

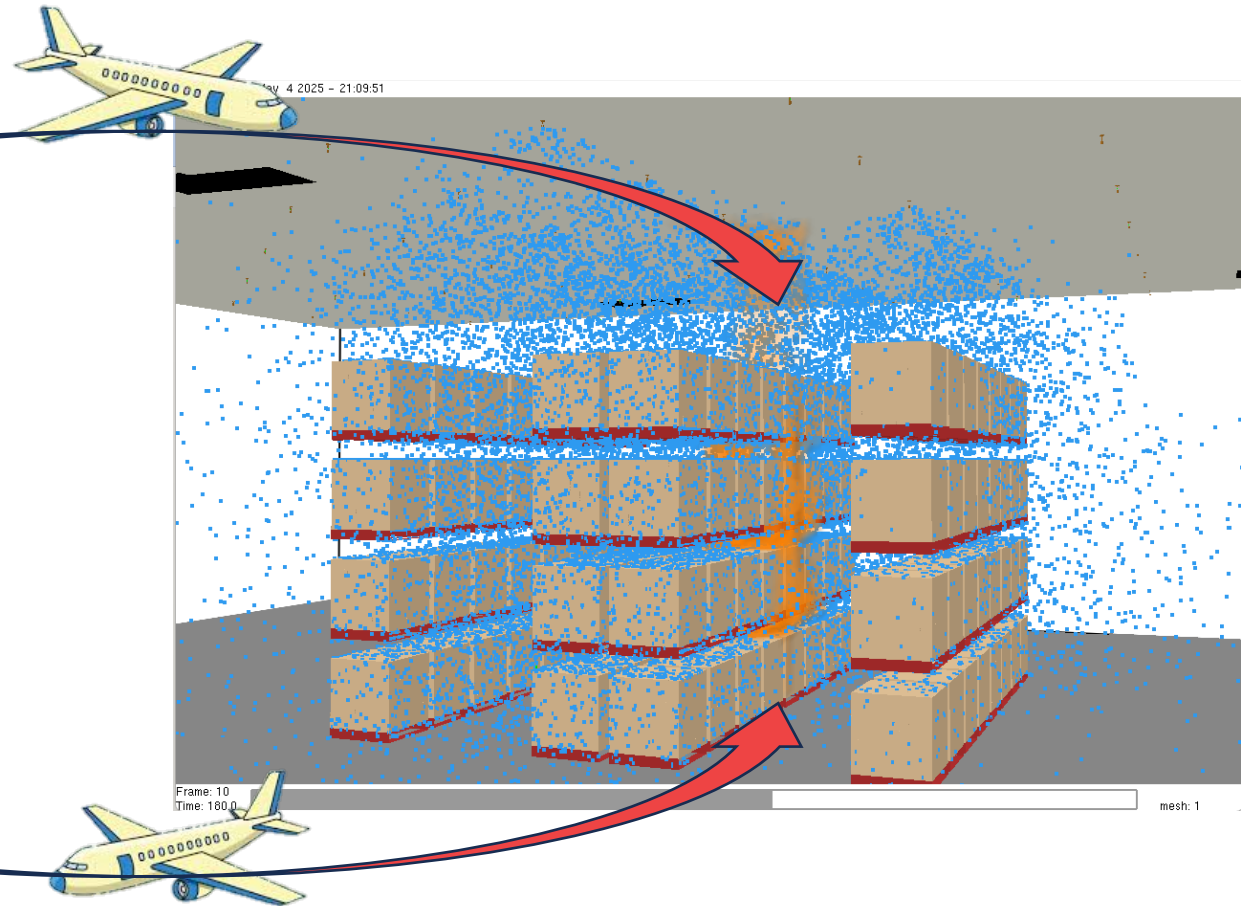
**Dal test alla simulazione
numerica del fuoco:
l'azione della protezione
attiva**

**Ing. Francesco Saverio Ciani,
Phd**

safety village



DAL TEST AL MODELLO: UN VIAGGIO ANDATA E RITORNO



GLI IMPIANTI ANTINCENDIO AD ACQUA

**Safety
Village**

Nella pratica sperimentale è consuetudine **scomporre un problema complesso nei suoi fenomeni dominanti**, così da poterli osservare e misurare in modo controllato.

Per questo motivo, nei test antincendio si analizzano **in modo distinto**:

- **la fase di attivazione** del sistema;
- **la fase di controllo o spegnimento** dell'incendio;



L'INVENZIONE E NECESSITA' DI MAGGIORI PERFORMANCE

**Safety
Village**

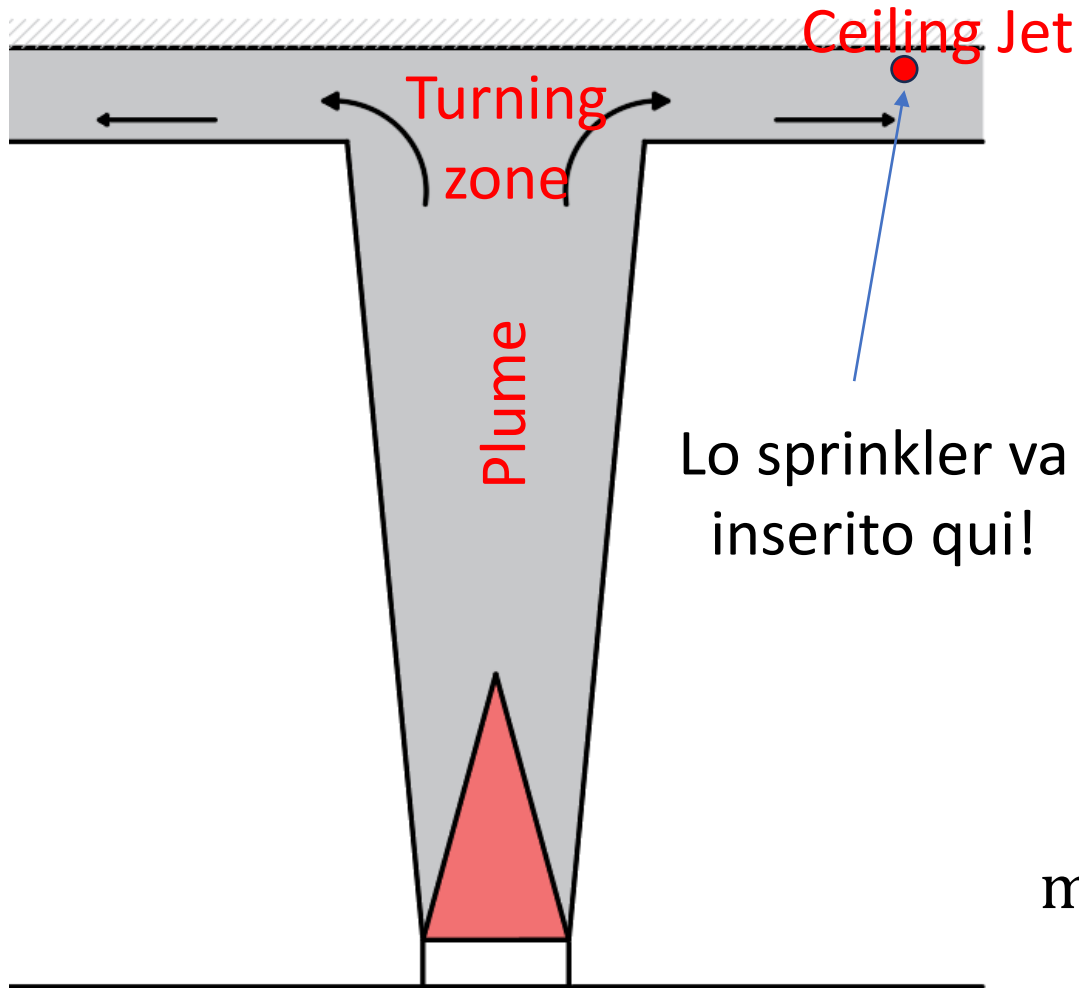
Henry S. Parmelee (c. 1846–1902) costruttore di pianoforti di New Haven nel 1874, brevettò la prima vera testina sprinkler automatica per proteggere la sua fabbrica dai roghi.

