



EFFICIENZA & EFFICACIA

***AN INVESTIGATION INTO THE RELEVANCE OF THE
CONTRIBUTION TO TOXICITY OF DIFFERENT
CONSTRUCTION PRODUCTS IN A FURNISHED ROOM FIRE***

***Una ricerca sul contributo alla tossicità di diversi prodotti da
costruzione nell'incendio di una stanza arredata***

Dipl. Phys. Edith Antonatus



Objective of the Research

- **Contribution to European project:**

“Study to evaluate the need to regulate within the Framework of Regulation (EU) 305/2011 on the toxicity of smoke produced by construction products in fires”

- **Evaluate contribution of building fabric vs building content to:**

- Heat Release Rate
- Smoke obscuration
- Toxicity of fire effluents

- **Evaluate relevance of toxic combustion gases from insulation products to safety of users**

- Contributo al progetto europeo ...
- Valutare il contributo della «struttura» rispetto al «contenuto» considerando:
 - HRR velocità di rilascio del calore
 - Opacità dei fumi
 - Tossicità degli effluenti
- Valutare l'importanza dei gas di combustione degli isolanti per la sicurezza degli occupanti

Fire Scenario

- **Room Fire ISO 9705**
 - Inner room volume slightly smaller than for ISO 9705, because of wall build-up inside ISO room
 - Fire source – arm chair ignited by burner/curtain
- **Two tests**
- **Identical furniture**
- **One test PIR, one test mineral wool**

Scenario d'incendio

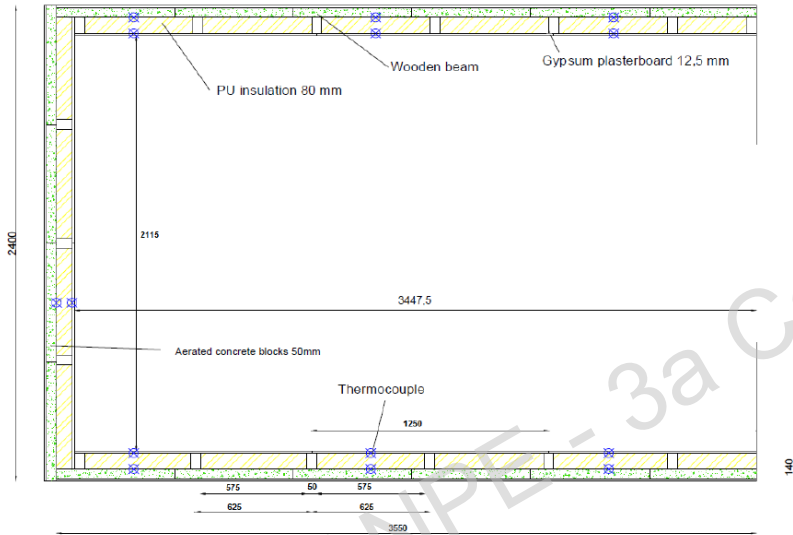
- Room test ISO 9705
 - Volume interno leggermente inferiore rispetto alla ISO 9705 a causa della costruzione del modello all'interno della stanza ISO
 - Fonti dell'incendio: poltrona incendiata dal bruciatore/ tende
- 2 test
- Stessi arredi
- 1 test con schiuma PIR, 1 con lana minerale

Wall build up Variation

	Test 1	Test 2
Insulation Product	Mineral wool without facing (<i>according to EN 13162</i>)	PIR insulation boards with Kraft aluminium facing on both sides (<i>according to EN 13165</i>)
Reaction to fire classification according to EN 13501-1 for the product as placed on the market	A1	E
Thermal conductivity [$W/m \cdot K$]	0.035 (<i>according to EN 13162</i>)	0.022 (<i>according to EN 13165</i>)
Thickness of insulation product used in test (mm)	140	80

U value of complete wall build up 0.268 W/m.K

Room build up (PU Test)



- Inner room volume identical for both tests
- As for PU lower insulation thickness is needed, an extra wall layer between the ISO room walls and the insulation was added
- A socket was placed 50 cm from the burner at a height of 30 cm in the wall opposite to the doorway

Modello della stanza (prova PU)

- Volume interno identico per entrambi i test.
- A causa del minor spessore di PU è stato aggiunto uno strato di muratura tra la camera ISO e l'isolante.
- Una presa elettrica è stata posizionata a 50 cm dal bruciatore e ad una altezza di 30 cm nella parete opposta alla porta.

