

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. IMPIANTI INDUSTRIALI E TECNOLOGICI

PROGETTO DEFINITIVO

**ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA
II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA**

FFP in galleria Hirpinia, Area sicura, Finestra e locali tecnologici interni

Impianto Estrazione Fumi

Relazione di calcolo

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

IF1V 02 D 17 CL AI0907 001 A

| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Autorizzato Data |
|------|---------------------|------------|-------------|----------------|-------------|-----------|-------------|---|
| A | Emissione Esecutiva | C. Mancone | Agosto 2018 | V. Iannuccilli | Agosto 2018 | D. Aprea | Agosto 2018 | A. Falaschi Agosto 2018 |
| | | | | | | | | ITALFERR S.p.A. U.O. IMPIANTI INDUSTRIALI E TECNOLOGICI Dott. Ing. ALFREDO FALASCHI Ordine Ingegneri di Viterbo N. 363 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

IF1V 02 D 17 CL AI0907 001 A

n. Elab.: 558



ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA
II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA

PROGETTO DEFINITIVO
FFP in galleria Hirpinia, Area sicura, Finestra e locali tecnologici interni
Impianto Estrazione Fumi

| | | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-----------|------------------|------|---------|
| RELAZIONE DI CALCOLO | PROG. | LOTTO | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | REV. | FOGLIO |
| | IF1V | 02 | D 17 CL | AI0907 001 | A | 2 di 16 |

INDICE

| | |
|--|-----------|
| 1) GENERALITÀ..... | 3 |
| 1.1) PREMESSA..... | 3 |
| 1.2) OGGETTO DELL'INTERVENTO..... | 3 |
| 1.3) CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE | 3 |
| 2) NORMATIVE DI RIFERIMENTO | 4 |
| <i>Norme tecniche applicabili.....</i> | <i>4</i> |
| <i>Bibliografia di riferimento</i> | <i>4</i> |
| 3) CALCOLO PORTATA | 6 |
| MODELLI DI INCENDIO ED EQUAZIONI UTILIZZATE | 6 |
| CRITERI E CALCOLI DI DIMENSIONAMENTO DEGLI IMPIANTI PER IL CONTROLLO DEL FUMO E DEL CALORE | 8 |
| <i>Calcolo della portata dei fumi</i> | <i>8</i> |
| <i>Confronto con altre tipologie di carrozze</i> | <i>11</i> |
| 4) CALCOLO PREVALENZA..... | 13 |
| ESTRAZIONE FUMI DAL SOPRABANCHINA..... | 15 |
| 5) RIEPILOGO RISULTATI..... | 16 |



ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA
II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA

PROGETTO DEFINITIVO
FFP in galleria Hirpinia, Area sicura, Finestra e locali tecnologici interni
Impianto Estrazione Fumi

| | | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-----------|------------------|------|---------|
| RELAZIONE DI CALCOLO | PROG. | LOTTO | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | REV. | FOGLIO |
| | IF1V | 02 | D 17 CL | AI0907 001 | A | 3 di 16 |

1) GENERALITÀ

1.1) Premessa

Il presente documento ha per oggetto la descrizione degli impianti safety a servizio del FFP nella galleria Hirpinia della tratta Hirpinia Orsara.

Parte integrante di questo documento, soprattutto per la descrizione delle funzioni nei singoli locali del complesso, sono lo schema e la planimetria con la rappresentazione delle reti principali di distribuzione e la disposizione delle apparecchiature.

L'elaborato è rappresentativo del solo impianto di estrazione fumi, per gli altri impianti e per gli aspetti architettonici e strutturali si rimanda ai relativi specifici elaborati.

1.2) Oggetto dell'intervento

Le opere oggetto del seguente intervento comprendono la realizzazione, presso i bypass dell'area sicura della galleria, degli impianti safety costituiti sostanzialmente da:

- impianto estrazione fumi a servizio del FFP interno alla galleria alla Hirpinia.

1.3) Criteri generali di progettazione

Le soluzioni proposte, nel rispetto della normativa e legislazione vigente, sono caratterizzate dall'affidabilità e dalla economicità di gestione.

