

INTERNATIONAL CBRNE MASTER COURSES SERIES

COLLANA DI SICUREZZA CHIMICA, BIOLOGICA, RADIOLOGICA E NUCLEARE

## *Director of Scientific Board*

Carlo BELLECCI

Full Professor (RtD) – President of the Scientific Board of the International Master Courses in Protection Against CBRNe events, University of Rome Tor Vergata – President of the Scientific Board of CBRNe Book series

## *Scientific Board*

Leonardo PALOMBI

Full Professor – Director of International Master Courses in Protection Against CBRNe events and Director of Department of Biomedicine and Prevention, Faculty of Medicine and Surgery, University of Rome Tor Vergata

Pasquale GAUDIO

Senior Researcher – Coordinator of International Master Courses in Protection Against CBRNe events and of Quantum Electronics and Plasma Physics Research Group, Department of Industrial Engineering, University of Rome Tor Vergata

Tiziano LABRIOLA

Prime Minister's Office – Coordinator Training and Education Department

Francesco CAMPOPIANO

Prime Minister's Office – Civil Protection Department

Vittorio FRANCESCO CUSMAI

Ministry of Defense – SMD I Reparto

Vincenzo ROSSI

Ministry of Interior

Franco SALERNO

Ministry of Defense – NBC School of Rieti

Vincenzo TROMBADORE

Ministry of Interior – Department of Public Safety

Emanuele FARRUGGIA

V Department – General Direction for Politics Affaires and Security, Foreign Office

Luciano CADONI

Ministry of Interior – Department of National Fire Fighters

Roberta FANTONI

ENEA–Italian National Agency for New Technology, Energy and Sustainable Economic Development

Sandro SANDRI

ENEA–Italian National Agency for New Technology, Energy and Sustainable Economic Development

Massimo CHIAPPINI

INGV–National Institute for Geophysics and Volcanology

Giovanni REZZA

National Health Institute

Antonio GUCCIARDINO

Responsible for the relationships with the Italian private entities of the International Master Courses in Protection Against CBRNe events

Andrea GLORIA

NATO School

Marco GAMBINI

Director of Department of Industrial Engineering, University of Rome Tor Vergata

Orazio SCHILLACI

Full Professor – University of Rome Tor Vergata

Radonav KARKALIC

Associate Professor – CBRN Department, Military Academy, University of Defence  
Republic of Serbia

Giacinto OTTAVIANI

Rear Admiral – Italian Naval Academy

Sandro MANCINELLI

Associate Professor– Didactic Management Unit of International Master Courses in  
Protection Against CBRNe events, University of Rome Tor Vergata

Francesco D'ERRICO

Associate Professor–University of Pisa

## *Director of Editorial Board*

**Andrea MALIZIA**

Senior Researcher – Didactic Management Unit of International Master Courses in Protection Against CBRNe events, University of Rome Tor Vergata – President of the Scientific Board of CBRNe Book series

## *Editorial Board*

Francesco UNALI

Professional Journalist – Didactic Board of International Master Courses in Protection Against CBRNe events, University of Rome Tor Vergata

Lugi SALUCCI

Professional Journalist – Didactic Board of International Master Courses in Protection Against CBRNe events, University of Rome Tor Vergata

Francesco GILARDI

Didactic Management Unit of International Master Courses in Protection Against CBRNe events, University of Rome Tor Vergata

Dieter ROTHBACHER

Co-owner of Hotzone Solutions Group – Didactic Management Unit of International Master Courses in Protection Against CBRNe events, University of Rome Tor Vergata

Fabrizio D'AMICO

Didactic Management Unit of International Master Courses in Protection Against CBRNe events, University of Rome Tor Vergata

Paolo Maurizio SOAVE

Didactic Management Unit of International Master Courses in Protection Against CBRNe events, University of Rome Tor Vergata

Daniele DI GIOVANNI

Didactic Management Unit of International Master Courses in Protection Against CBRNe events, University of Rome Tor Vergata

Mariachiara CARESTIA

Didactic Management Unit of International Master Courses in Protection Against CBRNe events, University of Rome Tor Vergata

Orlando CENCIARELLI

Didactic Management Unit of International Master Courses in Protection Against CBRNe events, University of Rome Tor Vergata

Alessandro SASSOLINI

Didactic Management Unit of International Master Courses in Protection Against CBRNe events, University of Rome Tor Vergata