I suoi primi sprinkler automatici del 1874, noti come “automatic fire extinguisher” Parmelee, funzionavano con un elemento fusibile (saldato sulle aperture del corpo in ottone) che, a sufficiente calore, si scioglieva aprendo il passaggio dell’acqua:

- Il modello a destra è la versione cilindrica “pendant”
- Quello con la medaglietta è “upright”



IL PRIMO MODELLO: ATTIVAZIONE



Heskestad e Bill incominciano a teorizzare come avviene la rottura del bulbo

Modeling of Thermal Responsiveness of Automatic Sprinklers

GUNNAR HESKESTAD and ROBERT G. BILL, JR.
Factory Mutual Research Corporation
1151 Boston-Providence Turnpike
Norwood, Massachusetts 02062, USA

$$mc \frac{dT}{dt} = h_c (T_{gas} - T_{spk}) A - k (T_{spk} - T_m) A$$

IL PRIMO MODELLO: DETACT T2



DETECT-T2 (DETECTOR ACTUATION – Time squared) è un programma per il calcolo del **tempo di attivazione** dei dispositivi termici posti sotto **soffitti non confinati**. Può essere utilizzato per prevedere il tempo di attivazione di **sprinkler**, soggetti a un incendio definito dall'utente che **cresce αt^2** .

DETECT-T2 assume che il dispositivo termico sia collocato in un'area relativamente ampia, tale per cui **solo il flusso al soffitto generato dall'incendio** riscalda il dispositivo, **senza contributi dovuti all'accumulo di gas caldi nel locale**.

```
C:\DOCUMENTS\FREEDOM\Desktop\detact\DETACTT2.EXE

DETECT-T2  VERSION 1.0
WRITTEN BY D.W. STROUP (1985)

CONTRIBUTION OF THE
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS (U.S.).
NOT SUBJECT TO COPYRIGHT.

CALCULATES DETECTOR ACTUATION TIME
BELOW UNCONFINED CEILINGS WITH
TIME SQUARED FIRE GROWTH RATES.

FOR COMPILED VERSION ONLY
Portions(C)Copyright Microsoft Corp.,
1981, 1983, 1984, 1985.
All rights reserved.

ENTER: 1 FOR ENGLISH UNIT INPUT
        2 FOR METRIC UNIT INPUT
2

ENTER THE AMBIENT TEMPERATURE IN DEGREES C.
20

ENTER THE DETECTOR RESPONSE TIME INDEX (RTI) IN (M-SEC)**1/2.
28

ENTER THE DETECTOR ACTIVATION TEMPERATURE IN DEGREES C.
74

ENTER A DETECTOR RATE OF RISE IN DEGREES C/MINUTE.
10

ENTER THE CEILING HEIGHT IN METERS.
10.1

ENTER THE DETECTOR SPACING IN METERS.
3

ENTER: S FOR SLOW FIRE GROWTH RATE
        M FOR MEDIUM FIRE GROWTH RATE
        F FOR FAST FIRE GROWTH RATE
        U FOR ULTRAFAST FIRE GROWTH RATE OR
        0 FOR OTHER
u

RESULTS:

CEILING HEIGHT = 10.00 METERS ( 32.81 FEET)
DETECTOR SPACING = 3.00 METERS ( 9.84 FEET)

DETECTOR RTI = 28.0 (M-SEC)**1/2 ( 50.7 (FT-SEC)**1/2)

FIRE GROWTH CONSTANT = .1876E+03 JOULES/(SEC**3)
                     < .1778E+00 BTU/SEC**3)

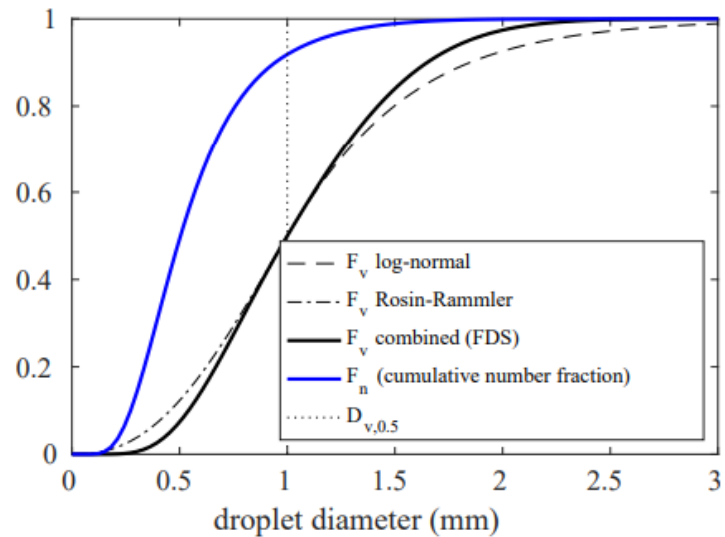
<RETURN> TO CONTINUE

FOR TEMPERATURE ACTUATED DETECTOR:

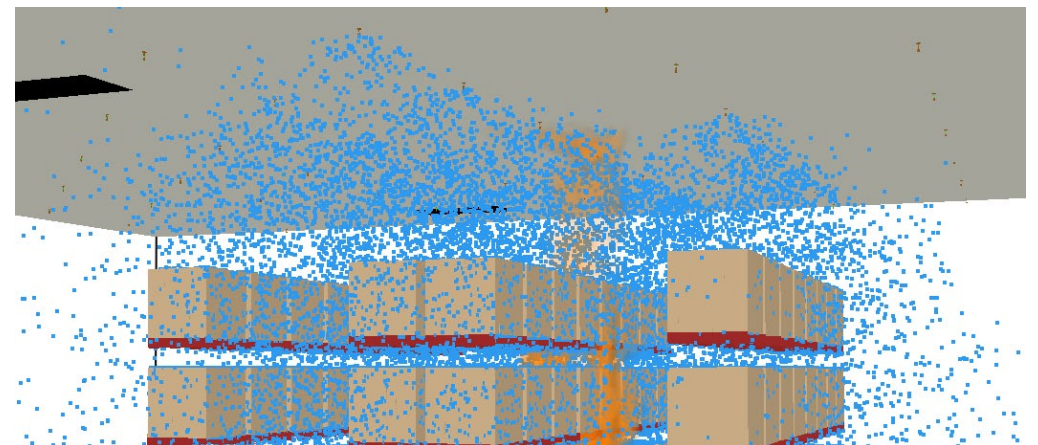
ACTIVATION TEMPERATURE = 74.0 DEGREES C ( 165.2 DEGREES F)
TIME TO ACTIVATION = 2.50 MINUTES
HEAT RELEASE RATE = .4223E+04 KILOJOULES/SEC
                   < .4003E+04 BTU/SEC)

<RETURN> TO CONTINUE_
```