Nelle scelte progettuali sono stati considerati i seguenti fattori :

- semplicità di funzionamento per ottenere una notevole affidabilità del sistema e dei suoi componenti;
- massima standardizzazione dei componenti per avere la garanzia di una futura facile reperibilità sia in caso di modifiche che di sostituzione in fase manutentiva o per invecchiamento;
- frazionabilità di ogni sezione del sistema per ottenere una gestione flessibile, economica e di facile controllo;
- adattabilità degli impianti alle strutture del complesso, soprattutto nell'ottica di garantire una facile accessibilità durante le operazioni di manutenzione e controllo;
- sicurezza degli impianti nei confronti degli utenti e delle condizioni di utilizzo.

| | | | | | | |
|---|--|-------|---------|------------|------------------|---------|
|  | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA PROGETTO DEFINITIVO FFP in galleria Hirpinia, Area sicura, Finestra e locali tecnologici interni Impianto Estrazione Fumi | | | | | |
| | RELAZIONE DI CALCOLO | PROG. | LOTTO | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | REV. |
| | IF1V | 02 | D 17 CL | AI0907 001 | A | 4 di 16 |

2) NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Si elencano i principali riferimenti normativi per i vari impianti.

Norme tecniche applicabili

- **NFPA 92 A** “Standard for smoke-control systems utilizing barriers and pressure differences”;
- **NFPA 92 B** “Standard for smoke management systems in malls, atria and large spaces”;
- **NFPA 204 M** “Standard for smoke and heat venting”;
- **NFPA 101** " Life safety code”;
- **NFPA 1** “Fire Code and Handbook”;
- **Nfpa 130** “Standard for fixed guideway transit and passenger rail systems”
- **UL 555 S** "Leakage rated dampers for use in smoke control system”;
- **UNI 9494** " Progettazione e installazione dei Sistemi di Evacuazione Forzata di Fumo e Calore (SEFFC)”;

Bibliografia di riferimento

- **Design of smoke management system** – J.H. Klote –J.A. Milke –Ashrae & Society of fire protection engineers;
- Kennedy, W.D. (1996) “**Critical Velocity: Past, Present and Future**”, Phil. Trans. R. Soc. London A, 356, pp. 2873-2906.
- Lee, C.K., Hwang, C.C., Chaiken, R.F. and Singer, J.M., 1979a, “**Interaction Between Duct Fires and Ventilation Flow: An Experimental Study,**” Combustion Science and Technology v. 20, pp. 59-72.
- Lee, C.K., Hwang, C.C., Singer, J.M. and Chaiken, R.F., 1979b, “**Influence of Passageway Fires on Ventilation Flows,**” International Mine Ventilation Congress, Reno, NV, Nov. 4-8, pp. 448-454.
- **Large scale test to evaluate mass flow of smoke in line plumes** – a. Porter – flow of smoke trough openings seminar, june 13, brehamwod – london: society of fire safety engineers.
- **A simplified approach to smoke venting calculation** – h. P. Morgan building research establishment information paper 19/95.



ITINERARIO NAPOLI – BARI
 RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA
 II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA

PROGETTO DEFINITIVO
 FFP in galleria Hirpinia, Area sicura, Finestra e locali tecnologici interni
 Impianto Estrazione Fumi

| | | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-----------|------------------|------|---------|
| RELAZIONE DI CALCOLO | PROG. | LOTTO | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | REV. | FOGLIO |
| | IF1V | 02 | D 17 CL | AI0907 001 | A | 5 di 16 |

