

TOSSICITA' DEI FUMI

► Il panorama normativo

CLAUDIO BAIOCCHI – L.S. FIRE TESTING INSTITUTE SRL

BOLOGNA - 26 MAGGIO 2015



TOSSICITA' DEI FUMI

- ▶ Settore ferroviario in Italia (UNI CEI 11170)
- ▶ Settore navale (IMO FTP Code)
- ▶ Settore aeronautico (Airbus / ABD 0031)
- ▶ Settore ferroviario in Europa (EN 45545-2)
 - ▶ Revisione (Programma Transfeu)



SETTORE FERROVIARIO (ITALIA)

NORMA ITALIANA	Veicoli ferrotranviari Linee guida per la protezione al fuoco dei veicoli ferrotranviari ed a via guidata Valutazione del comportamento al fuoco dei materiali - Limiti di accettabilità	UNI CEI 11170-3 NOVEMBRE 2005
	Railway and tramway vehicles Guidelines for fire protection of railway, tramway and guided path vehicles Evaluation of fire behaviour of materials - Limits of acceptance La norma ha lo scopo di definire i metodi di prova per la valutazione del comportamento al fuoco dei materiali su scala di laboratorio, di stabilire i criteri di giudizio ed i limiti di accettabilità per i materiali.	

Norma di riferimento

NF F 16-101

Matériel roulant ferroviarie - Comportement au feu - Choix des matériaux

4.3

NF X70-100-1

Essais de comportement au feu - Analyse des effluents gazeux - Partie 1: Methodes d'analyses des gaz provenant de la dégradation thermique

NF X70-100-2 C.S.

Essais de comportement au feu - Analyse des effluents gazeux - Partie 2: Méthode de dégradation thermique au four tubulaire

Analisi dei gas e opacità dei fumi

Per l'analisi dei gas e opacità dei fumi si applica la:

- NF F 16-101, con attribuzione della classe di fumo F (vedere prospetti 1 e 2);
- CEI 20-37/7 con attribuzione dei limiti indicati nel prospetto 2 della presente parte della norma;
- si applica il "Metodo di valutazione dinamica degli effluenti dell'incendio secondo l'appendice A, (metodo per la valutazione dinamica dei gas e dei fumi) e utilizzando il metodo UNIFER E10 02 DT01 "Analisi su scala di laboratorio degli effluenti prodotti durante la combustione dei materiali in condizioni rappresentative della prima fase dell'incendio. Condizioni di accumulo" (vedere prospetto 1)³⁾.

6.4 Indice de fumée

L'«indice de fumée», noté « I.F. », est calculé à partir de la valeur de la densité optique spécifique maximale (D_m), de la valeur d'obscurcissement (VOF4) et de la valeur de l'indice de toxicité conventionnel (I.T.C.) (1), valeurs obtenues lors de l'examen des fumées conformément aux indications des paragraphes 6.2 et 6.3, selon la formule :

$$I.F. = \frac{D_m}{100} + \frac{VOF4}{30} + \frac{I.T.C.}{2} \quad (1)$$

Les valeurs obtenues pour chacun des rapports ci-dessus sont exprimées avec deux décimales. Le résultat (I.F.) est arrondi à l'unité la plus voisine.

Selon les valeurs obtenues pour I.F., les matériaux sont classés dans six classes notées F0 à F5 définies dans le tableau 4.

TABLEAU 4

Classe	Valeur de I.F
F0	≤ 5
F1	≤ 20
F2	≤ 40
F3	≤ 80
F4	≤ 120
F5	> 120

6.3 Toxicité des gaz émis

Pour évaluer la toxicité des gaz émis, les teneurs trouvées à l'analyse sont comparées à des valeurs, prises comme référence, appelées «concentrations critiques», exprimées en mg/m^3 et notées «C.C.». La concentration critique d'un gaz est la concentration maximale qu'un individu est capable de supporter durant quinze minutes sans atteintes biologiques irréversibles. Les concentrations critiques des gaz analysés sont définies dans le tableau 3.

TABLEAU 3

Gaz	C.C. (mg/m^3)
CO	1 750
CO ₂	90 000
HCl	150
HBr	170
HCN	55
HF	17
SO ₂	260

6.3.1 Modalité d'essais

La méthode d'essai est celle décrite dans la norme NF X 70-100. L'essai est effectué à 600 °C. Dans le cas des conducteurs et des câbles électriques, l'essai est effectué à 800 °C.

6.3.2 Expression des résultats

Les teneurs « t » en gaz (CO, CO₂, HCl, HBr, HCN, HF, SO₂) sont exprimées en milligrammes de gaz par gramme de matériau.

À partir de ces valeurs « t » et des valeurs de concentrations critiques correspondantes « CC_i », on détermine un indice de toxicité conventionnel noté « I.T.C. ».

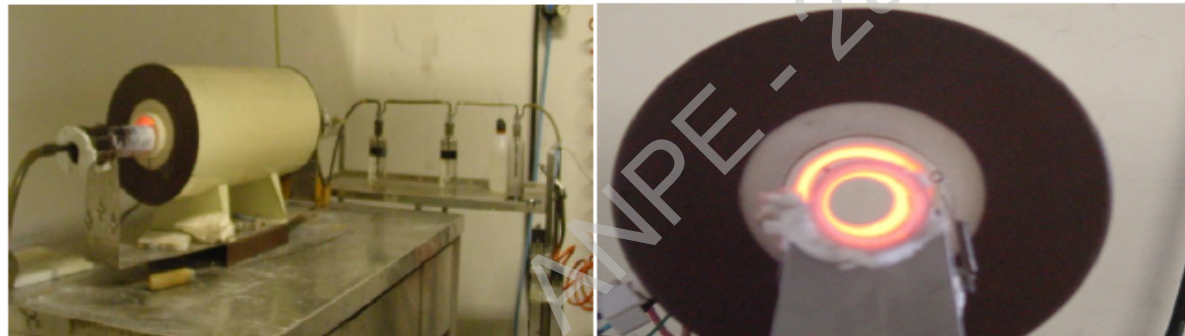
$$I.T.C. = 100 \times \sum \frac{t_i}{CC_i}$$

Dans le cas particulier des conducteurs et câbles électriques, l'indice de toxicité est corrigé pour tenir compte de la masse relative de leur gaine ou de leur enveloppe-gaine selon la formule :

$$I.T.C._{cable} = I.T.C._{gaine} \times \frac{m_1}{m_2}$$

m_1 = masse linéique de la gaine ou de l'enveloppe gaine

m_2 = masse linéique du câble ou du conducteur



Gas	Method of analysis
CO	Non-dispersive Infrared
CO ₂	Non-dispersive Infrared
HF	Spectrophotometry specific electrode ionometry
HCl	Titrimetry using an Ag electrode Ion chromatography
HBr	Titrimetry using an Ag electrode Ion chromatography
HCN	Spectrophotometry Ion chromatography
SO ₂	Ion chromatography
NO, NO _x	Chemiluminescence
NO ₂	Ion chromatography
Acrolein	Spectrophotometry High performance liquid chromatography
Formaldehyde	Spectrophotometry High performance liquid chromatography

SETTORE FERROVIARIO (ITALIA)

ESEMPI DI REQUISITI

prospetto 1 Criteri di accettabilità per materiali e componenti di allestimento

Valutazione dei materiali e componenti			Limiti di accettabilità in funzione dei livelli di rischio			
Posizione	Applicazione	Metodo di prova/ Norma di riferimento	LR1	LR2	LR3	LR4
3	Pareti e rivestimenti pareti (comprese le pellicole con funzione decorativa)	UNI 8457 - UNI 9174 NF F 16-101 Appendice A della presente norma UNI EN ISO 1716 ISO 5660-1	Classe 2A F 2	Classe 2A F 2	Classe 1A F 1	Classe 1A F 1
6	Materiali per isolamento termico ed acustico (posizionati a parete o soffitto)	UNI 8457 - UNI 9174 NF F 16-101 Appendice A della presente norma UNI EN ISO 1716 ISO 5660-1	Classe 2A F 2	Classe 2A F 2	Classe 1A F 1	Classe 1A F 1
7	Materiali per isolamento termico ed acustico (posizionati a pavimento)	UNI 8457 - UNI 9174 NF F 16-101 Appendice A della presente norma UNI EN ISO 1716 ISO 5660-1	Classe 2B F 3	Classe 2A F 3	Classe 1B F 2	Classe 1B F 2
11	Sedute imbottite: imbottitura (compresi i materassi ed i guanciali delle carrozze letto/cuccette)	UNI 9175 NF F 16-101 Appendice A della presente norma UNI EN ISO 1716 ISO 5660-1	Classe 1 IM F 3	Classe 1 IM F 3	Classe 1 IM F 2	Classe 1 IM F 2
12	Componenti in P.U.R. a pelle integrale (per esempio braccioli, appoggiatesta, ecc.)	UNI 9175 NF F 16-101 UNI EN ISO 1716 ISO 5660-1	Classe 1 IM F 3	Classe 1 IM F 3	Classe 1 IM F 2	Classe 1 IM F 2
10	Sedute rigide	UNI 8457 - UNI 9174 NF F 16-101 Appendice A della presente norma UNI EN ISO 1716 ISO 5660-1	Classe 2D F 3	Classe 2A F 3	∅	∅



E

MARITIME SAFETY COMMITTEE
88th session
Agenda item 26

MSC 88/26/Add.2
7 February 2011
Original: ENGLISH

**REPORT OF THE MARITIME SAFETY COMMITTEE ON ITS
EIGHTY-EIGHTH SESSION**

Attached is annex 1 to the report of the Maritime Safety Committee on its eighty-eighth session (MSC 88/26).