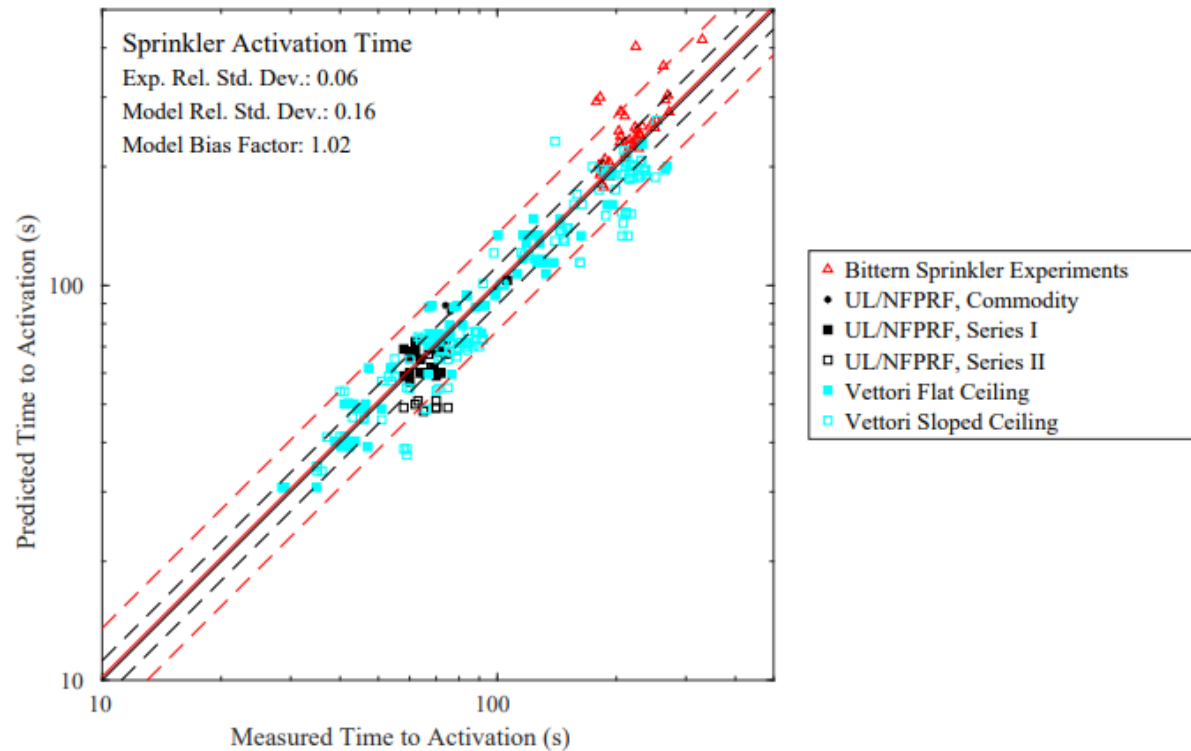
$$\frac{\partial(\rho \mathbf{u})}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u} \mathbf{u}) + \nabla p = \rho \mathbf{g} + \mathbf{f}_b + \nabla \cdot \boldsymbol{\tau}_{ij}$$



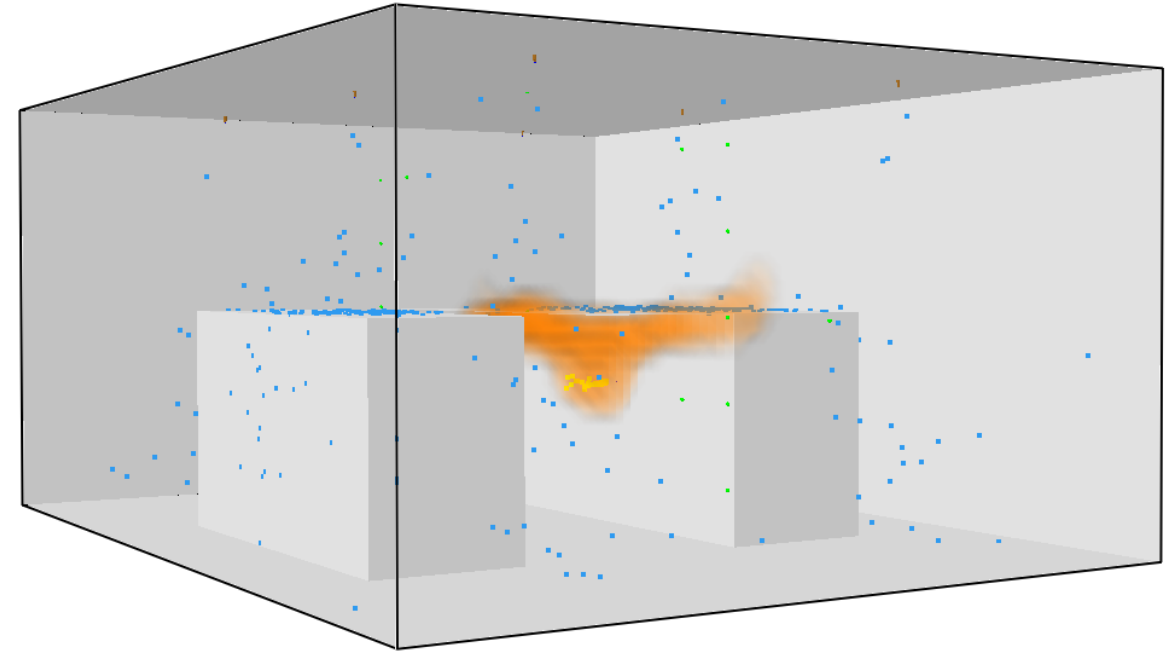
$$F_v(D) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^D \frac{1}{\sigma D'} \exp\left(-\frac{[\ln(D'/D_{v,0.5})]^2}{2\sigma^2}\right) dD' & (D \leq D_{v,0.5}) \\ 1 - \exp\left(-0.693 \left(\frac{D}{D_{v,0.5}}\right)^\gamma\right) & (D > D_{v,0.5}) \end{cases}$$



