



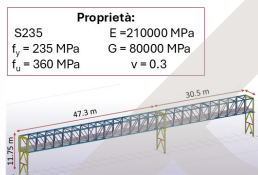
## Vulnerabilità di pipe rack in acciaio agli incendi di interfaccia e jet fires

UNITN - Nicola Tondini, Patrick Covi  
UNIBO - Ernesto Salzano, Federica Ricci



### Caso studio

#### Descrizione del Pipe rack



È stato sviluppato un modello termomeccanico basato sul metodo degli elementi finiti di una porzione del pipe-rack in acciaio di un impianto industriale. Sono state inoltre accuratamente considerate le condizioni al contorno utilizzando delle molle con appropriati valori di rigidità.

#### Livelli di prestazione

##### Operatività

- 1 Spostamento verticale massimo raggiunto ( $L/250$ )
- 2 Spostamento verticale residuo (trascurabile)
- 3  $IDR(\max) \leq 0.7\%$  (Telaio a momento resistente)  
0.5% (Telaio controventato) \*
- 4  $IDR(\text{res})$  trascurabile \*

##### Collasso

- 1  $IDR(\max) \leq 5\%$  (Telaio a momento resistente)  
2% (Telaio controventato) \*
- 2  $IDR(\text{res}) \leq 5\%$  (Telaio a momento resistente)  
2% (Telaio controventato) \*

\* FEMA 356 Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, 2000.  
IDR = Inter-Story Drift Ratio

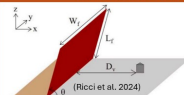
### Incendi di interfaccia (Wildfire)

#### Tipologie di wildfire



- **Grass Fire (GF):** incendio di erba secca, molto rapido nella propagazione.
- **Shrub Fire (SF):** incendio di arbusti con fiamme di Altezza fino a 13 metri.
- **Forest Fire (FF):** incendio boschivo con fiamme di altezza fino a 35 metri.

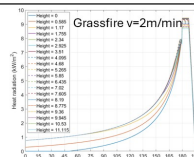
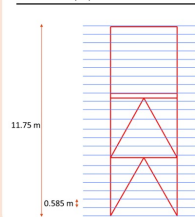
#### Caratterizzazione geometrica del fronte di fiamma



- I principali parametri considerati sono:
- $L_f$  -> l'altezza delle fiamme.
  - $\theta$  -> Angolo l'inclinazione del fronte rispetto al suolo.
  - $W_f$  -> la larghezza del fronte ( $W_f = \infty$ ).
  - $D_v$  -> Distanza minima dal fronte.

#### Scenari configurazione angolo fisso

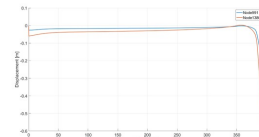
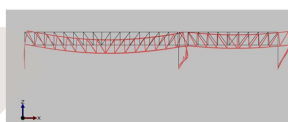
| Tipo di vegetazione | Altezza della vegetazione [m] | Altezza delle fiamme ( $L_f$ ) [m] | Distanza ( $D_v$ ) [m] | Angolo del fronte ( $\theta$ ) [°] | Max IR [kW/m²] | Velocità del fronte [m/min] |
|---------------------|-------------------------------|------------------------------------|------------------------|------------------------------------|----------------|-----------------------------|
| Grass fire (GF)     | 1                             | 7.5                                | 30                     | 80                                 | 12.94          | 2.7;14.2;21.28              |
| Shrub fire (SF)     | 2.5                           | 13                                 | 30                     | 80                                 | 22.53          | 2.7;14.2;21.28              |
| Forest fire (FF)    | 6                             | 21                                 | 30                     | 90                                 | 34.43          | 2.7;14.2;21.28              |
| Forest fire (FF)    | 6                             | 21                                 | 30                     | 70                                 | 37.63          | 2.7;14.2;21.28              |
| Forest fire (FF)    | 8                             | 28                                 | 30                     | 80                                 | 47.55          | 2.7;14.2;21.28              |
| Forest fire (FF)    | 8                             | 28                                 | 30                     | 70                                 | 50.45          | 2.7;14.2;21.28              |
| Forest fire (FF)    | 10                            | 35                                 | 30                     | 90                                 | 52.30          | 2.7;14.2;21.28              |
| Forest fire (FF)    | 10                            | 35                                 | 30                     | 70                                 | 62.09          | 2.7;14.2;21.28              |



A titolo di esempio si riportano le curve di irraggiamento termico **grass fire** con velocità di avanzamento pari a 2 m/min.