Furniture / Contents

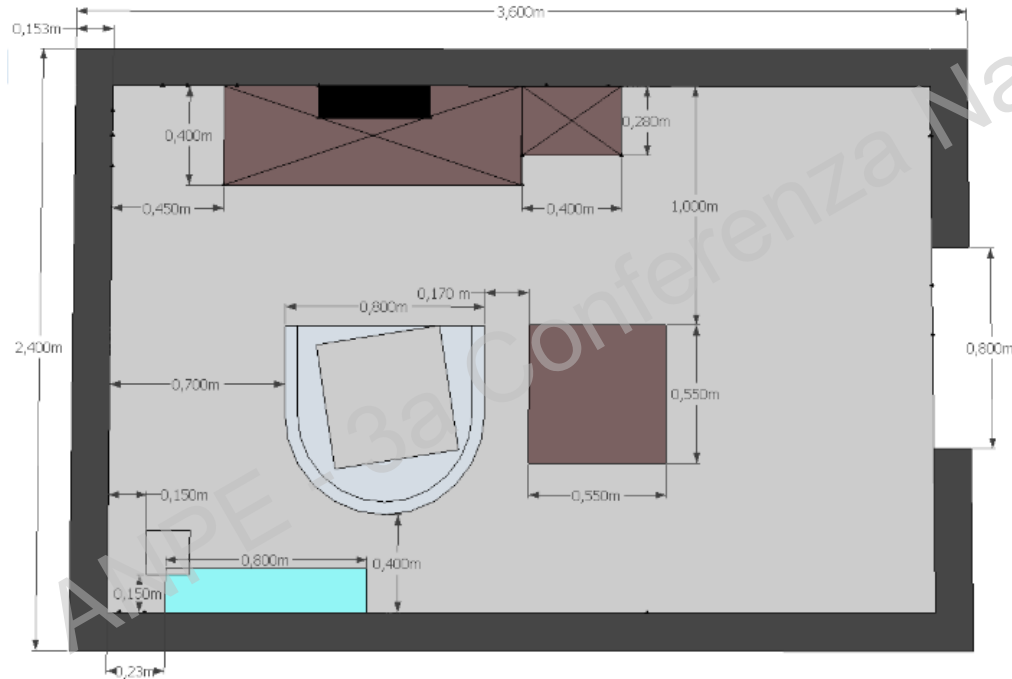
- **Curtain (fabric)**
- **Armchair with 2 pillows**
- **Small table with a few magazines and a remote control**
- **TV bench**
- **19" TV**
- **Bookcase with 7 identical books.**

arredo/contenuto

- Tende (tessuto)
- Poltroncina con 2 cuscini
- Tavolino con alcune riviste e telecomando
- Tavolino tv
- Tv 19"
- Libreria con 7 libri uguali.