COSA INTENDIAMO PER VALIDAZIONE?



13.2.4 USCG/HAI Water Mist Suppression Tests

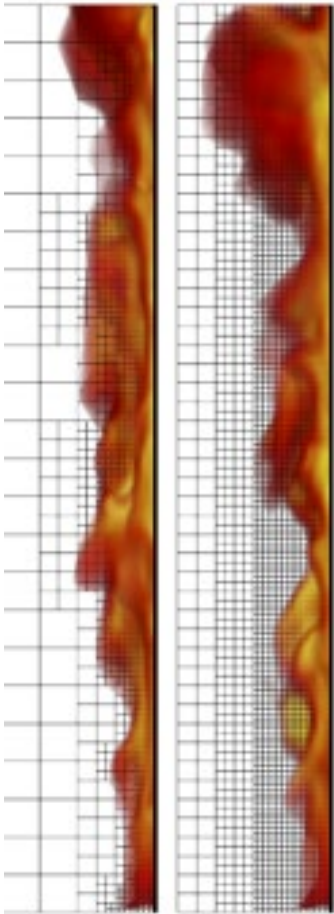


System	Navy	Grinnell	Fogtec	Chemetron	Fike
Number of Nozzles	6	6	6	15	6
Operating Pressure (bar)	70	13	100	12	21
Flow Rate (L/min)	68	75	22	70	48
Assumed Median Drop Size (μm)	175	225	100		200
Assumed Initial Velocity (m/s)	75	32	90		41
Assumed Spray Angle (deg.)	120	90	120		90