MSC 88/26/Add.2
Annex 1, page 1

ANNEX 1

RESOLUTION MSC.307(88)
(adopted on 3 December 2010)

**ADOPTION OF THE INTERNATIONAL CODE FOR APPLICATION
OF FIRE TEST PROCEDURES, 2010**
(2010 FTP CODE)

ISO 5659-2 (Single smoke chamber)

Fornace conica orizzontale

Dimensioni campione : 75mm x 75mm x 25mm spess (max)

IMO FTP Code Annex 1 part 2 (navale)

ISO TC 92 SC 1 WG12

Standard ISO 21489 Fire test. Method of measurement of gases using Fourier Transform Infrared spectroscopy (FTIR) in cumulative smoke test at the preliminary identified maximum smoke density point

Parametri:

Ds max (Dm) con limiti di accettazione a seconda del tipo di applicazione

Concentrazione dei gas con prelievo al tempo di raggiungimento del valore di Dm con limiti di accettazione per ogni gas

3 condizioni di prova:

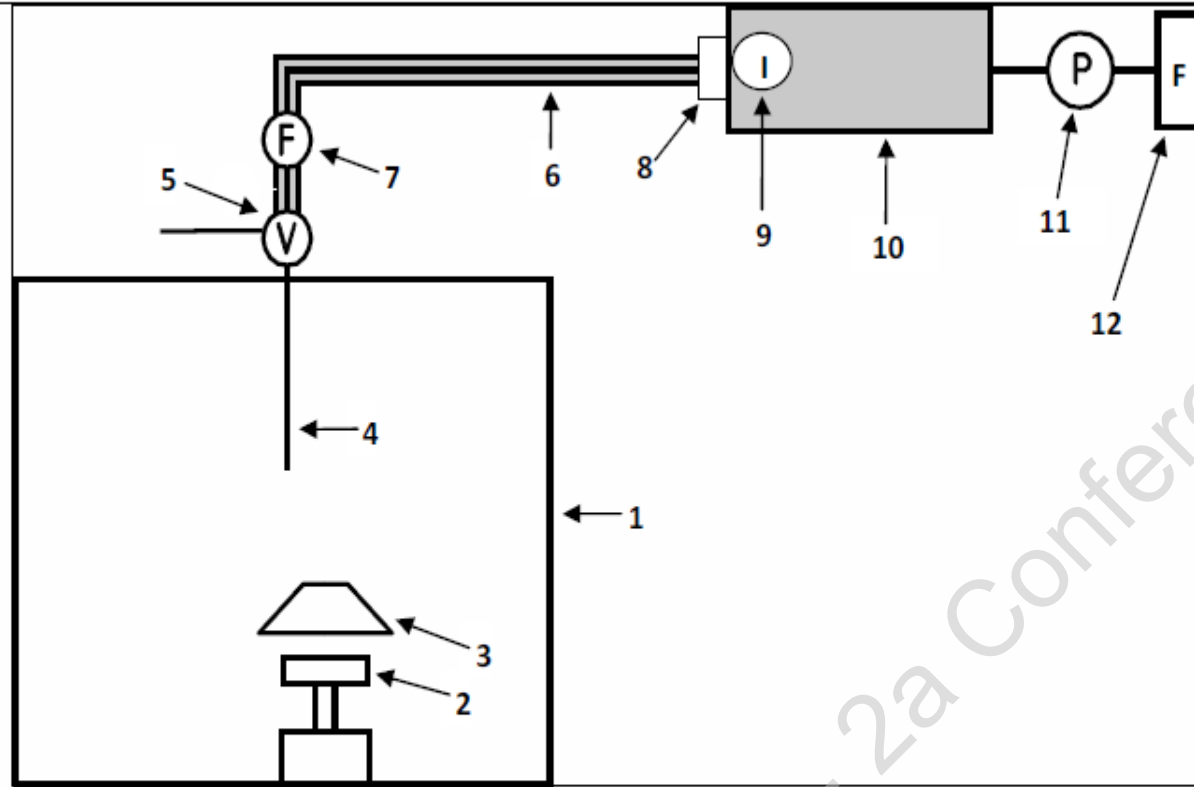
25 kW/m² senza fiamma pilota

25 kW/m² con fiamma pilota

50 kW/m² senza fiamma pilota



Standard ISO 21489



Key

- | | |
|--------------------------------------|---|
| (1) Smoke chamber (ISO 5659-2) | (7) Heated soot filter |
| (2) Sample holder | (8) Heated protecting filter at cell entrance |
| (3) Cone shape radiating heater | (9) Pressure indicator |
| (4) Sampling probe of fire effluents | (10) Heated measuring cell of FTIR spectrometer |
| (5) Heated 3-way Valve | (11) Pump for gas extraction (after analyser) |
| (6) Heated gas sampling line | (12) Volume flowmeter |

FTP Code

2.6.2 Toxicity

The gas concentration measured at each test condition shall not exceed the following limits:

CO 1450 ppm	HBr 600 ppm
HCl 600 ppm	HCN 140 ppm
HF 600 ppm	SO ₂ 120 ppm
NO _x 350 ppm	

Reference number of working document: **ISO/TC 92/SC 1/WG5 N 635**

Date: 2015-02-05

Reference number of document: **ISO/CD 19021**

Committee identification: ISO/TC 92/SC 1/WG 5

Secretariat: BSI

**Test method for determination of gas concentrations in ISO 5659-2 using
Fourier transform infrared spectroscopy**

*Méthode pour déterminer les concentrations des gaz émis lors de l'essai ISO 5659-2 par spectroscopie infrarouge
à transformée de Fourier*

Document type: International standard
Document subtype: if applicable
Document stage: (00)
Document language: E

C:\Dossiers_de_synchronisation\Normalisation_réglementation\Normalisation\ISO_TC92\ISO_TC92SC1\ISO_1902
1_Smoke_box_FTIR\CD\Nxxx_ISO CD 19021_including_answers_dec_2014.doc ISO Basic template Version
3.0 1997-02-03

Fireworthiness Requirements Pressurized Section of Fuselage

AITM 3.0005 [24] Determination of Specific Gas Components of Smoke Generated by non-metallic Aircraft Materials inside the pressurized section of fuselage

NBS chamber

Fornace verticale

Dimensioni campione : 75mm x 75mm x 25mm spess (max)

Misura dell'andamento dei fumi opachi con rilevazione della densità specifica (Ds) e concentrazioni gas.

Parametri:

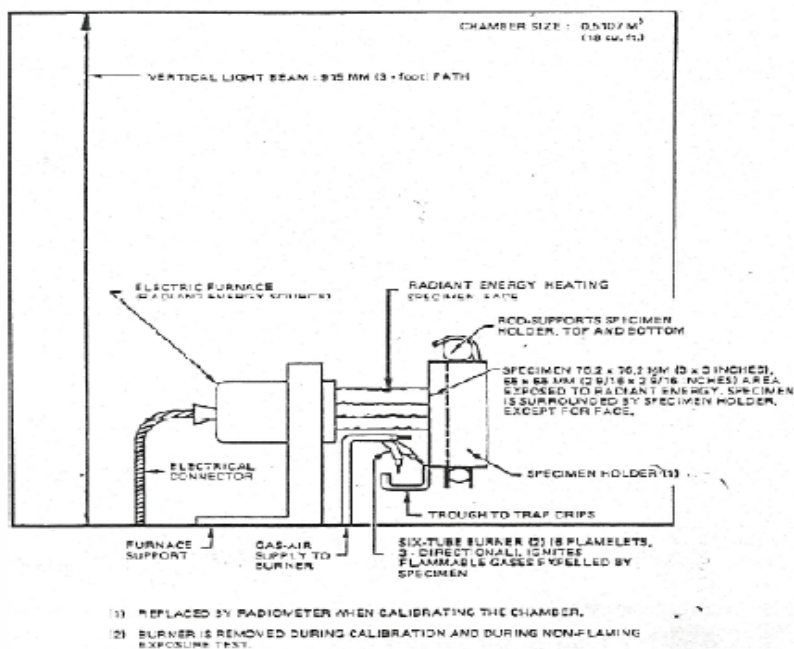
Conc. Gas a 4min (limiti di accettazione)

Entrambi i metodi con 2 condizioni di prova:

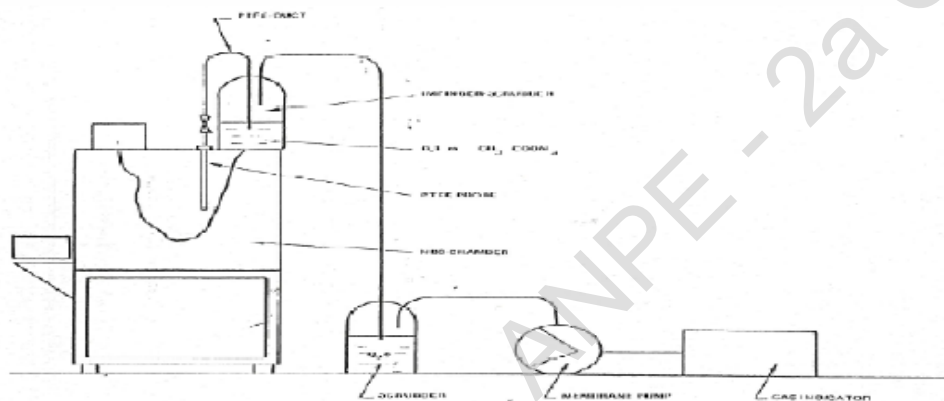
25 kW/m² smouldering

25 kW/m² flaming





TEST SET-UP, NBS SMOKE DENSITY CHAMBER



REQUISITI DI CONCENTRAZIONE PER GAS:

Acceptance criteria:

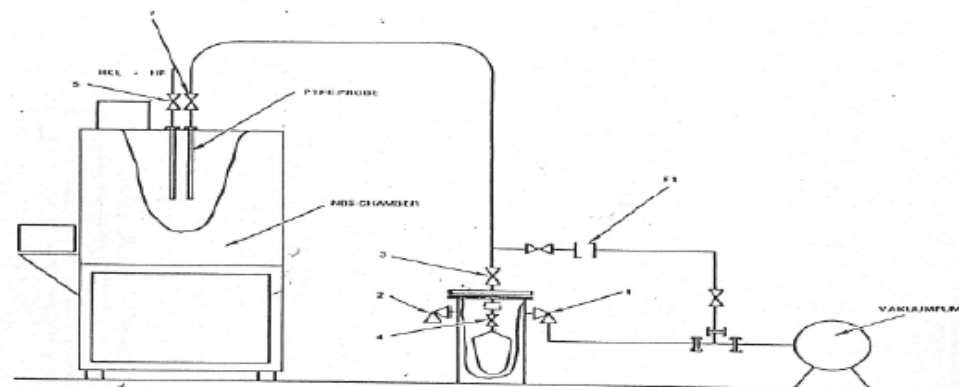
The average concentration (in parts per million, ppm) of following gas components of smoke must not exceed the limits, listed table below, within the relevant test duration under the required test conditions:

GAS COMPONENT	LIMIT OF CONCENTRATION
Hydrogen Fluoride	HF → 100 ppm
Hydrogen Chloride	HCl → 150 ppm
Hydrogen Cyanide	HCN → 150 ppm
Sulfur Dioxide	SO ₂ → 100 ppm ³⁰
Nitrous Gases	NO/NO ₂ → 100 ppm
Carbon Monoxide	CO → 1000 ppm

METODI DI ANALISI:

HF e HCl:
Campionamento in umido e titolazione potenziometrica con elettrodi ionoselettivi

HCN, SO₂, NO_x e CO:
Raccolta con borse di campionamento in PTFE e dosaggio con tubi colorimetrici Dräger.



SETTORE FERROVIARIO EUROPEO

EUROPEAN STANDARD

EN 45545-2

NORME EUROPÉENNE

EUROPÄISCHE NORM

March 2013

ICS 45.060.01; 13.220.20

Supersedes CEN/TS 45545-2:2009

English Version

Railway applications - Fire protection on railway vehicles - Part 2: Requirements for fire behavior of materials and components

Applications ferroviaires - Protection contre les incendies dans les véhicules ferroviaires - Partie 2: Exigences du comportement au feu des matériaux et des composants

Eisenbahnanwendungen - Brandschutz in Schienenfahrzeugen - Teil 2: Anforderungen an das Brandverhalten von Materialien und Komponenten

This European Standard was approved by CEN on 7 December 2012.

CEN and CENELEC members are bound to comply with the ICS-MTC-CENELEC internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration. Up-to-date lists and bibliographical references concerning such national standards may be obtained on application to the CEN-CENELEC Management Centre or to any CEN and CENELEC member.

This European Standard exists in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CEN and CENELEC member into its own language and notified to the CEN-CENELEC Management Centre has the same status as the official versions.

CEN and CENELEC members are the national standards bodies and national electrotechnical committees of Austria, Belgium, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, Former Yugoslav Republic of Macedonia, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey and United Kingdom.



CEN-CENELEC Management Centre:
Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels

© 2013 CEN/CENELEC. All rights of exploitation in any form and by any means reserved worldwide for CEN national Members and for CENELEC Members.

Ref. No. EN 45545-2:2013 E

ISO 5659-2 (Single smoke chamber)

Fornace conica orizzontale

Dimensioni campione : 75mm x 75mm x 25mm spess (max)

EN 45545 part 2 annex C method 1

Railway applications - Fire protection of railway vehicles - Part 2:
Requirements for fire behaviour of materials and components

Testing methods for determination of toxic gases from railway products

Parametri:

Ds max (Dm) con limiti di accettazione a seconda del tipo di applicazione e requisiti

Ds4min con limiti di accettazione a seconda del tipo di applicazione e requisiti

VOF4 con limiti di accettazione a seconda del tipo di applicazione e requisiti

CIT_{4min}: Conventional Index of Toxicity at 4min

CIT_{8min}: Conventional Index of Toxicity at 8min

con limiti di accettazione a seconda del tipo di applicazione e requisiti

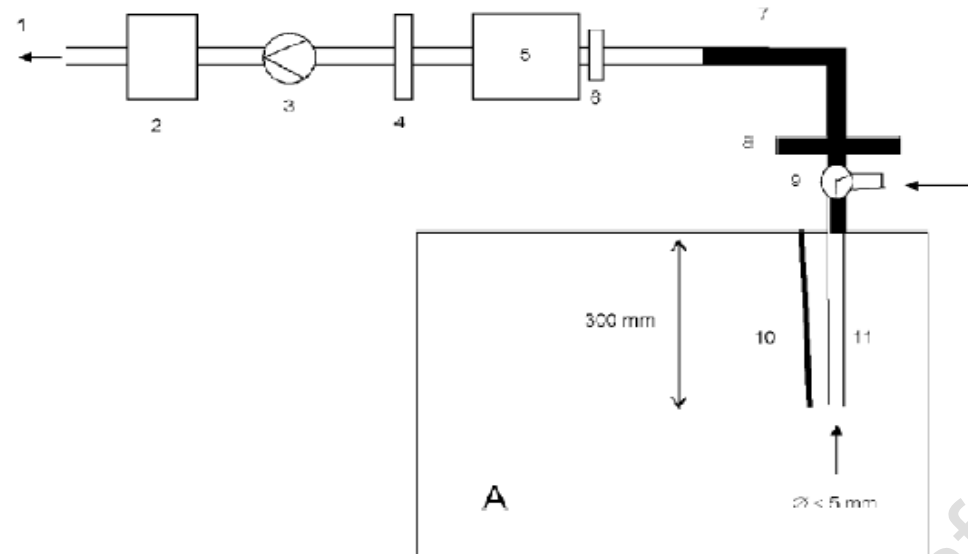
2 condizioni di prova
(a seconda del tipo di applicazione e requisiti):

25 kW/m² con fiamma pilota

50 kW/m² senza fiamma pilota



EN 45545 part 2 annex C method 1



Key

- A EN ISO 5659-2 single smoke chamber
- 1 specified flow rate
- 2 counter
- 3 pump
- 4 flow meter
- 5 FTIR gas cell (165 °C ± 15 °C)
- 6 cell protecting 1µ filter
- 7 heated sampling line
- 8 heated filter
- 9 shunter
- 10 thermocouple
- 11 sampling point

Figure C.1 — Smoke chamber and effluent sampling system for FTIR analysis (Method 1)

Calcolo del CIT

$$\text{CIT} = [\text{Precursor Term}] \times [\text{Summation Term}]$$

CIT_G is defined as follows:

$$\text{CIT}_G = \frac{0,51 \text{ m}^3 \times 0,1 \text{ m}^2}{150 \text{ m}^3 \times 0,004225 \text{ m}^2} \times \sum_{i=1}^{i=8} \frac{c_i \text{ mgm}^{-3}}{C_i \text{ mgm}^{-3}}$$

where

The model is 0,1 m² material burning and the gaseous effluents disperse into 150 m³.

c_i is the concentration of the ith gas in the EN ISO 5659-2 smoke chamber;

C_i is the reference concentration of the ith gas.

This expression simplifies to:

$$\text{CIT}_G = 0,0805 \times \sum_{i=1}^{i=8} \frac{c_i}{C_i}$$

Table 1 — Reference concentrations of the gas components

Gas component	Reference concentration mg/m ³
CO ₂	72 000
CO	1 380
HBr	99
HCl	76
HCN	55
HF	26
NO _x	38
SO ₂	262

NOTE These reference values are based on IDLH (Immediately Dangerous to Life and Health), recognised as a limit for personal exposure to the gas component by NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) (1997 version).