Room with Furniture

Stanza con arredi



Room with Furniture





Mineral wool
insulated



PIR insulated

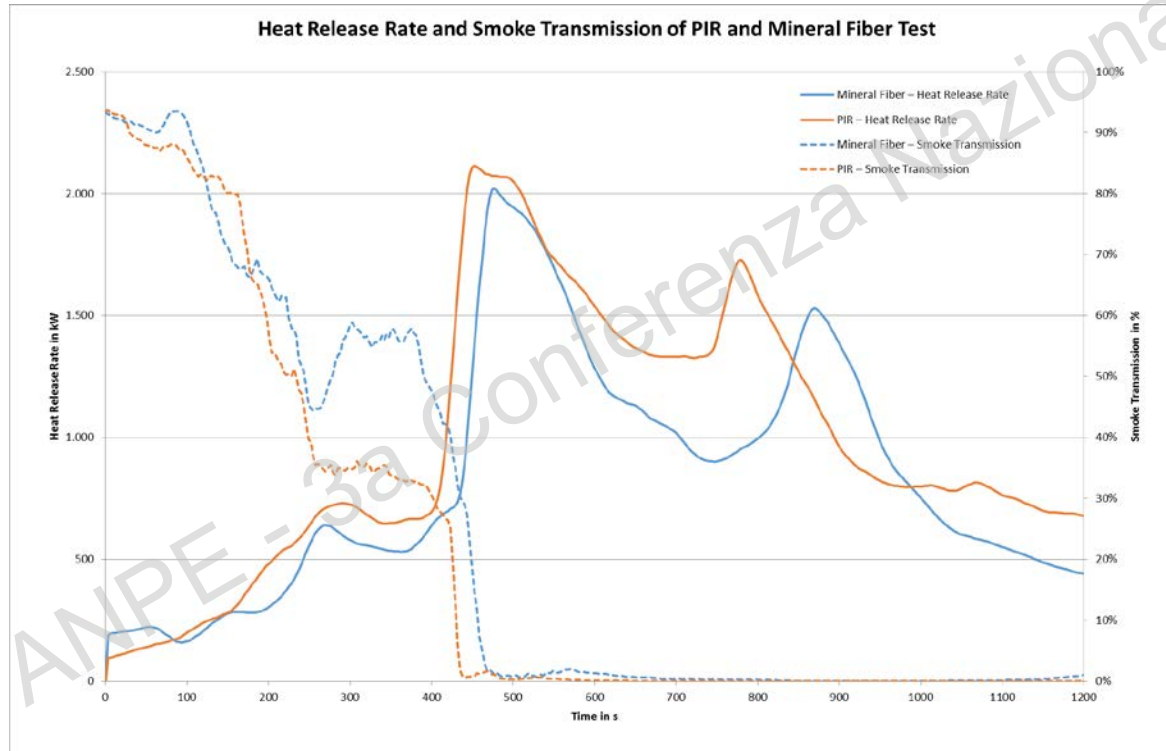
Measured Data

- **Heat Release Rate (HRR)**
- **Temperatures**
 - Inside insulation
 - Behind plasterboard
 - Thermocouple tree near door opening inside the room (left side when looking through door)
- **Smoke production rate [m^2/s] (obscuration)**
 - Measured in exhaust duct
 - Calculation according to ISO 9705 and EN 14390
- **Combustion gases**

Dati rilevati

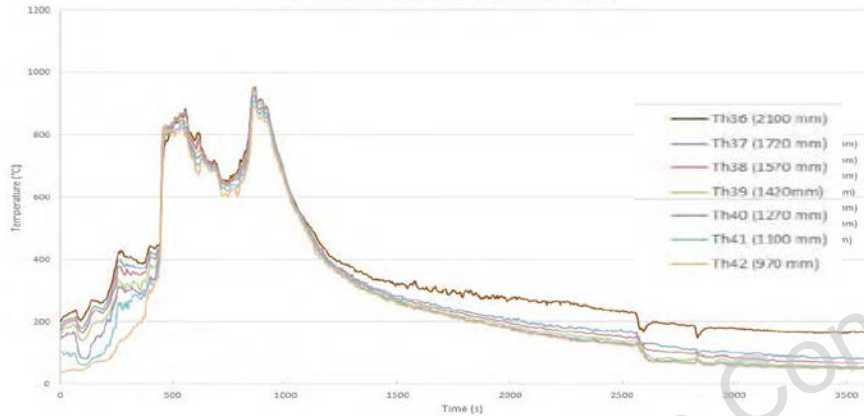
- Velocità di rilascio di calore HRR
- Temperature
 - all'interno dell'isolante
 - Davanti al cartongesso
 - Serie di termocoppie vicino alla porta, all'interno della stanza (lato sin entrando)
- Velocità di produzione fumi [m^2/sec] (opacità)
 - Misurata nel condotto di estrazione
 - Calcoli secondo Iso 9705 ed EN 14390
- Gas di combustione