- **Smoke control methods in enclosed shopping complexes of one or more stories: a design summary** – h.p. morgan – building research establishment report.
- **Smoke control in atrium building** – hansell, g.o. 1988 – building standards – july/august pp. 14-23,35-37.
- **Smoke control in atrium buildings using depressurization** - g.o. hansell. And h.p. morgan 1988 – pd 66/88 barehamwood, herfordshire, uk: fire research station.
- **Engineering relations for fire plumes** – heskestad g. 1982 – sfpe tr 82-8 – boston: society of fire protection engineers.
- **Note on maximum rise of fire plumes in temperature stratified ambients** - heskestad g. 1989a – fire safety journal 15:271-276.
- **Environments of fire detectors – phase i:effect of fire size, ceiling height and materials volume ii** – heskestad g. And m.a. delichatsios 1977 – analysis (nbs-gcr-77-95) gaithersburg - md: national bureau of standards.
- **Smoke control by stairwell pressurization** – klote j.h. 1980 – engineering applications of fire technology workshop pp 137-158 – boston ma: society of fire protection engineers;
- **Smoke control methods in enclosed shopping complexes of one or more storeyes: a design summary** – morgan h.p. 1979 – borehamwood hertfordshire uk: fire research station;
- **Comments on a note on smoke plumes from fires in multi-level shopping malls.** – morgan h.p. 1987 – fire safety journal 12; 9-35;
- **Atrium buildings: calculating smoke flows in atria for smoke-control design** – morgan h.p. and g.o. hansell 1987 – fire safety journal 12: 9-35;
- **Smoke control measure in a covered two-story shopping mall having balconies and pedestrian walkways** – morgan h.p. and n.r. marshall 1979 – building research establishmet cp11/79 – borehamwood hertfordshire uk: fire research station;
- **Present-day design fire scenarios and comparison with test - results and real fires: structures & equipment** - dr. Ir. Kees both, tno building and construction research, centre for fire research, the netherlands - prof. Dr.-ing. Alfred haack, past president of ita - international tunnelling association, switzerland, executive board member of stuva e. V. – studengesellschaft für unterirdische verkehrsanlagen (research association for underground transportation facilities), germany



ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA
II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA

PROGETTO DEFINITIVO
FFP in galleria Hirpinia, Area sicura, Finestra e locali tecnologici interni
Impianto Estrazione Fumi

| | | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-----------|------------------|------|---------|
| RELAZIONE DI CALCOLO | PROG. | LOTTO | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | REV. | FOGLIO |
| | IF1V | 02 | D 17 CL | AI0907 001 | A | 6 di 16 |

3) CALCOLO PORTATA

Modelli di incendio ed equazioni utilizzate

Per determinare la potenza termica convettiva dell'incendio, la portata in volume del fumo, la temperatura dei gas all'interno dello strato di fumo e l'altezza delle fiamme dell'incendio sono state utilizzate le equazioni :

$$E_c = 0.7E(1)$$

$$V = \frac{m \cdot (T_s + 273)}{\rho_o \cdot (T_a + 273)}(2)$$

$$T_s - T_a = \frac{E_c}{m \cdot cp}(3)$$

$$z_f = C_1 \cdot E_c^{2/5}(4)$$

La portata in massa di fumo prodotto dall'incendio è stata calcolata utilizzando le equazioni che seguono. Ciascuna equazione è applicabile ad un modello di incendio ed al pennacchio di fumo caratteristico di quel modello.

a) Pennacchio con asse di simmetria verticale :

$$m = C_2 \cdot E_c^{1/3} \cdot z^{5/3} + C_3 \cdot E_c(5)$$

L'equazione (5) è applicabile per $z_f < z$

$$m = C_4 \cdot E_c^{3/5} \cdot z(6)$$

L'equazione (6) è applicabile per $z_f \geq z$



ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA
II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA

PROGETTO DEFINITIVO
 FFP in galleria Hirpinia, Area sicura, Finestra e locali tecnologici interni
 Impianto Estrazione Fumi

| | | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-----------|------------------|------|---------|
| RELAZIONE DI CALCOLO | PROG. | LOTTO | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | REV. | FOGLIO |
| | IF1V | 02 | D 17 CL | AI0907 001 | A | 7 di 16 |

b) Window plume

$$m = C_2(E_c)^{1/3} \cdot (Z_w + a)^{5/3} + C_3 \cdot E_c(7)$$

$$a = 2.4A_w^{2/5} \cdot H_w^{1/5} - 2.1H_w(8)$$

Nelle equazioni da (1) ad (8) :