Table 2 — Requirements of listed products (1 of 7)

Product No	Name	Details	Requirement
IN	Interiors		
IN1A	Interior vertical surfaces	Interior components (structure and covering) such as side walls, front walls / end-walls, partitions, room dividers, flaps, boxes, hoods, louvres. Interior doors, interior lining of the front-/end-wall doors and external doors. Windows (including plastics and glazing) Insulation material and interior surface of body shell. Kitchen interior surfaces (except those of kitchen equipment).	R1
IN1B	Interior horizontal downward-facing surfaces	Interior components (structure and coverings) such as ceiling panelling, flaps, boxes, hoods, louvres. Insulation material and interior surface of body shell.	R1
IN12A	Air ducts - Interior surfaces	Interior surfaces of ducts which are installed on the interior of the vehicle and from which air flows into the vehicle interior.	R1

Product No	Name	Details	Requirement
IN	Interiors		
IN12B	Air ducts – Exterior surfaces	Exterior surfaces of ducts which are installed in the interior of the vehicle, but from which air flows into the vehicle interior.	R1

Table 5 — Material requirement sets (1 of 9)

Requirement set (relevant product no.)	Test method reference	Parameter and unit	Maximum or Minimum	HL1	HL2	HL3
R1 (IN1A; IN1B; IN1D; IN1E; IN4; IN5; IN6A; IN7; IN8; IN9B; IN11; IN12A; IN12B; IN14; F5)	T02 ISO 5658-2	CFE kWm^{-2}	Minimum	20 _a	20 _a	20 _a
	T03.01 ISO 5660-1: 50 kWm^{-2}	$MARHE$ kWm^{-2}	Maximum	_a -	90	60
	T10.01 EN ISO 5659-2: 50 kWm^{-2}	$D_s(4)$ dimensionless	Maximum	600	300	150
	T10.02 EN ISO 5659-2: 50 kWm^{-2}	VOF_4 min	Maximum	1 200	600	300
	T11.01 EN ISO 5659-2: 50 kWm^{-2}	CIT_G dimensionless	Maximum	1,2	0,9	0,75

SETTORE FERROVIARIO EUROPEO

IN15	Floor composites	The floor composites include the floor substrate (together with any thermal insulation) and floor covering (together with any fixings or adhesives applied in end use conditions).	R10
------	------------------	--	-----

R10 (IN1C; IN15)	T04 EN ISO 9239-1	CHF kWm^{-2}	Minimum	4,5	6	8
	T03.02 ISO 5660-1: 25 kWm^{-2}	$MARHE$ kWm^{-2}	Maximum	–	–	–
	T10.03 EN ISO 5659-2: 25 kWm^{-2}	D_s max. dimensionless	Maximum	600	300	150
	T11.02 EN ISO 5659-2: 25 kWm^{-2}	CIT_G dimensionless	Maximum	1,2	0,9	0,75

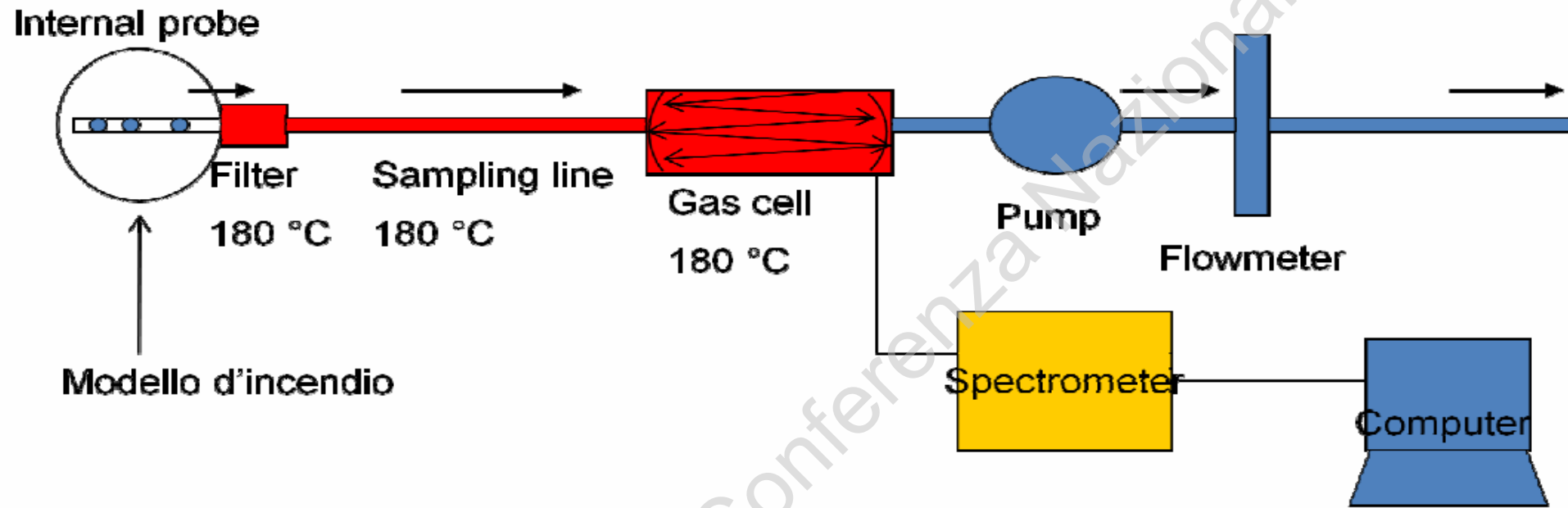
F1A	Upholstery for passenger seats and head rest	Upholstery includes the trimming (e. g. suspension system), flexible foam core, intermediate layers (e. g. fire barrier, anti-vandal layer), seat covers (e. g. base, back, side cover) and head rest upholstery. Details of test specimen preparation are given in Annex D.	R21
-----	--	---	-----

F1B	Armrests for passenger seats	The surface on which the arm rests shall be tested. In addition, the downwards facing and vertical surfaces in the normal operating position shall comply with the requirements of 5.2.2.2 Fire integrity. Details of test specimen preparation are given in Annex D..	R21
-----	------------------------------	---	-----

R21 (F1A; F1B; F1E; F3)	T03.02 ISO 5660-1: 25 kWm ⁻²	<i>MARHE</i> kWm ⁻²	Maximum	75	50	50
	T10.03 EN ISO 5659-2: 25 kWm ⁻²	<i>D_s</i> max. dimensionless	Maximum	300	300	200
	T11.02 EN ISO 5659-2: 25 kWm ⁻²	<i>CIT_G</i> dimensionless	Maximum	1,2	0,9	0,75

La FTIR applicata ai modelli di incendio

Schema generico

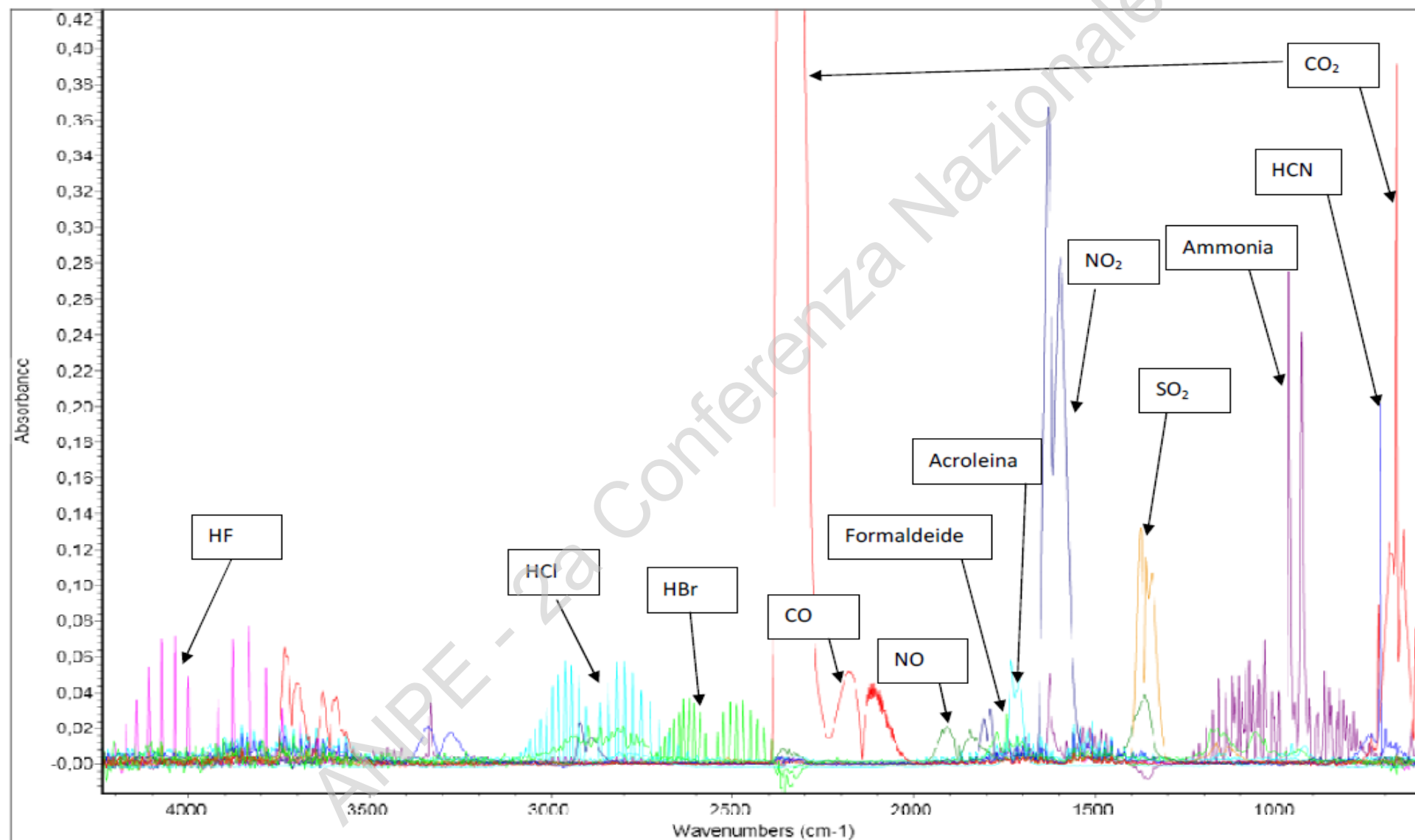


Il riscaldamento controllato dell'intera linea di prelievo e della cella di campionamento deriva dalla necessità di evitare la presenza di punti di condensazione di acidi alogenidrici come HCl (Acido cloridrico), HBr (Acido bromidrico) e HF (Acido fluoridrico) che si rischierebbe di non rilevare nella loro fase gassosa al punto di misura (cella di campionamento). Il sistema di filtraggio del particolato avviene mediante membrane in PTFE per evitare che la possibile presenza di HF possa reagire con la stessa.

