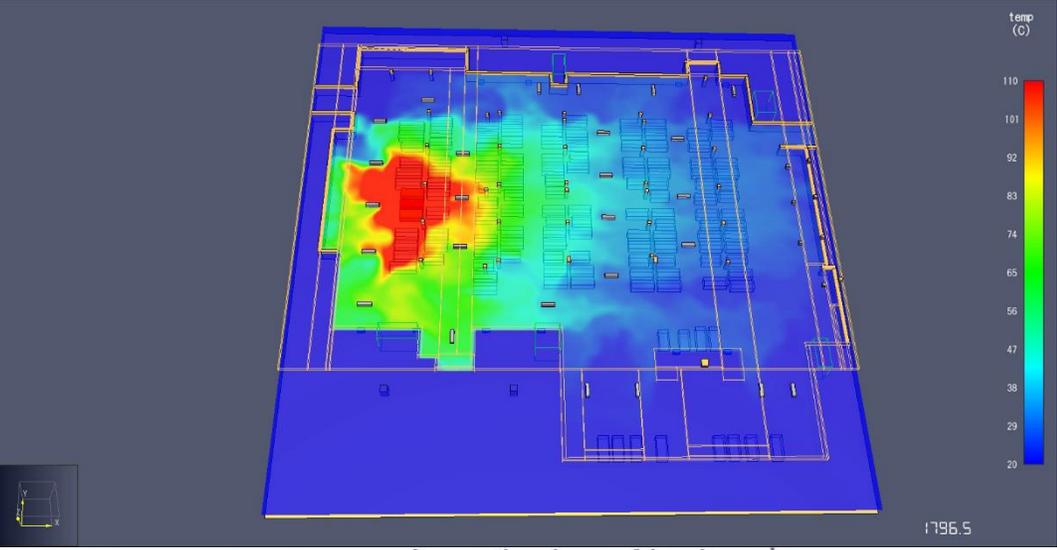
Secondo caso – ipotesi di studio



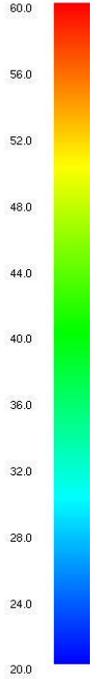
Salvaguardia dei soccorritori

Temperatura media dello strato di fumi: max circa 60°C

tempo = 800 sec



tempo = 1800 sec



Sistema canalizzato vs Sistema a getto

Sistema canalizzato

- Maggiori dimensioni del sistema di estrazione
- Controllo non sempre ottimale della distribuzione del flusso d'aria
- Maggiori perdite di carico
- Costi elevati di installazione
- Maggiore rumorosità
- Notevole ingombro a soffitto dei canali
- Non reversibilità del sistema in generale

Sistema a getto

- *Ridurre il dimensionamento del sistema di estrazione*
- *Controllo ottimale della distribuzione del flusso d'aria*
- *Diminuzione delle perdite di carico*
- *Costi ridotti di installazione*
- *Minore rumorosità*
- *Pulizia a soffitto (ingombro limitato dei ventilatori)*
- *Reversibilità del sistema*
- *Costi di manutenzione contenuti*