FIREFOAM DI FM GLOBAL

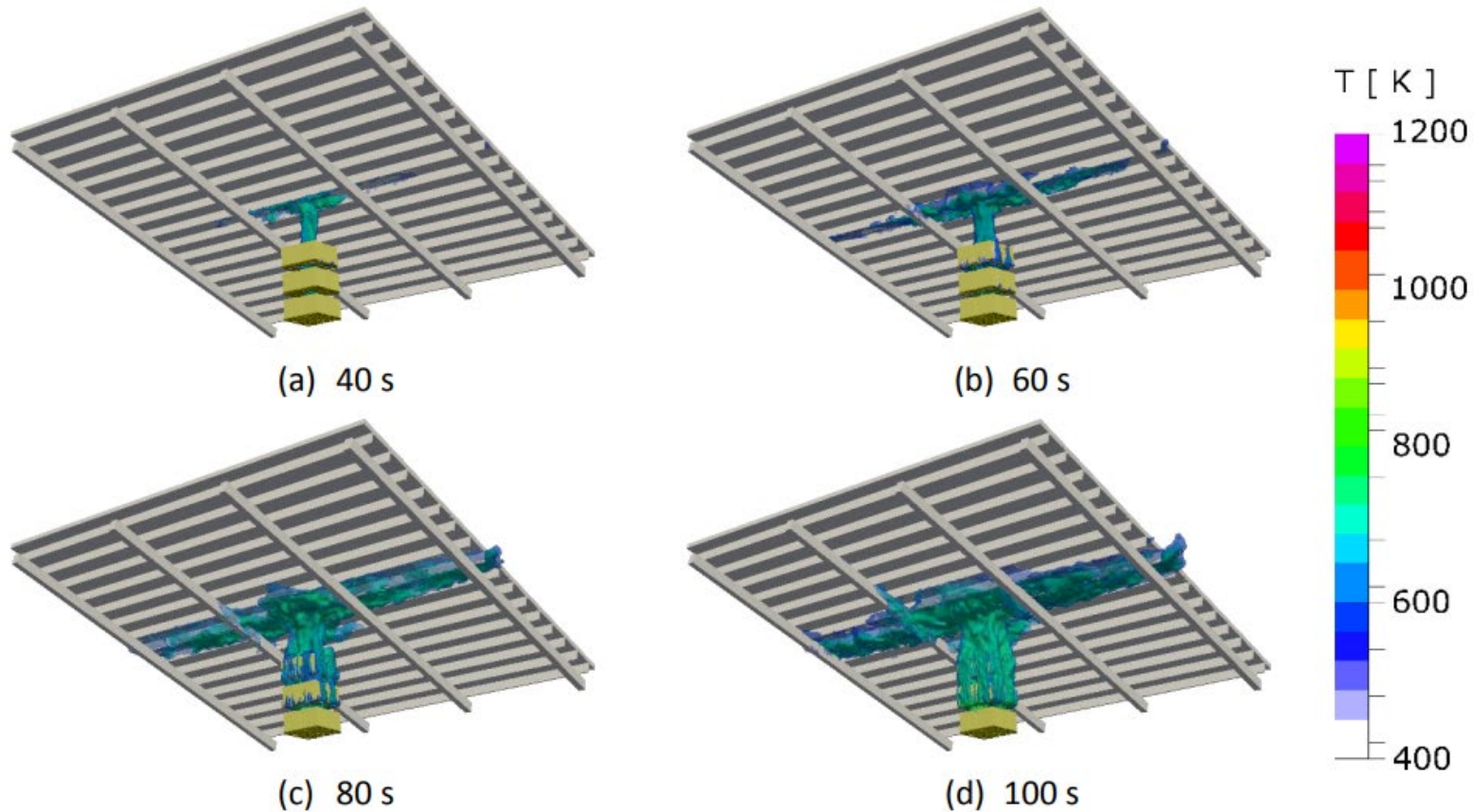
**Safety
Village**

Aspetto	FireFOAM (v1912)	FDS (6.9.1)
Turbolenza	Modello LES dinamico Smagorinsky : la viscosità turbolenta si adatta localmente al flusso	LES tipo Deardorff modificato: energia turbolenta stimata dalle fluttuazioni di velocità
Combustione	Eddy Dissipation Model (EDM) : la velocità di combustione è limitata dal mixing turbolento	Eddy Dissipation Model (EDM) : approccio analogo, con scale di tempo semplificate
Radiazione	Metodo ai Volumi Finiti (FVM) con gas grigi pesati (WSGG) e contributo della fuliggine	Metodo ai Volumi Finiti (FVM) con gas grigio equivalente
Fuliggine	Resa di fuliggine imposta a priori	Resa di fuliggine imposta a priori
Convezione	Risolta direttamente dalla griglia (approccio CFD puro)	Modellata con correlazioni empiriche (numero di Nusselt)
Modello vicino alla parete	Modello sub-grid dinamico , con condizione di slip per la velocità	Modello WALE per la turbolenza e legge logaritmica per la velocità
Schemi numerici	Secondo ordine	Secondo ordine



Efficient Simulations of Propagating Flames Using Adaptive Mesh Refinement

LE PRIME APPLICAZIONI

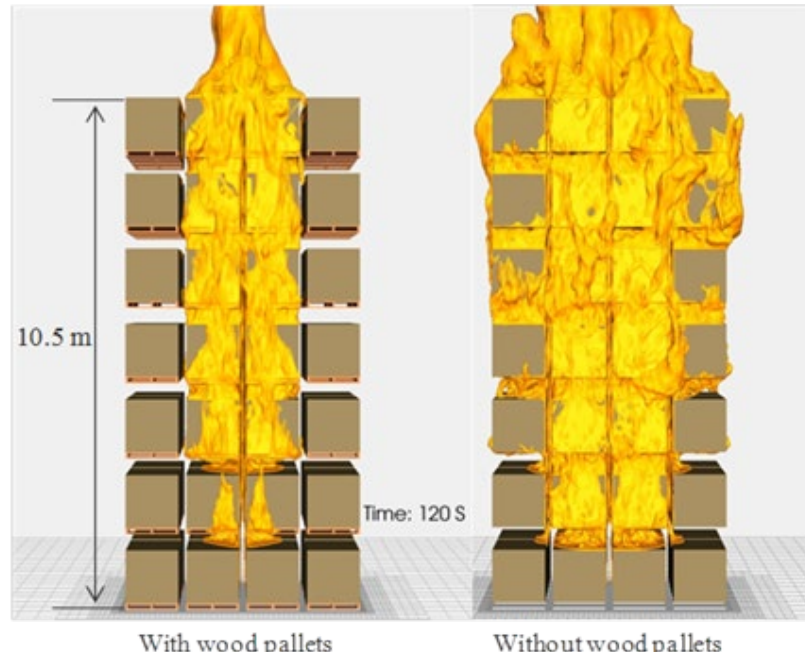
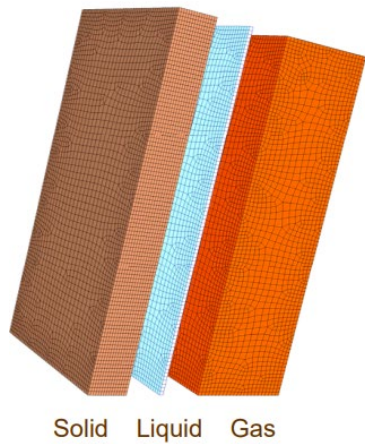
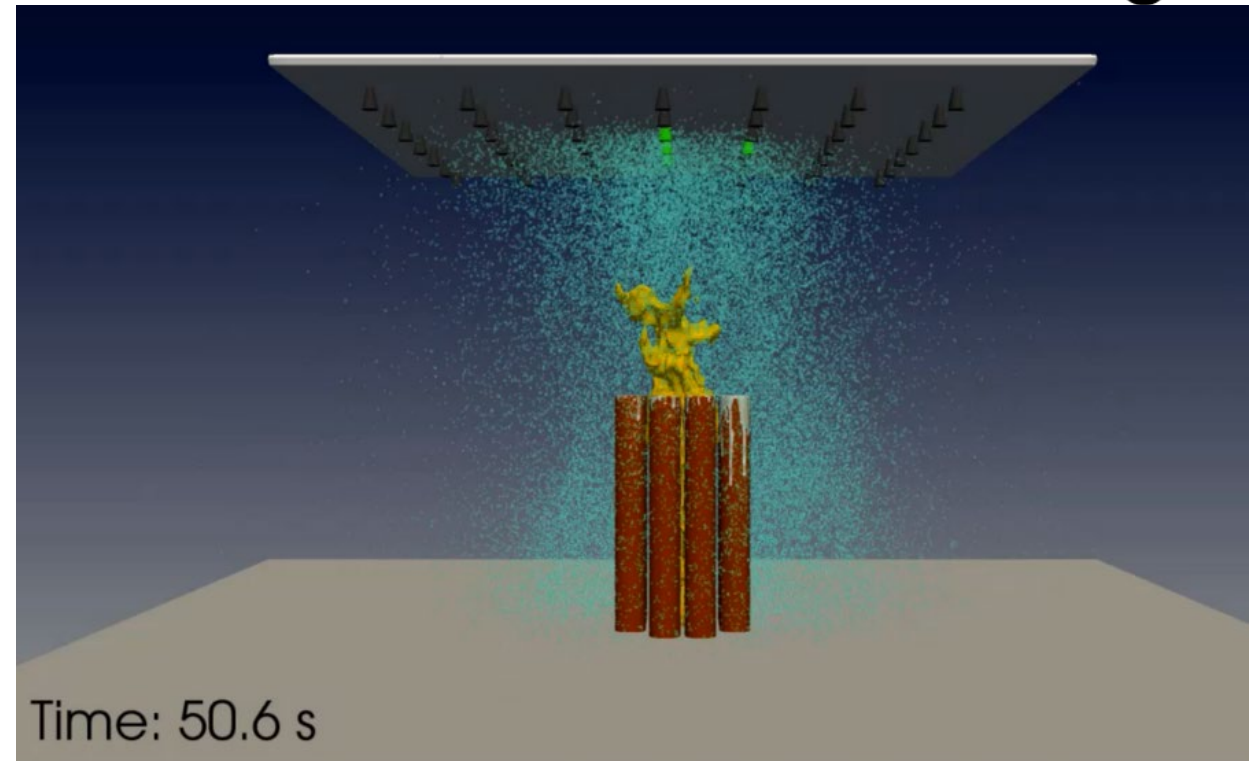