Francesco GILARDI

Senior Researcher – Department of Biomedicine and Prevention, Faculty of Medicine University of Rome Tor Vergata

Colomba RUSSO

Department of Industrial Engineering, University of Rome Tor Vergata

Alba IANNOTTI

Control Manager at the Joint Research Centre (Ispra-Varese) European Commission

Valentina GABBARINI  
International Master Courses in Protection Against CBRNe events, University of  
Rome Tor Vergata

Luigi Antonio POGGI  
University of Rome Tor Vergata

Jean-François CIPARISSE  
University of Rome Tor Vergata

Ahmed Gamal IBRAHIM  
University of Rome Tor Vergata

Gian Marco LUDOVICI  
University of Rome Tor Vergata

Laura MORCIANO  
University of Rome Tor Vergata



# INTERNATIONAL CBRNE MASTER COURSES SERIES

COLLANA DI SICUREZZA CHIMICA, BIOLOGICA, RADIOLOGICA E NUCLEARE



Peace cannot be kept by force; it can only be achieved by understanding.

Albert EINSTEIN

The CBRNe Book Series was born as an initiative of the Directive Board and of the Scientific Committee of “International Master Courses in Protection Against CBRNe events” ([www.mastercbrn.com](http://www.mastercbrn.com)) at the University of Rome Tor Vergata. The evolution and increase in Security and Safety threats at an international level place remarkable focus on the improvement of the emergency systems to deal with crisis, including those connected to ordinary and non-conventional events (Chemical, Biological, Radiological, Nuclear, and explosives). In every industrial Country there are multiple entities with specialized teams in very specific fields, but the complexity of the events requires professionals that not only have specific know-how, but also expertise in the entire relevant areas. Given the global interest in these issues, the Department of Industrial Engineering and the Faculty of Medicine and Surgery of the Tor Vergata University organize the international Master Courses in “Protection against CBRNe events”: I Level Master Course in “Protection against CBRNe events” (120 ECTS) and II Level Master Course in “Protection against CBRNe events” (60 ECTS). These courses aim at providing attendees with comprehensive competences in the field of CBRNe Safety and Security, through teaching and training specifically focused on real needs. Both Master Courses are designed according to the spirit of the Bologna Process for Higher Education, the Italian law and educational system. The Master Courses are organized also in cooperation with the following Italian Public Entities:

- Presidenza del Consiglio dei Ministri (Prime Minister’s Office);
- Ministero della Difesa (Ministry of Defence);
- Ministero dell’Interno (Ministry of The Interior);
- Istituto Superiore di Sanità (National Health Institute);
- Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (National Institute for Geophysics and Vulcanology);
- ENEA (Italian National Agency for New Technology, Energy and Sustainable Economic Development);

- University Consortia CRATI, MARIS and SCIRE;
- Comitato Parlamentare per l’Innovazione Tecnologica (Parliamentary Committee for Technological Innovation).

And together with the following International Entities:

- OPCW (Organization for the Prohibition of Chemical Weapons)
- NATO Joint Centre Of Excellence (Czech Republic);
- NATO SCHOOL of Oberammergau (Germany);
- HotZone Solutions Group (The Netherlands);
- VVU-026 Sternberk (Czech Republic);
- Seibersdorf Laboratories GmbH (Austria);
- Chernobyl Centre (Ukraine).

All the above-mentioned organizations have signed official cooperation agreements with the University of Rome Tor Vergata in the aim of Master course activities. The Master have also cooperation with OSCE, IAEA, ECDC, KEMEA in the aim of the didactical activities and we are working to formalize this collaboration with a formal cooperation agreement.

Both Master Courses have been officially granted the “NATO selected” status and have been included in the NATO Education and Training Opportunities Catalogue (ETOC) and also they are supported by OPCW.

The purpose of the CBRNe book series is to give a new perspective of the safety and security risks from both a civil and military point of view, touching all the aspects of the risks from the technological to the medical ones, talking about agents and effects, protection, decontamination, training, emergency management, didactic, investigation, communication and policy.

The authors will be experts of the sector coming from civil, military, academic/research and private realities. A special thanks for the realization of this series goes to Prof. Carlo Bellecci for his initial encouragement, continuous support and help.