La cella di campionamento presenta all'interno 2 specchi concavi che crea un sistema di multipla riflessione della radiazione IR in ingresso. Il percorso ottico di questa radiazione (IR pathlength) deve essere più lungo possibile in maniera da aumentare il livello di rilevabilità (sensibilità) dello strumento.

L' Assorbanza di picco (A) è direttamente proporzionale alla lunghezza del percorso ottico (pathlength).

Esempio di spettro in assorbimento acquisito da un analizzatore FTIR

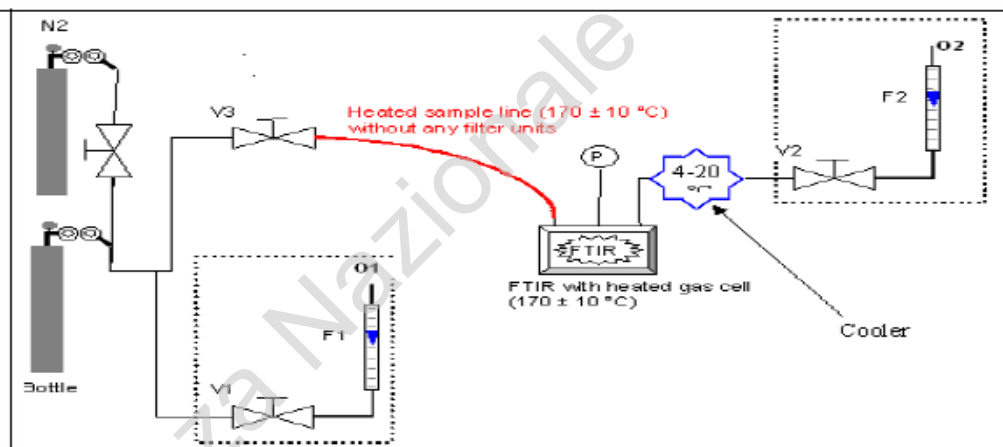


Calibrazione

La calibrazione viene effettuata utilizzando delle bombole certificate di gas a diverse concentrazioni diluiti in azoto.

Ogni concentrazione viene tradotta dal data base in spettro in assorbimento e successivamente inserita in una curva di taratura in relazione all'altezza o dell'area del picco specifico della specie chimica da determinare.

Il confronto tra questa curva di lavoro e lo spettro acquisto del campione in esame fornisce il dato di concentrazione dello specifico gas.



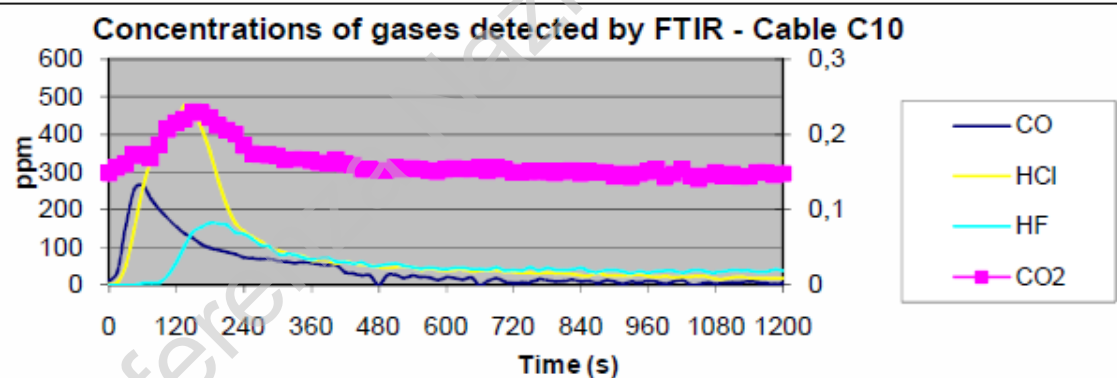
List of LSFire training spectra (FTIR):

Gas species	Concentration range (ppm)	Nr. of calibration points (training spectra)	Gas species	Concentration range (ppm)	Nr. of calibration points (training spectra)
CO (carbon monoxide)	0 - 5000	17	CH ₂ O (formaldehyde)	0 - 200	4
CO ₂ (carbon dioxide)	0 - 35000	17	C ₃ H ₄ O (acrolein)	0 - 250	3
HCN (hydrogen cyanide)	0 - 400	5	COCl ₂ (fosgene / carbonyl dichloride)	0 - 300	13
HCl (hydrogen chloride)	0 - 5000	5	COF ₂ (carbonyl difluoride)	0 - 250	3
HBr (hydrogen bromide)	0 - 1000	5	C ₃ H ₃ N (acrylonitrile)	0 - 650	14
HF (hydrogen fluoride)	0 - 500	4	NH ₃ (ammonia)	0 - 300	3
SO ₂ (sulfur dioxide)	0 - 300	3	Condition: Spectral Resolution= 4 cm ⁻¹ , Detector : DTGS, Gas cell temperature=180°C, Gas cell abs. pressure range = 990-1030 mbar 102 PUNTI DI CALIBRAZIONE		
NO (nitric oxide)	0 - 250	3			
NO ₂ (nitrogen dioxide)	0 - 700	3			

Quali sono i vantaggi della tecnica FTIR applicata all'analisi degli effluenti dell'incendio?

1. Una volta ottimizzata la parte più critica del sistema, ovvero la linea di campionamento, la misura della concentrazione dei gas può essere effettuata:
 - a. In modo discontinuo (una o più volte durante la prova ad intervalli distanti di tempo e ben definiti)
 - b. In modo continuo (per tutto il periodo di prova and intervalli relativamente brevi e ben definiti)

In questo modo si ottiene direttamente l'andamento della concentrazione del gas specifico in relazione al tempo: un risultato di notevole importanza del campo della prevenzione in quanto direttamente utilizzabile dai modellatori per determinare i tempi di evacuazione legati ad uno specifico scenario d'incendio.



2. La misura dei gas avviene utilizzando una sola tecnica analitica e non richiede differenti sistemi di campionamento che comporterebbero la classica chimica umida (bottiglie di gorgogliamento con differenti reagenti) a seconda della tipologia di specie chimica da rilevare.

Si evitano eventuali possibilità di errore legati alla manualità dell'operatore e all'utilizzo di svariate altre tecniche di chimica analitica come IC, HPLC, Titolazione potenziometrica, Spettrofotometria UV e VS.

3. Gli spettri in assorbimento acquisiti dal software sono archiviabili. Se si ha l'esigenza di misurare un gas rilevato (analisi qualitativa) ma di cui non si ha la curva di taratura (analisi quantitativa) esso può essere calibrato successivamente e quindi quantificato senza perdere alcuna informazione in relazione al test effettuato anche a distanza di tempo.

Nei metodi fin qui descritti il prelievo degli effluenti e la determinazione della concentrazione dei gas avviene in maniera discontinua, ovvero a determinati intervalli di tempo prestabiliti.

Uno dei vantaggi principali della tecnica FTIR è la possibilità di effettuare prelievi continui dall'atmosfera di prova attraverso il campionamento a flusso costante e calibrato nella cella a gas durante tutta la durata del test.

Questo tipo di sviluppo è stato studiato, ottimizzato ed alla fine applicato all'interno del

Programma Transfeu

(finanziamento UE 3.600.000 €)

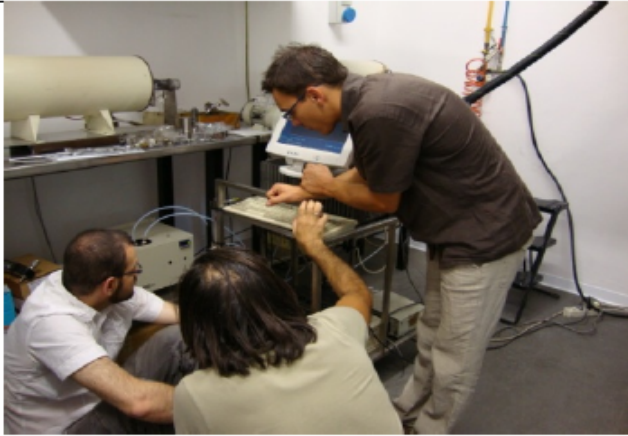
e si è arrivati ad una nuova e dettagliata procedura tecnica di prova:

Small scale test for dynamic measurement of smoke and toxic gases produced in a cumulative system

(ISO 5659–2 Smoke chamber)

WP2 & Comitato Scientifico : coordinamento LSFire

RICERCA TRANSFEU - Small scale test for dynamic measurement of smoke and toxic gases produced in a cumulative system (ISO 5659–2 Smoke chamber)



Nella fase di messa a punto della nuova configurazione numerose sono state le riunioni tecniche tenutesi nel laboratorio LSFire di Controguerra (TE) da parte di tutti i laboratori partner del progetto:

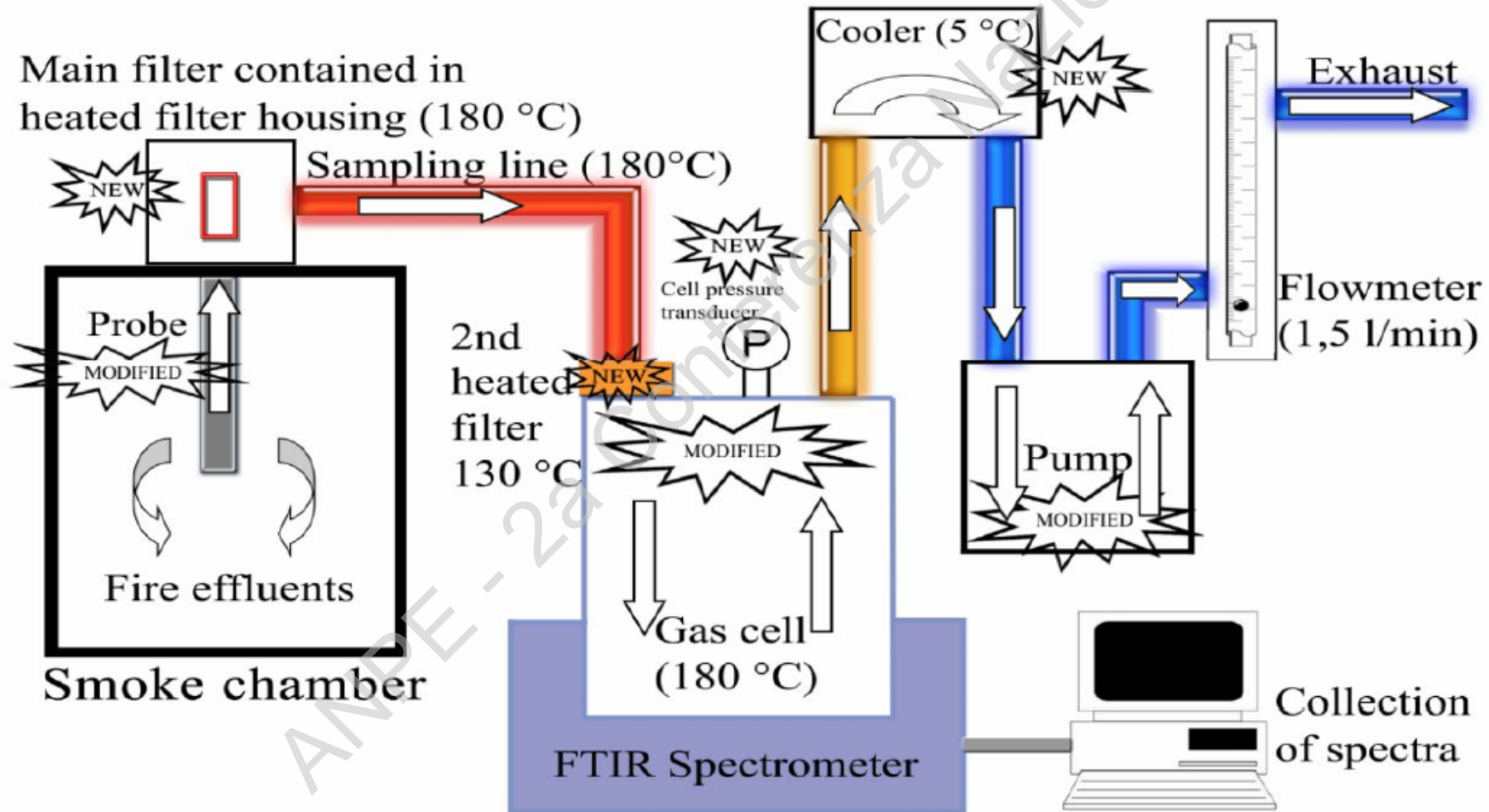
- ***LSFire (Italy)***
- ***LNE (France)***
- ***RATP (France)***
- ***SNCF (France)***
- ***Currenta (Germany)***
- ***Exova Warrington (UK)***
- ***BRE (UK)***
- ***SP (Sweden)***



RICERCA TRANSFEU - Small scale test for dynamic measurement of smoke and toxic gases produced in a cumulative system (ISO 5659-2 Smoke chamber)

Schema generale del nuovo sistema di prelievo procedura TRANSFEU

Transfeu WP 2.1.3 Small-scale test method for fire effluents



RICERCA TRANSFEU - Small scale test for dynamic measurement of smoke and toxic gases produced in a cumulative system (ISO 5659-2 Smoke chamber)

***La verifica della nuova procedura è stata effettuata inizialmente dai 3 laboratori di riferimento
LSFire – LNE – CURRENTA***

Per mezzo di prove interlaboratorio (Round Robin) che per la prima volta hanno fatto uso di liquidi combustibili come prodotti di riferimento al fine di verificare l'allineamento dei risultati.

- 4-4 Isocianato
- Cloroparaffina
- Tetrametil solfone
- Miscela (Isocianato + Cloroparaffina + Tetrametil solfone)

Gas rilevabili: CO, CO₂, HCN, NO, HCl, SO₂

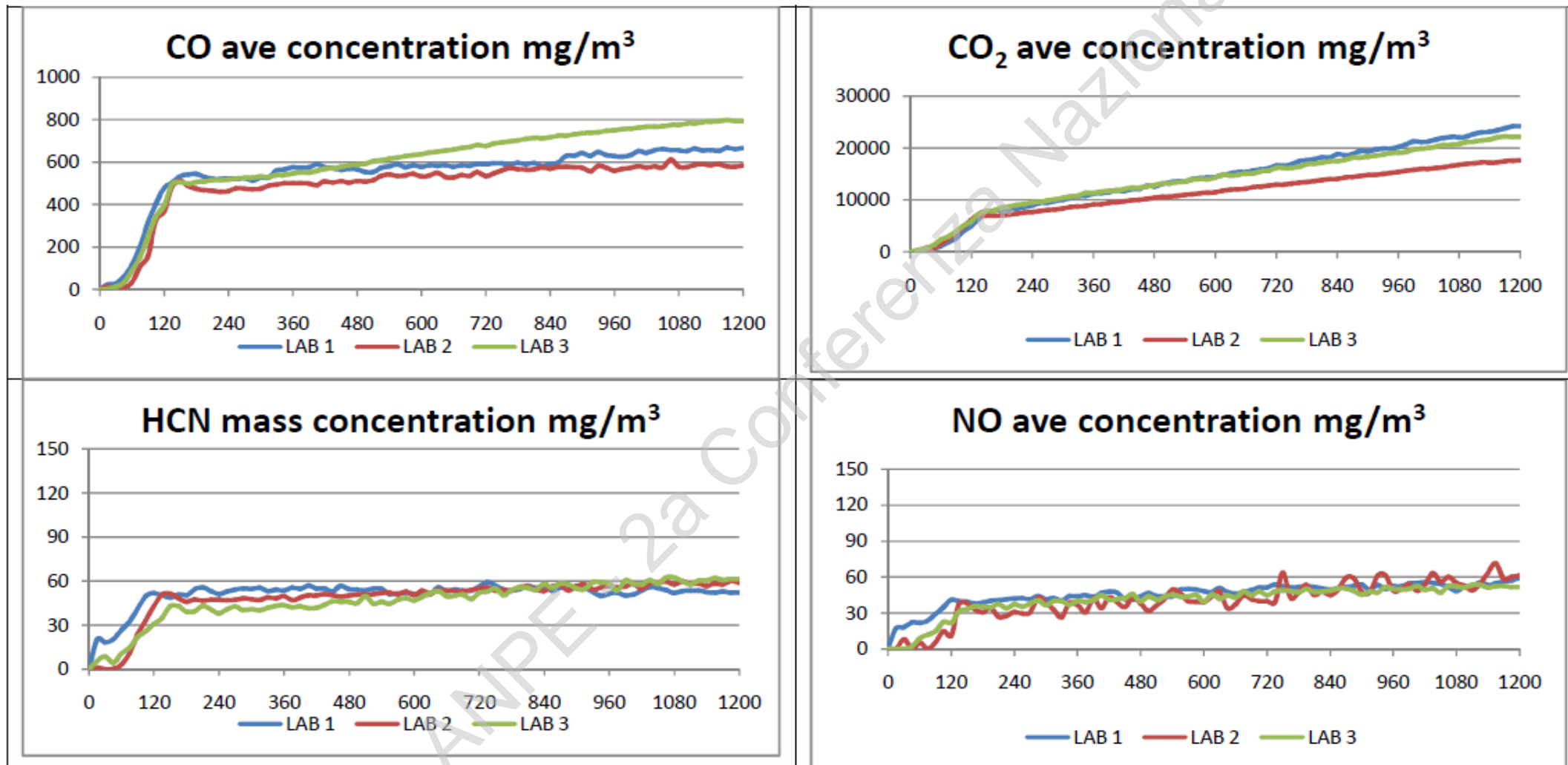
La nuova procedura è stata inclusa nel protocollo di verifica nell'ambito di tutti i laboratori TRANSFEU

***Le prove sono state eseguite a 50 kW/m² in presenza di fiamma pilota.
5 ripetizioni***



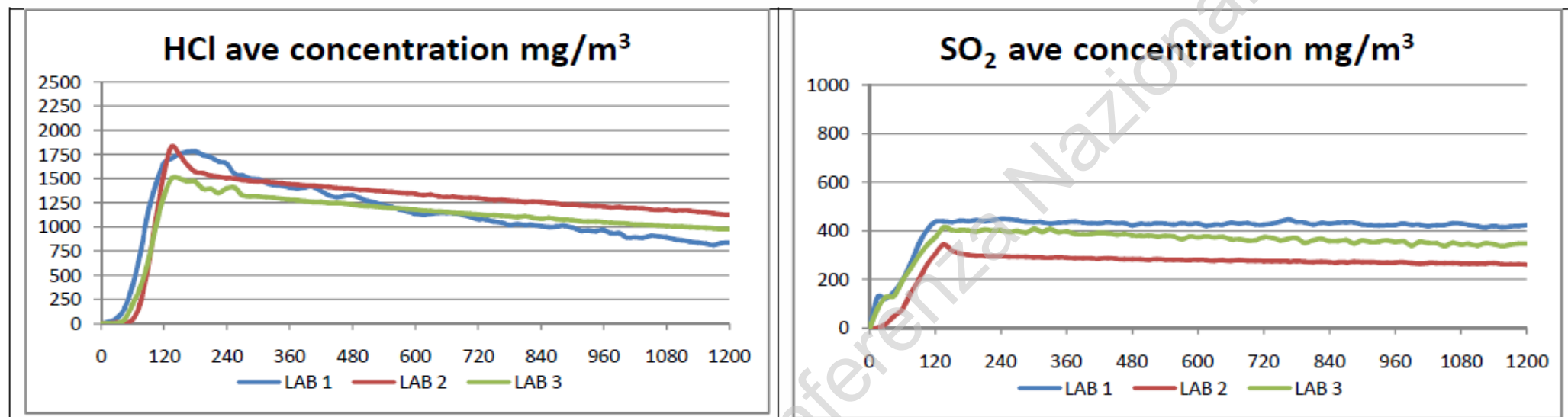
RICERCA TRANSFEU - Small scale test for dynamic measurement of smoke and toxic gases produced in a cumulative system (ISO 5659-2 Smoke chamber)

Liquid mixture



RICERCA TRANSFEU - Small scale test for dynamic measurement of smoke and toxic gases produced in a cumulative system (ISO 5659-2 Smoke chamber)

Liquid mixture



Si è proceduto ad eseguire un RR su 3 materiali di riferimento compresi nella lista dei 60 prodotti da valutare nel programma di ricerca.