Results



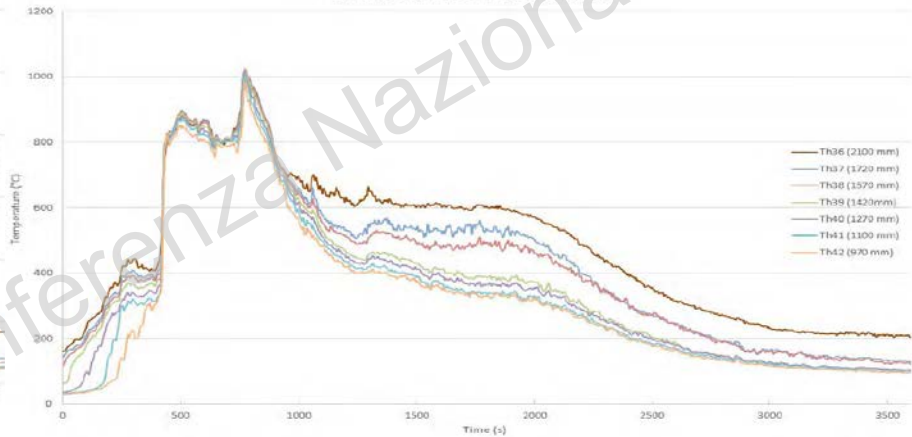
Results T-t – Thermocouple Tree

Thermocouple tree, build-up with mineral wool



Mineral wool insulated room

Thermocouple tree, build-up with PIR



PIR insulated room

Effluent Gas Components analysed in Exhaust Duct

- Carbon monoxide (CO)
- Carbon dioxide (CO₂)
- Hydrogen cyanide (HCN)
- Formaldehyde (CHOH)
- Acrolein (C₃H₄O)
- Sulfur dioxide (SO₂)
- Hydrogen Chloride (HCl)
- NO_x (measured by the sum of N₂O, NO and NO₂)
- **Following slides show some graphs related to phases of fire development**
 - Phase I: Growth phase
 - Phase II: Fully developed phase
 - Phase III: Decay phase

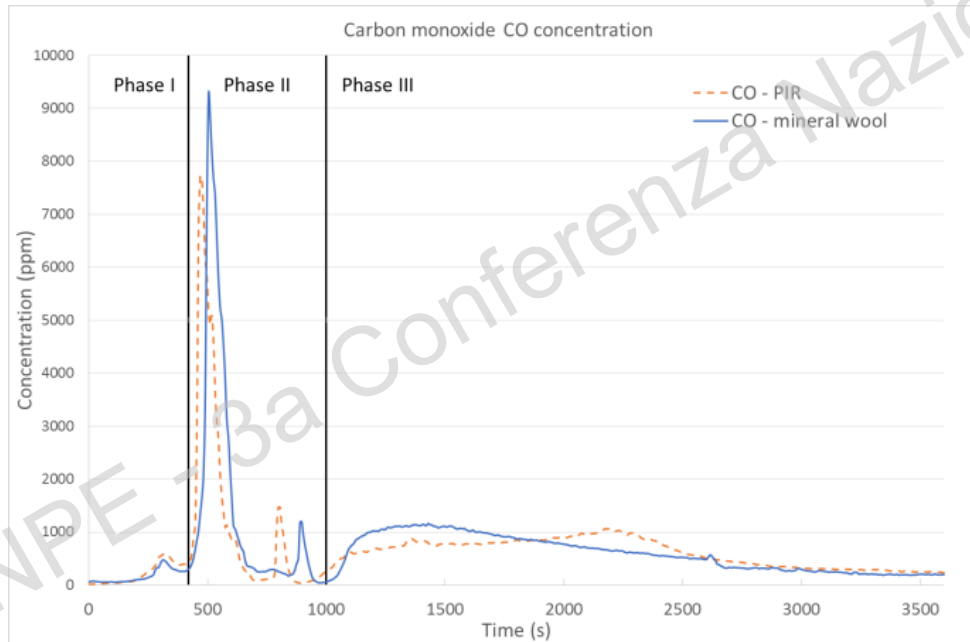
Componenti dei gas effluenti analizzati nel condotto di estrazione