- Ec è la potenza termica convettiva dell'incendio [kW]
- E è la potenza termica dell'incendio [kW]
- V è la portata volumetrica del fumo [m³/s]
- m è la portata massica del fumo [kg/s]
- Ts è la temperatura dei gas all'interno dello strato del fumo [°C]
- Ta è la temperatura ambiente [°C]
- po è la densità dell'aria in condizioni standard [1.22 kg/m³]
- cp è il calore specifico dell'aria [1 kJ/kg K]
- zf è l'altezza raggiunta dalla fiamma [m]
- C1 = 0.166
- z è l'altezza dell'interfaccia dello strato di fumo dal pavimento [m]
- C2 = 0.071
- C3 = 0.0018
- C4 = 0.032
- Aw è la superficie delle aperture di ventilazione [m²]
- Hw è l'altezza delle aperture di ventilazione [m]
- Zw è l'altezza dell'interfaccia dello strato di fumo rispetto alla parte più alta dell'apertura di ventilazione [m]
- a è l'altezza caratteristica [m]
- g è l'accelerazione di gravità [9.81 m/s²]
- d è lo spessore dello strato di fumo [m]

| | | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-----------|------------------|------|---------|
| RELAZIONE DI CALCOLO | PROG. | LOTTO | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | REV. | FOGLIO |
| | IF1V | 02 | D 17 CL | AI0907 001 | A | 8 di 16 |

Criteria e calcoli di dimensionamento degli impianti per il controllo del fumo e del calore

Calcolo della portata dei fumi

Il modello di incendio adottato per il dimensionamento del sistema di estrazione fumi è quello il cui pennacchio è definito “window plume”. Il pennacchio è determinato da un incendio che si sviluppa in un ambiente comunicante tramite aperture (porte, finestre ecc.) con l’ambiente da proteggere. In tale modello il rilascio di calore può essere inteso come governato dal flusso d’aria attraverso le aperture delle pareti rispetto all’ambiente da proteggere, ossia governato da una ventilazione controllata. Il rilascio di calore, pertanto, può essere relazionato alle caratteristiche delle aperture di ventilazione.

Nel caso in esame l’ambiente da proteggere sono le banchine di stazione in adiacenza delle quali si trova il treno interessato dall’incendio, l’ambiente in cui si sviluppa l’incendio è un vagone ferroviario.

L’incendio all’interno del vagone è considerato in completo sviluppo ed in condizioni di ventilazione controllata. L’incendio è, in altre parole, condizionato dalla limitazione dell’aria di combustione che fluisce solo attraverso i finestrini rotti e attraverso i quali fuoriesce anche il fumo, il che è appunto rappresentato dal modello di incendio “window plume”.

Le equazioni utilizzate per calcolare la portata in massa del fumo sono la (7) e la (8). Le dimensioni caratteristiche del modello sono indicate in figura 1.

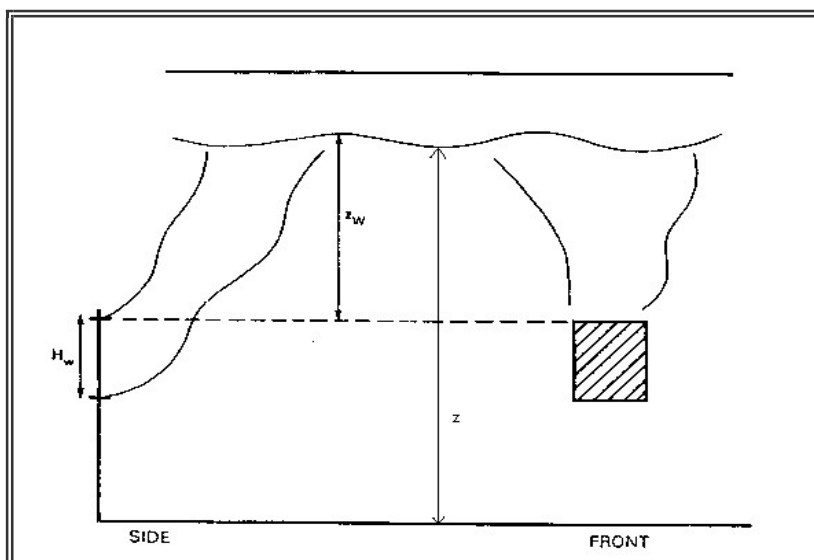


Figura - 1



ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA
II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA

PROGETTO DEFINITIVO
FFP in galleria Hirpinia, Area sicura, Finestra e locali tecnologici interni
Impianto Estrazione Fumi

| RELAZIONE DI CALCOLO | PROG. | LOTTO | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | REV. | FOGLIO |
|----------------------|-------|-------|-----------|------------------|------|---------|
| | IF1V | 02 | D 17 CL | AI0907 001 | A | 9 di 16 |

Per l'impianto in oggetto la potenza termica dell'incendio di progetto, in accordo con quanto indicato da RFI - Direzione Tecnica e riportato nella relazione di sicurezza, è stata assunta pari a 10MW.

Lo scenario di cui in precedenza è rappresentativo di una carrozza ferroviaria (viaggiatori) incendiata ferma nel Fire Fighting Point in galleria.

Al fine di contemplare inoltre anche altre tipologie di incendi, nel caso di una carrozza ferroviaria viaggiatori, è stata effettuata una verifica considerando anche il modello di incendio con pennacchio a simmetria verticale.

I valori utilizzati per la geometria della carrozza ferroviaria viaggiatori sono quelli dell'**ETR500** attualmente in circolazione : numero 18 finestrini della larghezza di 1,3 m e di altezza di 0,7 m più numero due finestrini della larghezza di 0,75m ed altezza di 0,55m ($A_w = 17,20 \text{ m}^2$; $H_w = 0,7 \text{ m}$). L'altezza del bordo superiore del finestrino rispetto alle banchine è di 2,5 m.

Il vagone in questione è chiuso alle estremità da porte REI 30. Nel calcolo della superficie finestrata non si sono considerati i vetri delle porte del vagone.

L'altezza dell'interfaccia dello strato di fumo rispetto alla parte più alta dell'apertura di ventilazione (Z_w) è quindi variabile in funzione dell'altezza dello strato di fumo.

Questi sono i valori che sono stati utilizzati nelle equazioni (1), (2), (3), (7) ed (8) ed i cui risultati vengono riportati nel prospetto che segue.

Nel prospetto vengono riportati i seguenti 3 casi:

| | | | |
|--------|---------------------|----------|-----------------------|
| Caso A | $Z = 2,5 \text{ m}$ | e quindi | $Z_w = 0,0 \text{ m}$ |
| Caso B | $Z = 3,0 \text{ m}$ | e quindi | $Z_w = 0,5 \text{ m}$ |
| Caso C | $Z = 3,5 \text{ m}$ | e quindi | $Z_w = 1,0 \text{ m}$ |

Nel prospetto sono indicati i valori di Portata in massa del fumo (m), Temperatura dello strato di fumo (T_s) e di Portata in volume del fumo (V).

| | | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-----------|------------------|------|----------|
| RELAZIONE DI CALCOLO | PROG. | LOTTO | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | REV. | FOGLIO |
| | IF1V | 02 | D 17 CL | AI0907 001 | A | 10 di 16 |

| CONDIZIONI | | | caso A | Caso B | Caso F |
|---|----------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| Altezza dello strato di fumo | Z | m | 2,5 | 3,0 | 3,5 |
| Temperatura ambiente | Ta | °C | 20,0 | 20,0 | 20,0 |
| Calore specifico dell'aria | Cp | | 1,01 | 1,01 | 1,01 |
| Densità dell'aria condiz. standard | ρ | | 1,2 | 1,2 | 1,2 |
| Superficie aperture di ventilazione | A _w | m ² | 17,20 | 17,20 | 17,20 |
| Altezza aperture di ventilazione | H _w | m | 0,70 | 0,70 | 0,70 |
| Altezza tra lo strato di fumo ed il punto più alto dell'apertura di vent. | Z _w | m | 0,0 | 0,5 | 1,0 |
| SCENARIO CARROZZA FERROVIARIA VIAGGIATORI 10 MW | | | | | |
| Potenza termica dell'incendio | | kW | 10000 | 10000 | 10000 |
| Percentuale potenza convettiva | | | 70 | 70 | 70 |
| Potenza termica convettiva incendio | Ec | kW | 7000 | 7000 | 7000 |
| MODELLO : WINDOW PLUME | | | | | |
| Portata in massa del fumo | m | Kg/s | 35,90 | 39,53 | 43,37 |
| Temperatura dello strato di fumo | T _s | °C | 213,06 | 195,31 | 179,79 |
| Portata in volume del fumo | V | m ³ /s | 49,46 | 52,48 | 55,67 |
| MODELLO : PENNACCHIO SIMMETRIA VERTICALE | | | | | |
| Portata in massa del fumo | m | Kg/s | 16,22 | 19,47 | 22,71 |
| Temperatura dello strato di fumo | T _s | °C | 447,20 | 376,00 | 325,14 |
| Portata in volume del fumo | V | m ³ /s | 33,12 | 35,82 | 38,51 |