RESEARCH TECHNICAL REPORT

*Numerical Simulations of
Sprinkler Activations and
Spray Transport under
Obstructed, Sloped Ceilings*

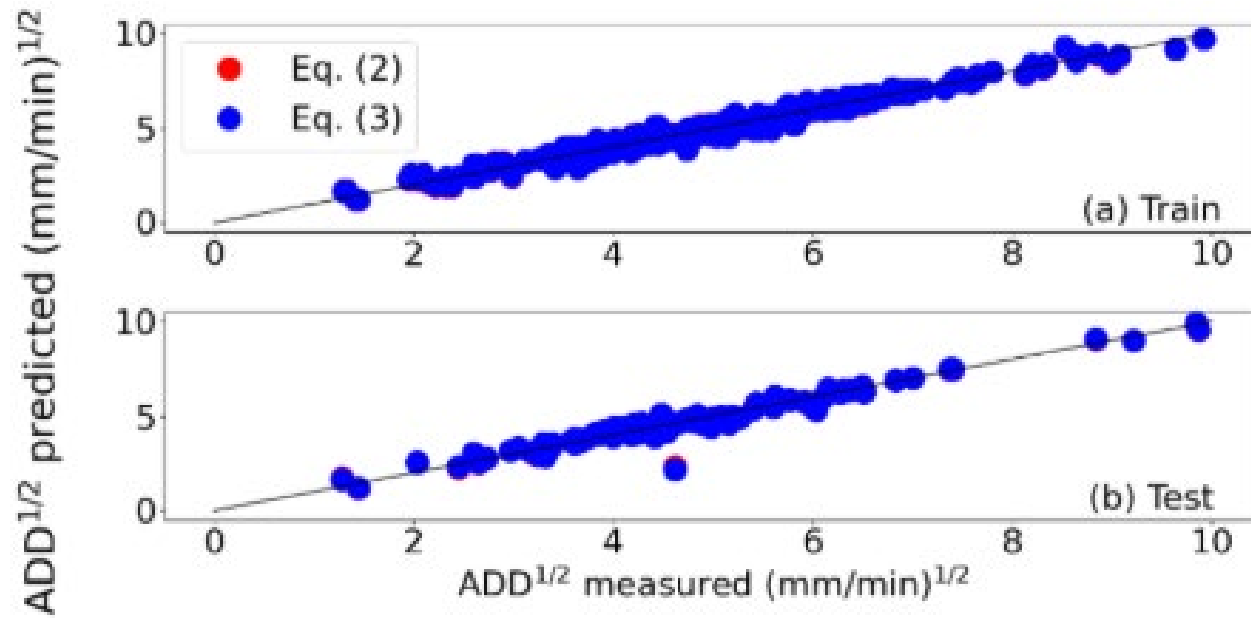
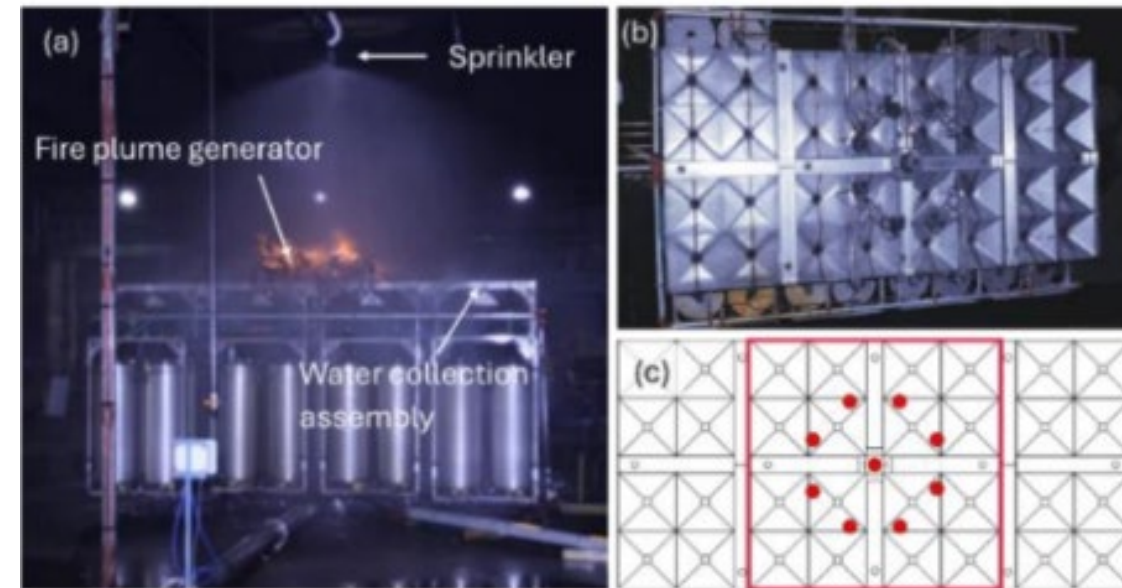
FIREFOAM DI FM GLOBAL