...

Le slides seguenti mostrano alcuni grafici relativi alle fasi di sviluppo dell'incendio
Fase 1 fase di crescita
fase 2 incendio totalmente sviluppato
fase 3 fase di decadimento

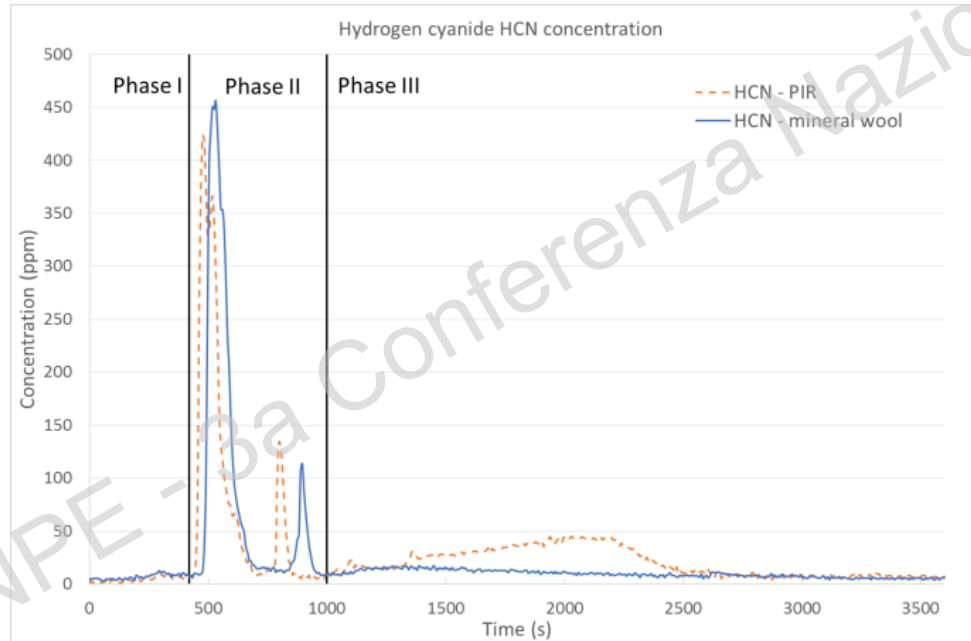
Carbon monoxide

(LC 50 for 30 minutes is 5700 ppm)