Tabella 1 : modelli di incendio

L'altezza (massima) del soffitto rispetto alla banchina è di circa 6,45 m, le griglie di estrazione si trovano ad un'altezza superiore a 4,20 m rispetto alla banchina

E' stata assunta un'altezza di stratificazione di 3,0 m rispetto al piano banchine.

Come riscontrabile dalle tabelle di cui in precedenza, per un incendio della potenza termica di 10 MW che si sviluppa all'interno di una carrozza della tipologia ETR500 è necessaria, per mantenere l'interfaccia dello strato di fumo ad un'altezza di 3,0 metri sulla banchina, una portata di estrazione di circa 52 m³/s (modello incendio windows plume), mentre con il modello a pennacchio con simmetria verticale sarebbero richiesti circa 36.



ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA
II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA

PROGETTO DEFINITIVO
FFP in galleria Hirpinia, Area sicura, Finestra e locali tecnologici interni
Impianto Estrazione Fumi

| | | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-----------|------------------|------|----------|
| RELAZIONE DI CALCOLO | PROG. | LOTTO | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | REV. | FOGLIO |
| | IF1V | 02 | D 17 CL | AI0907 001 | A | 11 di 16 |

Allo luce di quanto sopra appare subito chiaro che, a parità di altezza dello strato di fumi, con il modello window plume si ha necessità di estrarre una portata d'aria maggiore di quanto necessario con il modello a simmetria verticale e pertanto risulta maggiormente conservativo; per tale motivo il modello d'incendio che verrà preso in considerazione è il window plume.

Confronto con altre tipologie di carrozze

Al fine di non limitare lo studio degli effetti di un ipotetico incendio ad una sola tipologia di treno, qui di seguito si riporta, analogamente a quanto già fatto per l'ETR500, il calcolo della portata di fumi da estrarre nel caso in cui l'incendio interessi le tipologie di treno ETR600, ETR1000 e Vivalto.

Il treno **ETR600** presenta le seguenti caratteristiche : numero 20 finestrini della larghezza di 1,3 m e di altezza di 0,75 m più numero due finestrini della larghezza di 0,75m ed altezza di 0,45m ($A_w = 20,17 \text{ m}^2$; $H_w = 0,75 \text{ m}$). L'altezza del bordo superiore del finestrino rispetto alle banchine è di 2,2 m. Il vagone in questione è chiuso alle estremità da porte REI 30. Nel calcolo della superficie finestrata non si sono considerati i vetri delle porte del vagone.

Il treno **ETR1000**, invece, presenta le seguenti caratteristiche : numero 18 finestrini della larghezza di 1,45 m e di altezza di 0,70 m ($A_w = 18,27 \text{ m}^2$; $H_w = 0,70 \text{ m}$). L'altezza del bordo superiore del finestrino rispetto alle banchine è di 2,35 m. Il vagone in questione è chiuso alle estremità da porte REI 30. Nel calcolo della superficie finestrata non si sono considerati i vetri delle porte del vagone.