Safety
Village



IL MACHINE LEARNING

Safety
Village



A Machine Learning-Based Approach to Model Sprinkler Actual Delivered Density

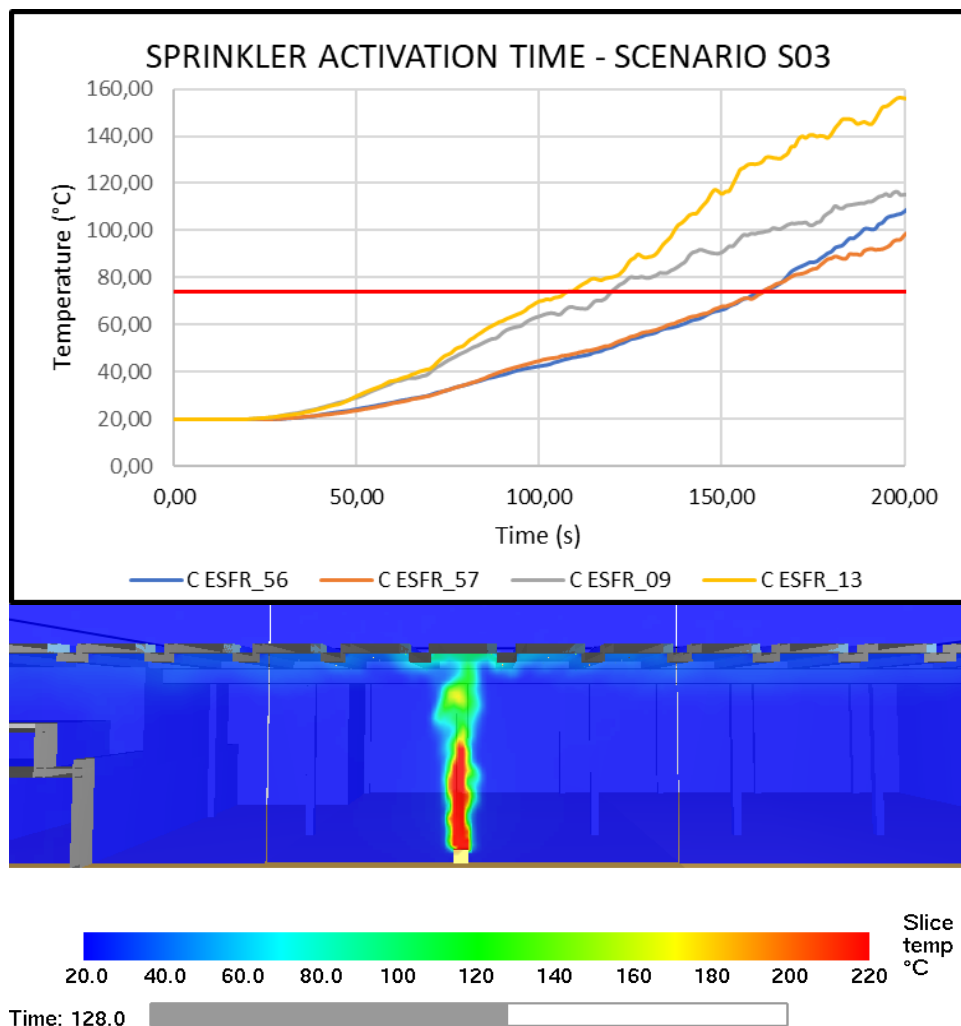
Han D.^{1,*}, Chen S.², Gopala Y.¹, Sienkiewicz S.¹, Ditch B.¹, Xin Y.¹

¹ FM, Research, Norwood, MA, US

² University of Massachusetts Amherst, Department of Mathematics and Statistics, Amherst, MA, US

*Corresponding author email: dong.han@fmglobal.com

COME MODELLIAMO ATTUALMENTE LA PROTEZIONE ATTIVA



M.1.8

Requisiti aggiuntivi per la gestione della sicurezza antincendio

5. Qualora i sistemi di protezione attiva siano considerati ai fini della riduzione della potenza termica rilasciata dall'incendio $RHR(t)$ (capitolo M.2) o comunque contribuiscano a mitigare gli effetti dell'incendio, devono essere installati sistemi a disponibilità superiore.

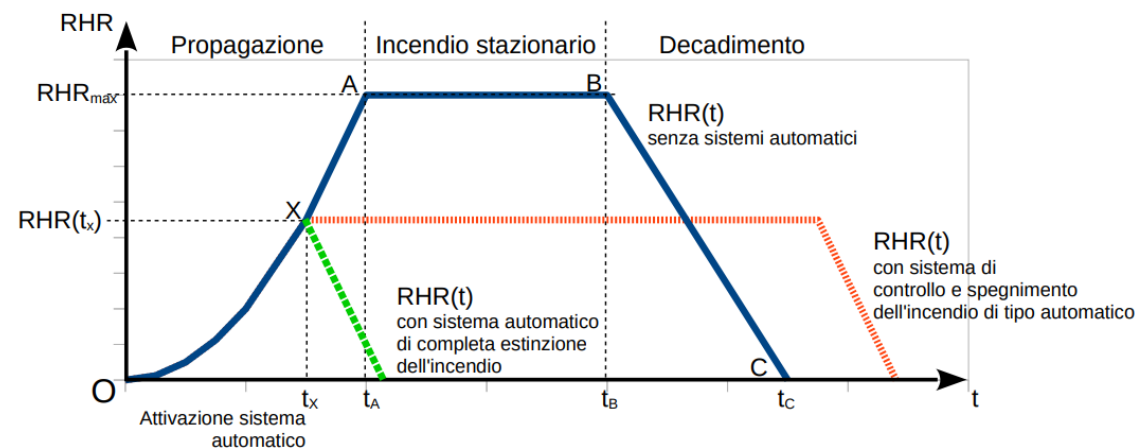


Illustrazione M.2-1: Fasi dell'incendio

IL RITORNO: IL PROBLEMA DELL'O-RING



JUL 19, 2001

MNS, ECS

Central Sprinkler to Replace Millions of Sprinklers

Concerned that older sprinkler heads with O-ring seals may not function properly, the Central Sprinkler Company, Landsdale, Pa., owned by Tyco International Ltd., has volunteered to replace 30 million fire sprinklers.

Concerned that older sprinkler heads with O-ring seals may not function properly, the Central Sprinkler Company, Landsdale, Pa., owned by Tyco International Ltd., has volunteered to replace 30 million fire sprinklers.

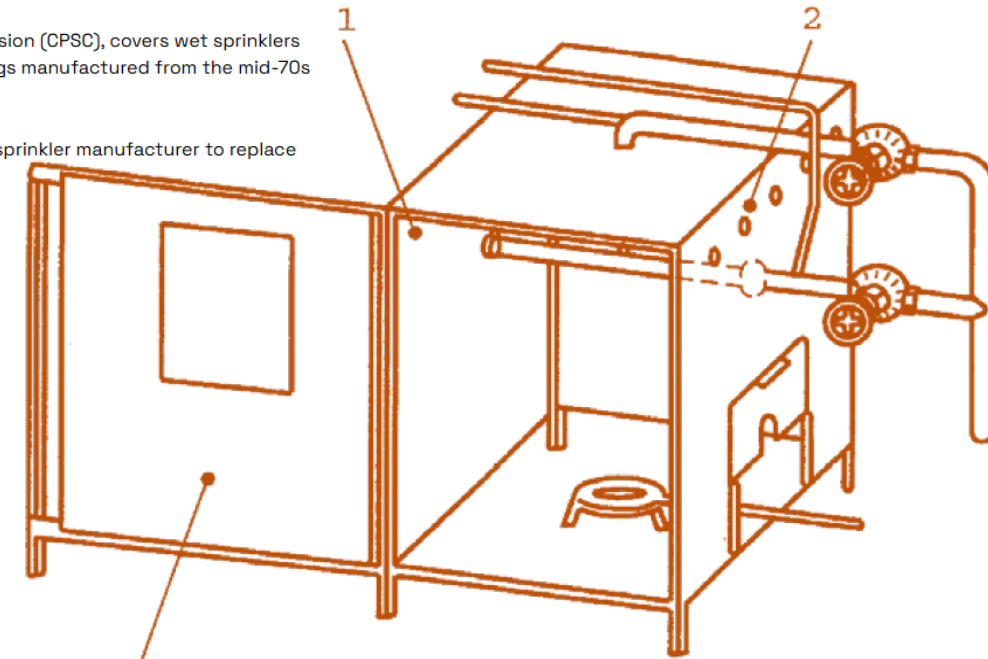
"These are not defective heads and this deterioration takes place over a very long period of time," Tyco's Chief Executive Dennis Kozlowski told the Associated Press.