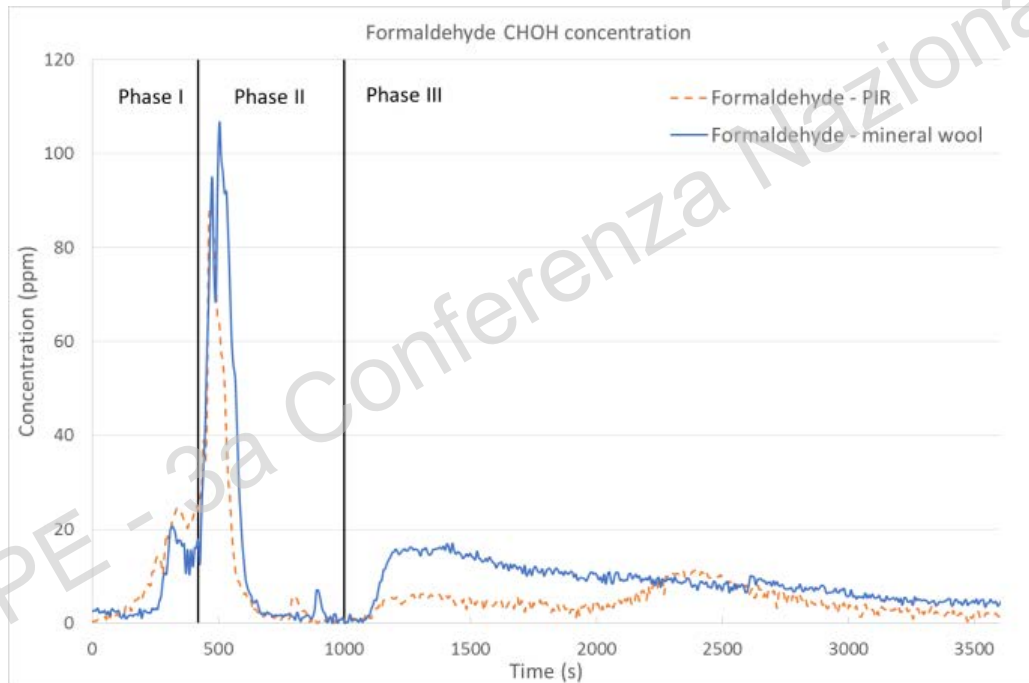


Hydrogen Cyanide

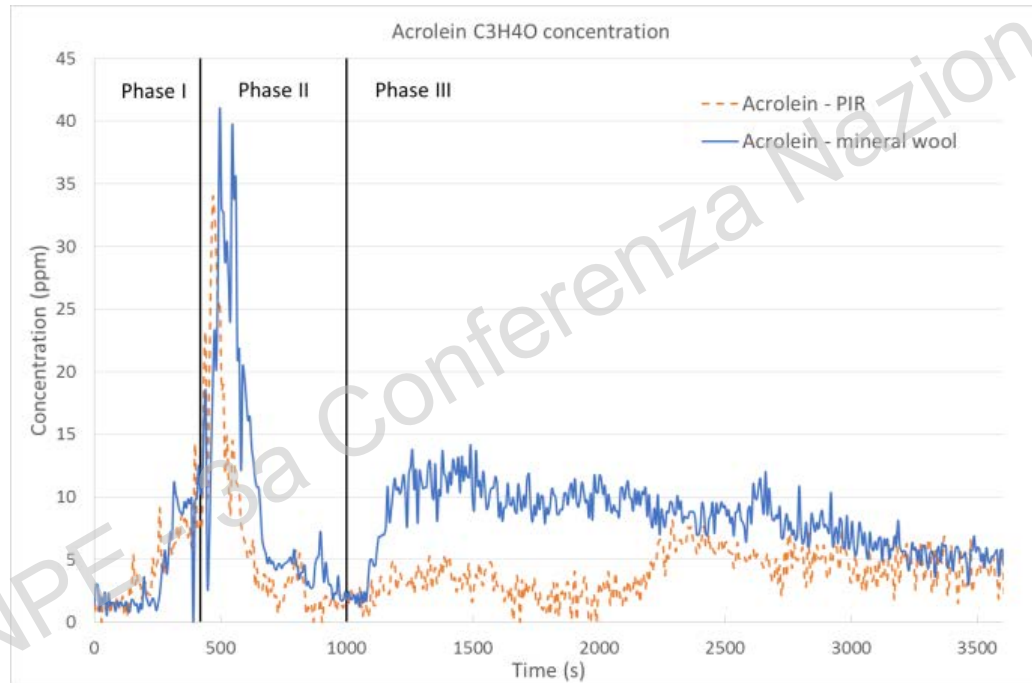
(LC 50 for 30 minutes is 165 ppm)