Nel mese di Agosto 2016 il Ministero dell’Istruzione, dell’Università e della Ricerca (MIUR) ha inserito la collana nella lista di quelle ufficialmente riconosciute con i seguenti riferimenti:

- codice di classificazione: E237557;
- titolo: CBRNE BOOK SERIES.

During the month of August, 2016, the Italian Minister for Instruction, University and Research (MIUR) has officially added this book series in the list of the official publications recognized by the Minister itself with the following references:

- classification code: E237557;
- title: CBRNE BOOK SERIES.

Luigi Palestini

**Valutazione del funzionamento  
di un nuovo sistema di evacuazione fumi**

Studio con un incendio reale in ambiente confinato





Aracne editrice

[www.aracneeditrice.it](http://www.aracneeditrice.it)  
[info@aracneeditrice.it](mailto:info@aracneeditrice.it)

Copyright © MMXX  
Giacchino Onorati editore S.r.l. – unipersonale

[www.giacchinoonoratieditore.it](http://www.giacchinoonoratieditore.it)  
[info@giacchinoonoratieditore.it](mailto:info@giacchinoonoratieditore.it)

via Vittorio Veneto, 20  
00020 Canterano (RM)  
(06) 45551463

ISBN 978-88-255-3798-7

*I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica,  
di riproduzione e di adattamento anche parziale,  
con qualsiasi mezzo, sono riservati per tutti i Paesi.*

*Non sono assolutamente consentite le fotocopie  
senza il permesso scritto dell'Editore.*

I edizione: ottobre 2020

*A mio padre*



## 13 *Introduzione*

## 15 **Capitolo I**

### *L'incendio*

1.1. Incendio e combustione, 15 – 1.2. La classificazione degli incendi, 19 – 1.3. La dinamica dell'incendio, 21 – 1.4. La curva RHR, 27 – 1.4.1. *Incendi controllati dal combustibile*, 31 – 1.4.2. *Incendi controllati dalla ventilazione*, 32 – 1.5. Prodotti della combustione e loro effetti, 33 – 1.6. Effetti della combustione sulle strutture, 35 – 1.6.1. *Stima dei valori di temperatura prima del flashover*, 37 – 1.6.2. *Stima dei valori di irraggiamento*, 40 – 1.6.3. *Il carico d'incendio e il d.m. 9 marzo 2007*, 42 – 1.7. Effetti dei fumi e gas di combustione sul corpo umano, 47 – 1.7.1. *Effetti provocati nell'organismo dalla diminuzione di ossigeno*, 52 – 1.7.2. *Effetti prodotti sull'organismo da sostanze asfissianti, irritanti e tossiche*, 53 – 1.7.3. *Concentrazione di monossido di carbonio in un incendio al chiuso*, 53 – 1.7.4. *Stima della concentrazione di carbossiemoglobina nel sangue*, 55 – 1.7.5. *La Fractional Effective Dose*, 58 – 1.8. Produzione di fumo e gas di combustione in un edificio, 62 – 1.8.1. *Variazione nel tempo della portata di fumo e gas generata durante le prime fasi di sviluppo di un incendio all'interno di un locale*, 63 – 1.8.2. *Valutazione delle aree effettive di efflusso di fumo e gas di combustione con più aperture di ventilazione*, 70

## 73 **Capitolo II**

### *Analisi statistica*

2.1. La statistica sugli incendi in Italia, 73 – 2.2. La statistica sugli incendi all'estero, 76

## 79 **Capitolo III**

### *Il rischio d'incendio*

3.1. Valutazione del rischio d'incendio in base al d.m. 10/3/1998, 79 – 3.2. Valutazione del rischio d'incendio in base al NCPI, 82 – 3.3. L'approccio prescrittivo alla prevenzione incendi, 85 – 3.4. L'approccio prestazionale alla prevenzione incendi, 86 – 3.5. La prevenzione incendi in Italia – la SCIA, 87 – 3.6. Le strategie di sicurezza antincendi, 89

## 95 **Capitolo IV**

### *Gli evacuatori di fumo e calore*

4.1. Principio di funzionamento, 95 – 4.2. Caratteristiche costruttive degli EFC e loro installazione, 99 – 4.3. Dimensionamento degli EFC secondo la norma UNI 9494, 100 – 4.4. La manutenzione degli EFC, 105