- 1. Syntethic rubber glued on plywwod (IN 16-6) a 25 kW/m² with pilot flame***
- 2. GFK laminated (IN 1-5) a 50 kW/m² no pilot flame***
- 3. Upholstery for passenger seats and head rest 25 kW/m² with pilot flame***

Successivamente si sono eseguite prove su un numero complessivo di circa

60 prodotti

IN CASO D'INCENDIO SU UN TRENO

RSET = Tempo richiesto per raggiungere il primo luogo di sicurezza

ASET = Tempo disponibile per raggiungere il primo luogo di sicurezza

ASET dovrà essere determinato sperimentalmente

ASET > RSET

Questo dovrà essere determinato per ciascuna categoria di treno.

La nuova procedura di determinazione di gas tossici presenti negli effluenti d'incendio prevede l'analisi dinamica del loro sviluppo e da quindi la possibilità di calcolare il valore di ASET

Quando il calcolo del RSET sarà associato alle categorie di livello di rischio dei treni (HL) il sistema di classificazione sarà completato e valido per tutte le tipologie di prodotti/applicazioni.

RESIVIONE DELLA ATTUALE NORMA EUROPEA EN 45545-2

COME DETERMINARE IL VALORE DI ASET?

Utilizzando nuovi indici di tossicità che valutano l'effetto di incapacitazione dell'uomo in relazione al tempo di esposizione agli effluenti d'incendio

NELL'ATTUALE NORMATIVA

In generale, il valore di CITg è definito (pr en 45545-2 annex C.16.2) da 2 moduli essenziali:

$$\text{CITg} = [\text{Precursor Term}] \times [\text{Summation Term}]$$

Il [Precursor Term] identifica lo scenario d'incendio nei suoi parametri principali come:

- Volume
- Estensione dell'area bruciata

Nell'attuale versione della pr EN 45545-2

- $V=150\text{m}^3$
- l'area combusta stimata $=0.1 \text{ m}^2$.

Il [Summation term] è strettamente collegato alla misura ottenuta nella parte sperimentale:

$$\text{Summation Term} = \sum_{i=1}^{i=8} \frac{c_i (\text{mg.m}^{-3})}{C_i (\text{mg.m}^{-3})}$$

where

- c_i concentration of the i^{th} gas in the EN ISO 5659-2 smoke chamber at 4 min and 8 min
- C_i reference concentration of the i^{th} gas

$$\text{Precursor} = \frac{0.51 (\text{m}^3) \times 0.1 (\text{m}^2)}{150 (\text{m}^3) \times 0.004225 (\text{m}^2)}$$

$$\text{CITg} = [\text{Precursor Term}] \times [\text{Summation Term}]$$

NEL PROGETTO DI REVISIONE NORMATIVA

In alternativa all'uso dell'indice CIT_G si sta valutando la possibilità di utilizzare anche due diversi indici che si differenziano per gli effetti di tipo tossicologico che provocano sul fisico umano.

Tali indici sono stati concepiti nell'ambito del
ISO TC 92 SC3 "Fire threat to People and environment" documents
E descritti nel documento di riferimento
ISO TS 13571 " Life-threatening components on fire – Guidelines for the estimation of time available for escape using fire data"

- **FED** (Fractional effective dose) è calcolato tenendo conto di dosi limite di esposizione a gas asfissianti (CO e HCN) capaci di produrre "incapacitazione" su un soggetto di media suscettibilità (effetto cumulativo)
- **FEC** (Fractional effective concentration) è calcolato tenendo conto di concentrazioni limite di esposizione a gas irritanti (HCl, HBr, SO₂, NO_x, Acroleina, Formaldeide,...) capaci di produrre "incapacitazione" su un soggetto di media suscettibilità (effetto istantaneo)

ISO TC 92 SC3 “Fire threat to People and environment” documents

ISO TS 13571 “ Life-threatening components on fire – Guidelines for the estimation of time available for escape using fire data”

FED (Fractional effective dose) is calculated taking into account as reference limit values of exposed doses of the asphyxiant expected to produce incapacitation on a subject of average susceptibility / cumulative effect

$$FED = \sum_{t1}^{t2} \frac{[CO]}{35000 \text{ ppm} * \text{min}} \Delta t + \sum_{t1}^{t2} \frac{\exp([HCN] / 43)}{220 \text{ min}} \Delta t$$

If CO₂ exceeds a threshold level of 2% , FED is multiplied by a corrective factor VCO₂ that considers the respiratory frequency, increasing for the asphyxiating effect of CO₂
The formula to calculate VCO₂ is then

$$VCO_2 = \exp \frac{[\%CO_2]}{5}$$

ISO TC 92 SC3 “Fire threat to People and environment” documents

ISO TS 13571 “ Life-threatening components on fire – Guidelines for the estimation of time available for escape using fire data”

FEC (Fractional effective concentration) is calculated taking into account as reference limit values of exposed concentrations of the irritant to produce Incapacitation on a subject of average susceptibility / instantaneous effect

$$FEC = \frac{[HCl]}{F_{HCl}} + \frac{[HBr]}{F_{HBr}} + \frac{[HF]}{F_{HF}} + \frac{[SO_2]}{F_{SO_2}} + \frac{[NO_2]}{F_{NO_2}} + \frac{[Acrolein]}{F_{Acrolein}} + \frac{[Formaldehyde]}{F_{Formaldehyde}} + \sum_i \frac{[irritant]_i}{F_{Ci}}$$

where F_i represents the concentration in ppm that seriously damages the ability of a man to find the escape way.

The values limit suggested by the standard are the ones fixed by the American Agency of environmental protection and they are the following

$F_{HCl} = 1000$ ppm

$F_{HBr} = 1000$ ppm

$F_{HF} = 500$ ppm

$F_{SO_2} = 150$ ppm

$F_{NO_2} = 250$ ppm

$F_{Acrolein} = 30$ ppm

$F_{Formaldehyde} = 250$ ppm

IL TRANSFEU HA ADATTATO LE FORMULE DEGLI INDICI ALLO SCENARIO DI RIFERIMENTO (FERROVIARIO) IN MODO DA POTERLE INTRODURRE NELLA PROSSIMA REVISIONE DELLA EN 45545-2

Small scale tests (ISO 5659-2 Smoke chamber + FTIR)

Ref. TRANSFEU D6.5 Part 1_v5 Equation 14A for FED calculation:-

$$FED(t) = \sum_{t_0}^t \frac{V_{CO_2}(\tau) \cdot f \cdot c_{CO}(\tau)}{35000 \text{ ppm} \cdot \text{min}} \Delta \tau + \sum_{t_0}^t \frac{V_{CO_2}(\tau) \cdot [f \cdot c_{HCN}(\tau)]^{2.36}}{1.2 \cdot 10^6 \text{ ppm}^{2.36} \cdot \text{min}} \Delta \tau$$

where

t is test/exposure time (min)

f is scaling factor (-) as given in Equation (15)

V_{CO_2} is factor for CO_2 -induced hyperventilation (-) as given in Equation (16)

c_{CO} is average concentration (ppm) of CO in the ISO 5659 chamber over the time increment $\Delta \tau$

c_{HCN} is average concentration (ppm) of HCN in the ISO 5659 chamber over the time increment $\Delta \tau$

$$(15) \quad f = \frac{A_s \cdot 0.51 \text{ m}^3}{V_{\text{coach}} \cdot 0.004225 \text{ m}^2}$$

where

A_s is the surface area of the product that is perceived to burn (m^2), as described in CEN/TS 45545-2 Annex C.16, (it could be 0.1 – 0.2 or 0.7 m^2)

V_{coach} is the volume (m^3) into which the fire effluents are assumed to disperse in the 1-zone coach model.

$$(16) \quad V_{CO_2}(\tau) = \exp\left(\frac{f \cdot c_{CO_2}(\tau)}{50000 \text{ ppm}}\right)$$

where

c_{CO_2} is average concentration (ppm) of CO_2 in the ISO 5659 chamber over the time increment $\Delta \tau$.