Formaldehyde



Acrolein



Impact of Toxicity

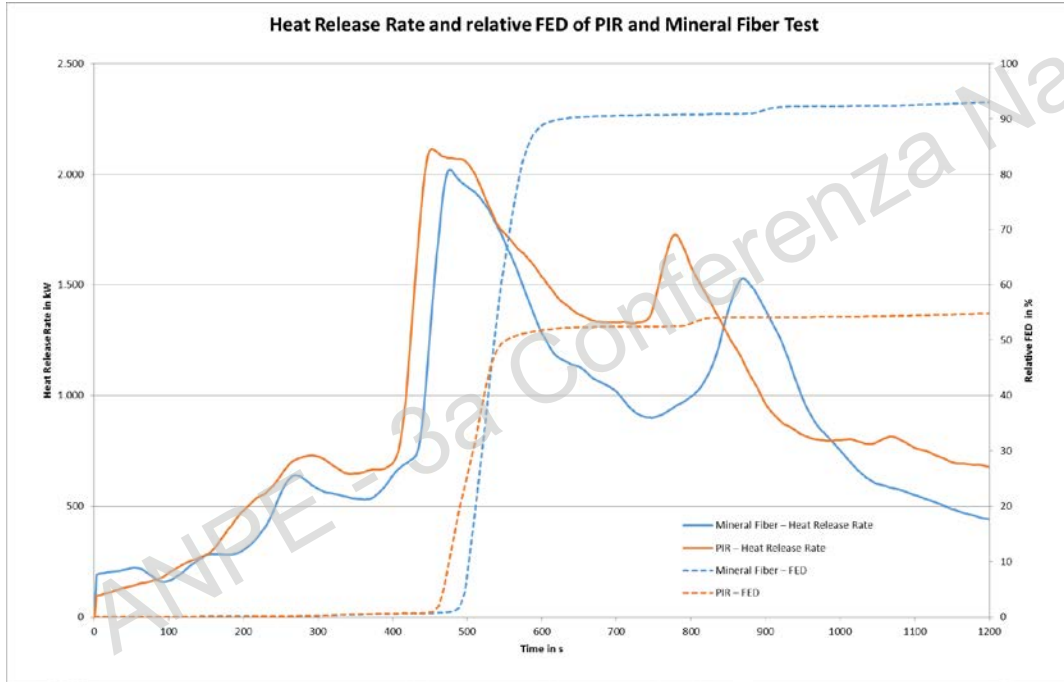
- Open system, constant flow measurement
- Calculations based on ISO 13571
- Fractional Effective Dose (FED) based on CO, CO₂, HCN
- Fractional Effective Concentration (FEC) based on CHOH, HCl, C₃H₄O, NO_x, SO₂