Il treno **Vivalto**, infine, presenta le seguenti caratteristiche : numero 16 finestrini della larghezza di 1,15 m e di altezza di 0,80 m, 4 finestrini di larghezza di 0,70 m ed altezza 0,80 m, 14 finestrini di larghezza 1,10 m ed altezza 0,60 m e numero 4 porte ciascuna delle quali dotate di superfici vetrate di larghezza 0,45 m ed altezza 0,95 m. Le varie superfici vetrate sono posizionate a altezze diverse. Per il dimensionamento dell'impianto di estrazione sono pertanto stati considerati i seguenti valori : $A_w = 28,60 \text{ m}^2$; $H_w = 0,93 \text{ m}$, altezza del bordo superiore del finestrino rispetto alle banchine = 2,35 m.



ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA
II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA

PROGETTO DEFINITIVO
 FFP in galleria Hirpinia, Area sicura, Finestra e locali tecnologici interni
 Impianto Estrazione Fumi

| | | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-----------|------------------|------|----------|
| RELAZIONE DI CALCOLO | PROG. | LOTTO | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | REV. | FOGLIO |
| | IF1V | 02 | D 17 CL | AI0907 001 | A | 12 di 16 |

I risultati ottenuti sono pertanto i seguenti :

| PORTATA FUMI DA ESTRATTE [mc/s] | | | | | | | | |
|--|---------------|--------|---------|---------|---------------------|--------|---------|---------|
| | WINDOWS PLUME | | | | SIMMETRIA VERTICALE | | | |
| | ETR500 | ETR600 | ETR1000 | Vivalto | ETR500 | ETR600 | ETR1000 | Vivalto |
| E : Potenza termica incendio [MW] | 10,00 | 10,00 | 10,00 | 10,00 | 10,00 | 10,00 | 10,00 | 10,00 |
| % : percentuale potenza convettiva | 70% | 70% | 70% | 70% | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,70 |
| Ec : potenza termica convettiva incendio [MW] | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 7,00 |
| z : Altezza strato fumo [m] | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 |
| Aw : superficie aperture di ventilazione [mq] | 17,20 | 20,17 | 18,27 | 28,60 | | | | |
| Hw : altezza aperture di ventilazione [m] | 0,70 | 0,75 | 0,70 | 0,93 | | | | |
| Zw : Altezza tra strato di fumo e punto più alto dell'apertura di vent. [m] | 0,50 | 0,80 | 0,65 | 0,65 | | | | |
| m : Portata massica di fumo [kg/s] | 39,53 | 45,43 | 41,97 | 53,76 | 19,47 | 19,47 | 19,47 | 19,47 |
| Ts : temperatura gas all'interno nello strato di fumo [°C] | 195,31 | 172,56 | 185,13 | 148,92 | 376,00 | 376,00 | 376,00 | 376,00 |
| | | | | | | | | |
| V : Portata volumetrica fumi [mc/s] | 52,48 | 57,38 | 54,51 | 64,30 | 35,82 | 35,82 | 35,82 | 35,82 |

Tabella 2 : confronto con altre tipologie di carrozze

Si può facilmente osservare come, nel caso del modello window plume, la portata di fumi da estrarre varia in funzione della tipologia di carrozza ferroviarie mentre, nel caso del modello simmetria verticale, non si ha alcuna variazione dal momento che questo è indipendente dalla conformazione della carrozza.

Il caso peggiore viene riscontrato nel caso di carrozza tipo Vivalto, per la quale risulta necessaria una portata di estrazione pari a circa 64 mc/s; considerando ora un coefficiente di sicurezza del 10%, la **portata totale di fumi da estrarre sarà pari a 70 mc/s.**

L'estrazione dei fumi verrà effettuata con l'ausilio di ventilatori ubicati in una opportuna centrale ubicata all'imbocco della finestra dell'area sicura.



ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA
II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA

PROGETTO DEFINITIVO
FFP in galleria Hirpinia, Area sicura, Finestra e locali tecnologici interni
Impianto Estrazione Fumi

| | | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-----------|------------------|------|----------|
| RELAZIONE DI CALCOLO | PROG. | LOTTO | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | REV. | FOGLIO |
| | IF1V | 02 | D 17 CL | AI0907 001 | A | 13 di 16 |

4) CALCOLO PREVALENZA

Le prevalenze necessarie sono state determinate sulla base delle perdite di carico distribuite delle canalizzazioni e di quelle concentrate di serrande, griglie, bocchette e raccordi.