For sensory irritation, the following FEC equation applies to the 1-zone model:-

$$(17) \quad FEC(t) = f \cdot \sum_{i=1}^7 \frac{c_i(t)}{c_{ref,i}}$$

where

t is test/exposure time (min)

f is scaling factor (-) as given in Equation (15)

c_i is concentration (ppm) of gas component i in the ISO 5659 chamber at time t

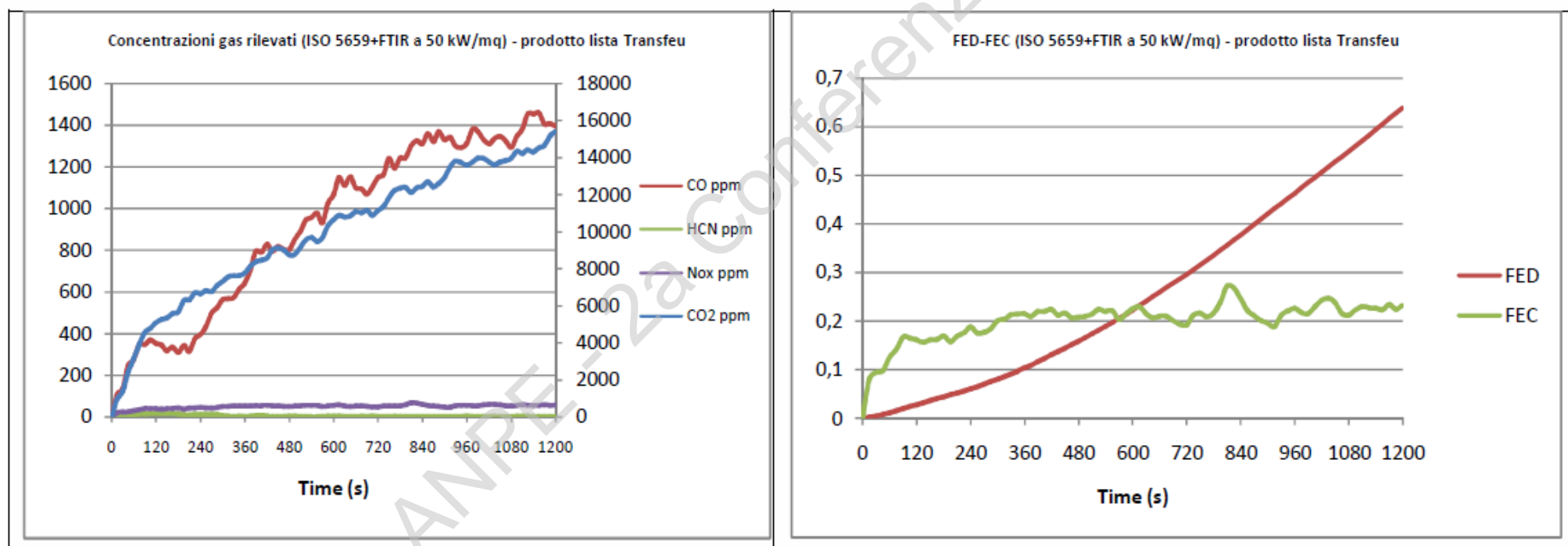
$c_{ref,i}$ is reference concentration (ppm) of irritant gas component i according to Table 1.

Table 1: Reference concentrations of irritant gases for use in Equation (17)

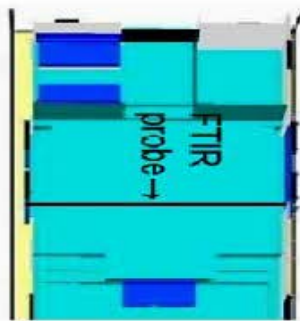
i	Gas component	Concentration expected to seriously compromise occupants' tenability [ISO 13571] (ppm)
1	HCl	1000
2	HBr	1000
3	HF	500
4	SO ₂	150
5	NO ₂ (NO+NO ₂)	250
6	Acrolein*	30
7	Formaldehyde*	250

Perchè tener conto anche di questo nuovo metodo di calcolo?

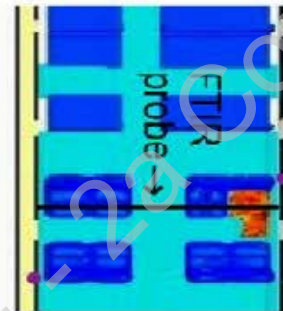
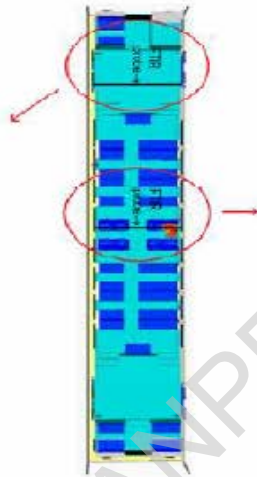
- *L'effetto di incapacitazione è molto più importante della "letalità" in termini di prevenzione e sicurezza*
- *Si potrebbe utilizzare il tempo di raggiungimento del valore limite di 0,3 per FED e FEC (e non 1) che tiene in considerazione il diverso livello di suscettibilità da parte dell'uomo (in relazione a tante componenti: sesso, corporatura, età, presenza di una patologia, diversa abilità ...etc.)*
- *In futuro gli esperti di tossicologia potranno aggiornare le informazioni riguardo ai tipi di specie chimiche da considerare più importanti e aumentare la lista inserendo le rispettive concentrazioni critiche.*



PROVE IN SCALA REALE (PROGRAMMA TRANSFEU)



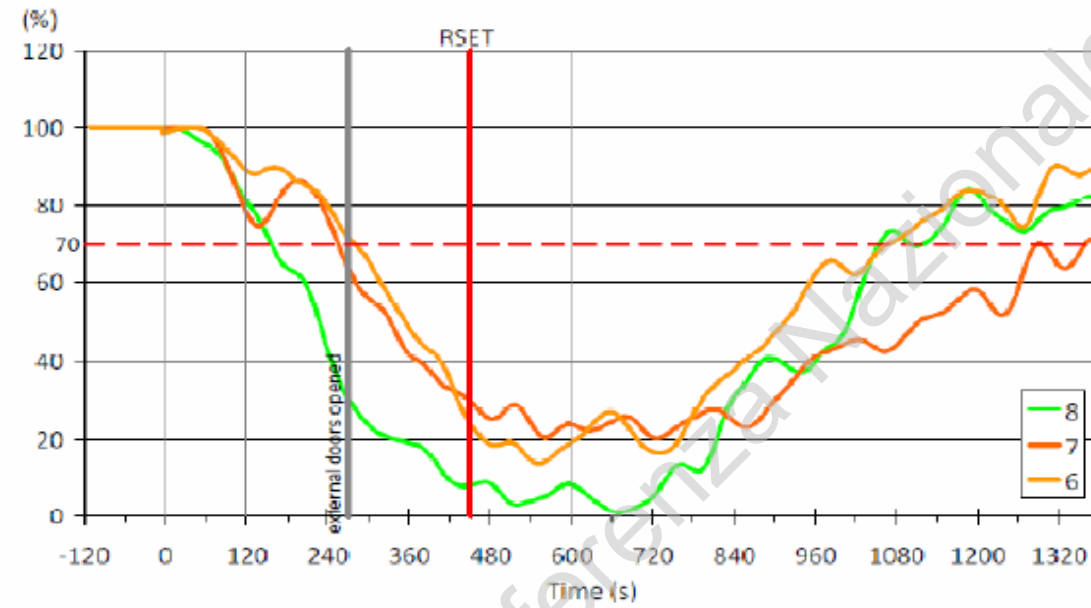
The probe of the second FTIR is placed through the stairs descending towards the only gang way usable



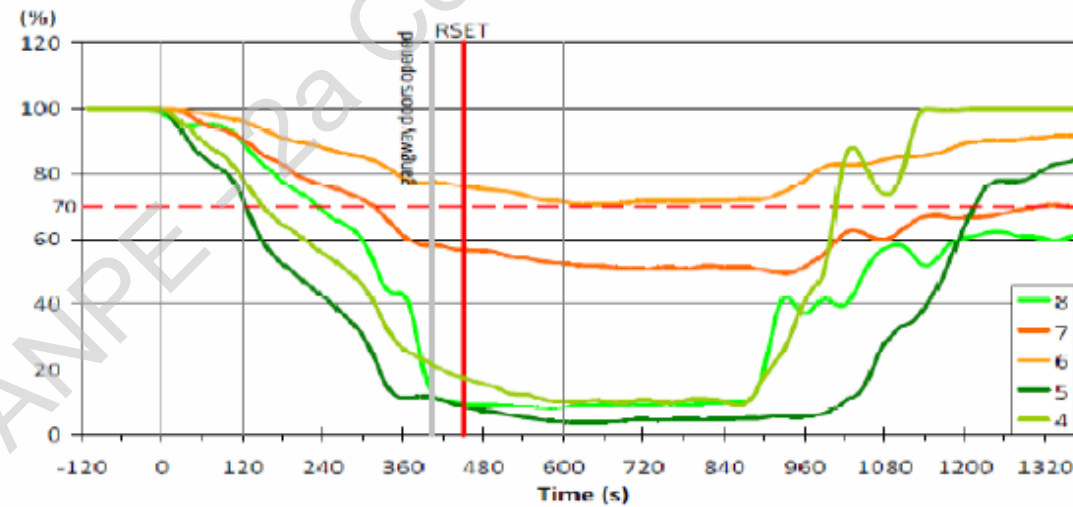
The first FTIR picks the gases directly on the fire vertical.



Graph 2: optical groups in upper deck and both stairs of Scenario 2A



Graph 41: optical groups in upper deck of Scenario 2B



TOSSICITA' DEI FUMI

- Il panorama normativo

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

CLAUDIO BAIOCCHI – L. S. FIRE TESTING INSTITUTE SRL