Impatto di tossicità

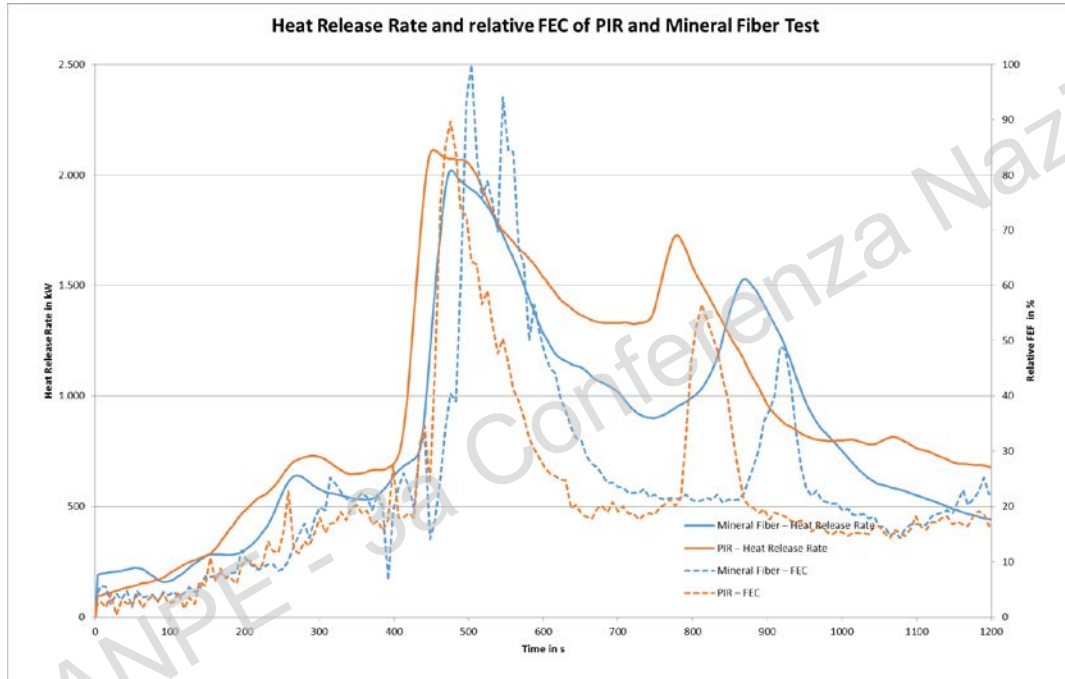
- Sistema aperto, misura del flusso costante,
- calcoli basati sulla ISO 13571,
- FED basata su CO, CO₂, HCN,
- FEC basata su CHOH, HCL C₃H₄O, NO_x, SO₂

FED vs HRR

Relevant contribution to FED long before insulation contributed



FEC vs HRR



Observations

- Flashover approximately 6 minutes after ignition of armchair
- Cracking of gypsum board wall covering after 20 minutes
- Parts of gypsum board collapsing after 30 minutes
- Evidence of glowing and smouldering after 24 hours in the mineral wool test only

Osservazioni

- Flashover circa 6' dopo l'accensione della poltrona
- Rottura del cartongesso di rivestimento dopo 20'
- Pezzi di cartongesso cadono dopo 30'
- Evidenza di «glowing e smoulderig» (post combustione e post incandescenza)dopo 24 ore solo per il test con lana minerale

Findings

Two similar tests with similar readings

- Peak HRR at similar times
- Toxic hazard
 - in early stage similar
 - dominated by content
- Flashover readings for all gases in extremes higher than later when insulation starts to be involved
- Even in decay phase limited difference between both tests
 - CO and HCN far below LC50 concentrations

Considerazioni

2 test simili con osservazioni simili

- picco di HRR a tempi vicini
- rischi di tossicità
 - simili nella prima fase
 - determinati dai contenuti della stanza
- i dati per tutti i gas sono molto più alti al flashover che più tardi, quando viene coinvolto l'isolante
- anche nella fase di decadimento piccole differenze tra i 2 test
 - CO e HCN molto al di sotto dei valori LC50.

Conclusions

- Fire development and smoke obscuration and toxicity are content driven far before envelope contributes (20 minutes before gypsum starts failing)
- Performance of the complete build-up is more relevant, than that of construction products only
- As smoke inhalation contributes in case of occupant fatalities
 - Early detection is key
 - Other measures like safe egress design are most important

Conclusioni

- Lo sviluppo dell'incendio, l'opacità e la tossicità sono dovute al contenuto, ben prima del contributo della struttura (20' prima che il cartongesso cominci a cadere)
- Il comportamento del modello completo è più importante di quello del singolo prodotto da costruzione
- Poiché l'inalazione dei fumi risulta determinante per la mortalità degli occupanti
 - è determinante un rilevamento tempestivo
 - altre misure, quali la progettazione corretta delle uscite di sicurezza, sono molto importanti.



EFFICIENZA & EFFICACIA

Thanks for your attention

Dipl. Phys. Edith Antonatus
Technical Consultant PU Europe

Mail: external-consultant@pu-europe.eu