The majority of recalled sprinklers are of the glass-bulb variety, a number of which were found to leak and then malfunction at required water pressures when tested by Underwriters Laboratories.

The recall, coordinated in conjunction with the Consumer Product Safety Commission (CPSC), covers wet sprinklers with O-rings manufactured between 1989 and 2000, and dry sprinklers with O-rings manufactured from the mid-70s to June 2001.

This is the second Central Sprinkler recall since 1998 when the CPSC ordered the sprinkler manufacturer to replace 8.4 million Omega sprinklers and to pay a \$1.3 million fine.

For more information on this recall, visit CPSC's Web site at: www.cpsc.gov.



IL RITORNO

AFFIDABILITA' DEGLI SPRINKLER DOPO 25 ANNI



- Secondo letteratura si trova che il valore di affidabilità dopo 5 anni è intorno all'**8%**
- Dopo Centinaia di test fatti nel laboratorio Veryfire effettivamente si è arrivati ad una percentuale di fallimento del **7%**



E I TEST SUI COMPONENTI?

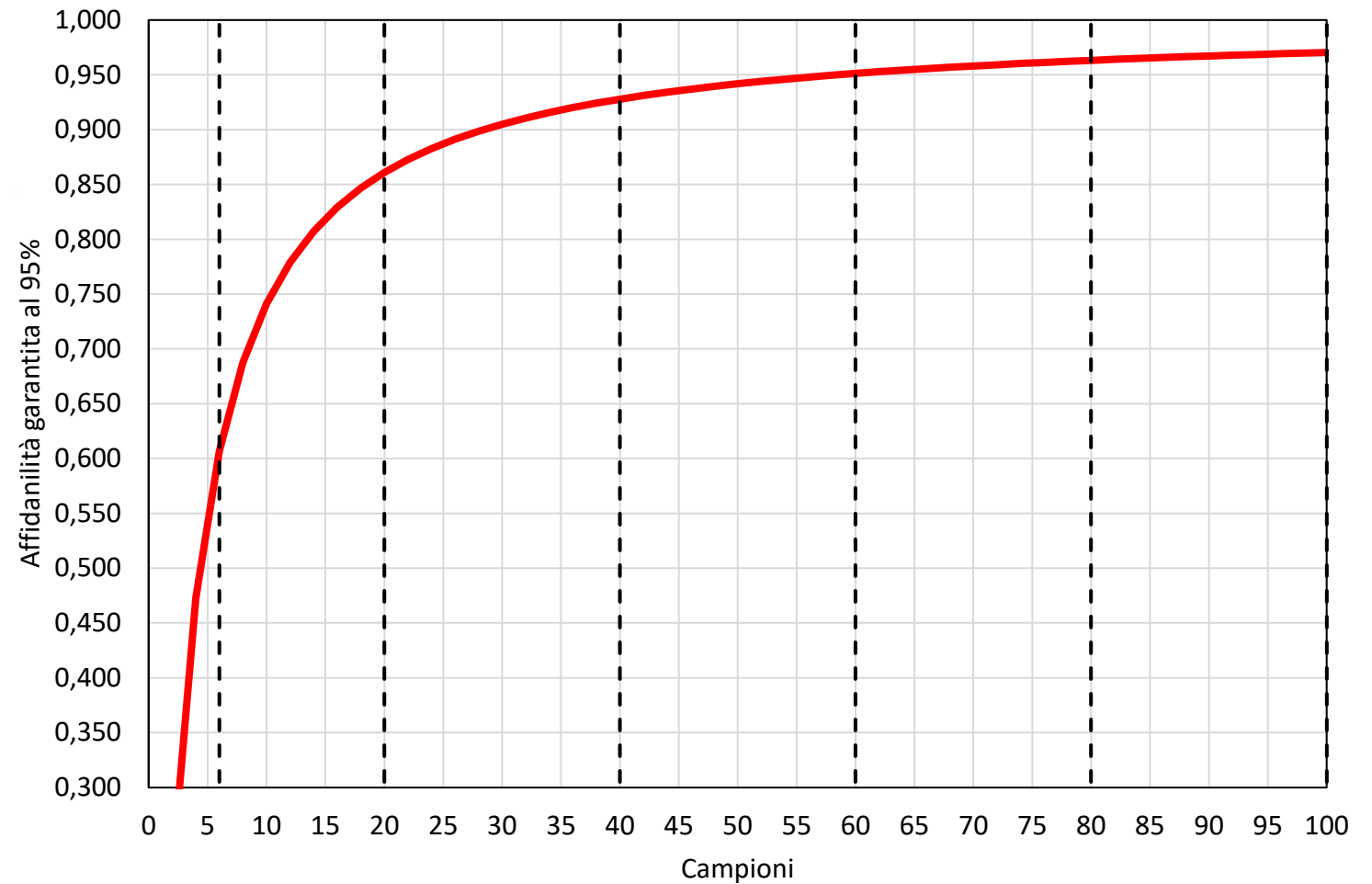
prospetto K.1

Numero di sprinkler di ciascun tipo disponibile da sottoporre a prova

Numero complessivo di sprinkler installati	Numero di sprinkler da ispezionare
≤5 000	20
≤10 000	40
≤20 000	60
≤30 000	80
≤40 000	100

Gli sprinkler dovrebbero essere verificati su quanto segue:

- a) funzionamento;
- b) temperatura di funzionamento;
- c) variazione del fattore K;
- d) ostacoli allo spruzzo;
- e) alloggiamento;
- f) sensibilità termica.



CONCLUSIONI

- I test e la modellazione non sono strumenti alternativi, ma **fasi complementari dello stesso percorso**.
- Un modello è significativo solo se nasce da dati sperimentali e **ritorna al test** per essere verificato.
- Rendere esplicito e condiviso questo ciclo **test → modello → ri-test** è condizione necessaria affinché i risultati su sprinkler e water mist siano tecnicamente fondati e comprensibili a tutti gli stakeholder.

Grazie per l'attenzione

Ing. Francesco Saverio Ciani, PhD
mail: francesco.ciani@veryfire.it