Le perdite di carico distribuite sono state calcolate a partire dall'equazione di Darcy-Weisbach :

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

dove :

h_f [Pa] = Perdite di carico dovute all'attrito = Perdite di carico distribuite

f = Coefficiente adimensionale, chiamato coefficiente d'attrito di Darcy, il quale può essere ricavato dall'equazione di Colebrook o, più semplicemente, dall'abaco di Moody, a partire però dal numero di Reynolds (Re) e dalla scabrezza relativa $\left(\frac{\varepsilon}{D_{equiv.}} \right)$, tipici del trinomio fluido, condotta, portata volumetrica in questione

L [m] = Lunghezza della condotta

D [m] = Diametro idraulico della condotta, dato genericamente da $4S/P$, dove a sua volta S è la sezione della condotta e P il perimetro

v $\left[\frac{m}{s} \right]$ = Velocità media del fluido, data dal rapporto tra portata volumetrica del fluido e sezione della condotta

$g = 9,81 \frac{m}{s} =$ accelerazione di gravità



ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA
II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA

PROGETTO DEFINITIVO
FFP in galleria Hirpinia, Area sicura, Finestra e locali tecnologici interni
Impianto Estrazione Fumi

| | | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-----------|------------------|------|----------|
| RELAZIONE DI CALCOLO | PROG. | LOTTO | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | REV. | FOGLIO |
| | IF1V | 02 | D 17 CL | AI0907 001 | A | 14 di 16 |

Per calcolare le perdite di carico concentrate, invece, si è applicato, direttamente derivato dall'equazione di Bernoulli, il concetto di proporzionalità all'energia cinetica nel punto, il che si traduce nella seguente formula :

$$h_c = \xi \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2g}$$

dove :

h_c [Pa] = Perdita di carico concentrata dell'elemento considerato

ρ $\left[\frac{kg}{m^3} \right]$ = Densità del fluido alla temperatura in considerazione

ξ = Coefficiente adimensionale tipico dell'elemento in questione e/o della sua interconnessione con le parti adiacenti dell'impianto

v $\left[\frac{m}{s} \right]$ = Velocità media del fluido, data dal rapporto tra portata volumetrica del fluido e sezione della condotta

$g = 9,81 \frac{m}{s} =$ accelerazione di gravità

Premesso quanto sopra, sono state determinate le perdite di carico, denominate statiche in quanto rappresentano tutte le perdite statiche e dinamiche dell'impianto, ad eccezione delle perdite dinamiche dello stesso ventilatore (considerato di diametro pari a 2600 mm).

I condotti, in opera civile, partiranno dalla centrale di ventilazione e raggiungeranno le banchine del FFP, raggiunte le quali saranno presenti delle serrande di intercettazione da cui partiranno poi dei canali metallici.

Il dimensionamento del sistema è stato effettuato considerando un'estrazione di fumi da una sola banchina e la più puntuale possibile e pertanto fruttando gli spazi controsoffittati di solo 3 dei 5 bypass di esodo presenti.

Nel seguito si riportano i principali risultati ottenuti.



ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA
II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA

PROGETTO DEFINITIVO
FFP in galleria Hirpinia, Area sicura, Finestra e locali tecnologici interni
Impianto Estrazione Fumi

| | | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-----------|------------------|------|----------|
| RELAZIONE DI CALCOLO | PROG. | LOTTO | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | REV. | FOGLIO |
| | IF1V | 02 | D 17 CL | AI0907 001 | A | 16 di 16 |

5) RIEPILOGO RISULTATI

Alla luce dei calcoli di dimensionamento effettuati, l'impianto di estrazione fumi sarà caratterizzato da ventilatori (due, di cui uno con funzione di riserva) in grado di elaborare una portata di 70 mc/s con una prevalenza pari a 1.100 Pa.

Il sistema è stato dimensionato al fine di garantire una aspirazione di fumi su 3 settori di banchina, in cui ogni settore corrisponde con uno dei bypass di esodo.