#### Analisi termomeccaniche

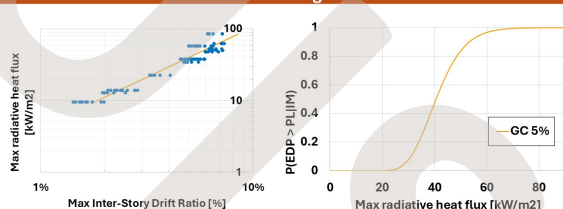
Si riportano le deformazioni e gli spostamenti per uno dei casi analizzati, ovvero il caso di **forest fire** con velocità di avanzamento pari a 2 m/min.



I **grass fire** e **shrub fire** non causano collassi né spostamenti di entità elevate ( $IDR < 5\%$  long.,  $< 2\%$  trasv.); ciò è dovuto principalmente ai bassi valori di irraggiamento. I **forest fire** invece portano quasi sempre al collasso o a spostamenti eccessivi. In tutti i casi, per ora analizzati, è stata superata la condizione di operabilità.

| v [m/min] | Operatività |    |    | Collasso |    |    |
|-----------|-------------|----|----|----------|----|----|
|           | FF          | SF | GF | FF       | SF | GF |
| 2         | X           | X  | X  | X        | ✓  | ✓  |
| 14        | X           | X  | X  | X        | ✓  | ✓  |
| 28        | X           | X  | X  | X        | ✓  | ✓  |

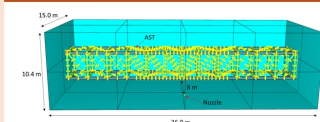
#### Curve di fragilità



I risultati delle analisi sono stati utilizzati per realizzare le curve di fragilità.

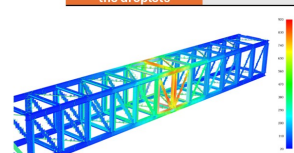
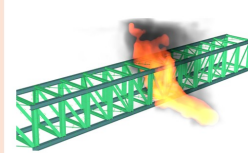
### Jet fire

#### Analisi fluidodinamica computazionale (CFD)

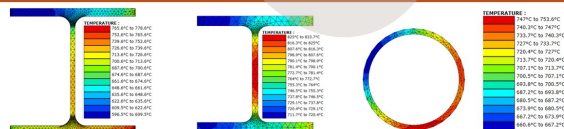


| Parameter                             | Value            |
|---------------------------------------|------------------|
| Molecular Weight (CH4)                | 0.016042 kg/mole |
| Molecular Weight (AIR)                | 0.02896 kg/mole  |
| Air temperature                       | 298.15 °K        |
| Ambient pressure                      | 101325 Pa        |
| Initial internal pressure             | 1.8e+5 Pa        |
| Wind velocity                         | 0 m/s            |
| Crack diameter                        | 0.1 m            |
| Spray angle                           | 5 °              |
| Mass flow rate out of the crack (CH4) | 1.9234 kg/s      |
| Mach number                           | 0.9696           |
| Throat Velocity                       | 407.6 m/s        |
| Discharge coefficient                 | 0.8              |
| Median diameter of the droplets       | 1000 µm          |

È stato modellato un tratto del pipe rack all'interno di un dominio ( $36 \times 15 \times 10.4 \text{ m}$ ) utilizzando una mesh di  $0.2 \text{ m}$ , che è stata raffinata nella zona del jet fire, per un totale di 711.360 celle. Sono stati posizionati 9687 dispositivi per rilevare le temperature, poi utilizzate nell'analisi numeriche termomeccaniche.



#### Analisi termiche



#### Analisi termomeccaniche