109 **Capitolo V**

*Un sistema innovativo per l'evacuazione di fumo e calore*

5.1. Descrizione del sistema, 109 – 5.2. Dimensionamento di massima del sistema, 112

117 **Capitolo VI**

*Studio del sistema con i procedimenti della fire engineering*

6.1. Impostazione dello studio e definizione dei parametri, 117 – 6.2. Comportamento del sistema con tutte le aperture di ventilazione chiuse, 118 – 6.3. Determinazione dell'Opening Factor, 120 – 6.4. Determinazione del possibile flashover, 122 – 6.5. Determinazione della potenza massima rilasciabile, 123 – 6.6. Determinazione dei tempi di emissione della potenza massima e di estinzione, 124 – 6.7. Produzione e propagazione dei fumi, 129 – 6.7.1. *Modellazione della fiamma*, 129 – 6.7.2. *Calcolo della massa di fumo e gas generata nell'ambiente e della variazione dell'altezza libera*, 134 – 6.7.3. *Studio dell'effetto sui fumi del SEFC in funzionamento*, 138

145 **Capitolo VII**

*Risultati della prova sperimentale del SEFC*

7.1. Descrizione della prova, 145 – 7.2. Scopo della sperimentazione, 146 – 7.3. La strumentazione utilizzata, 151 – 7.4. Svolgimento della prima prova sperimentale, 152 – 7.4.1. *Considerazioni sui dati rilevati nella prima prova*, 154 – 7.5. Svolgimento della seconda prova sperimentale, 155 – 7.5.1. *Considerazioni sui dati rilevati nella seconda prova*, 158 – 7.6. Confronto tra le temperature teoriche e quelle sperimentali, 159 – 7.7. Stima della quantità di monossido di carbonio prodotta, 161 – 7.8. Stima dell'irraggiamento dei valori di temperatura, 165 – 7.9. Confronto tra le curve temperatura-tempo, 168

177 **Capitolo VIII**

*Simulazione con il software FDS*

8.1. Modellazione dell'incendio, 177 – 8.1.1. *I modelli a zona*, 178 – 8.1.2. *I modelli di campo*, 178 – 8.2. Il software FDS, 181 – 8.3. Applicazione di FDS al caso in esame, 182

187 *Conclusioni*

195 *Bibliografia*

## Introduzione

La sicurezza è una condizione determinata dall'assenza di pericoli che possano minacciare l'integrità fisica, psichica e psicologica dell'uomo. Il termine deriva dal latino "sine cura", senza preoccupazioni, e definisce la condizione che permette a un soggetto di svolgere ogni sua attività senza preoccuparsi dei rischi.

Su questo tema la collettività è sempre più sensibile e chiede delle risposte alle istituzioni all'altezza di quella che è ormai considerata una vera e propria emergenza.

L'incendio è una combustione incontrollata che si sviluppa senza limitazioni di spazio e di tempo, dando luogo a calore, fumo e gas, mentre il rischio d'incendio è definito dal prodotto tra la frequenza con cui l'evento incendio si verifica e la magnitudo, vale a dire l'entità dei danni provocati. Mediante l'analisi del suddetto rischio è possibile definire i criteri di progetto delle misure di prevenzione e protezione, volte a ridurre l'entità del rischio a un valore accettabile.

In questo contesto, s'inserisce un approccio innovativo, accennato nel Capitolo I, l'ingegneria della sicurezza, che analizza il pericolo utilizzando gli strumenti tradizionali, integrati dalle tecniche di analisi del rischio. Più in dettaglio, la "*fire safety engineering*", in altre parole l'ingegneria della sicurezza antincendio, è l'applicazione di quest'approccio innovativo che ha lo scopo di proteggere le persone, le cose e l'ambiente dagli effetti dell'incendio.

L'ingegneria della sicurezza antincendio identifica i rischi e le misure di prevenzione e protezione che permettono di prevenire, controllare ed estinguere un incendio.

Dall'analisi statistica dei dati dell'ultimo decennio, illustrata nel Capitolo II, è emerso che il problema incendi è largamente diffuso nei Paesi industrializzati e provoca ingenti perdite sia umane che economiche. Pertanto, è stato opportuno evidenziare le diverse cause

di un incendio al fine di individuare le protezioni più idonee ed efficaci per contenere tali danni.

L'analisi del rischio d'incendio, descritta nel Capitolo III, si conduce tenendo in considerazione numerosi fattori. È necessario, infatti, valutare la presenza di sostanze pericolose, le caratteristiche architettoniche e costruttive dei luoghi con particolare attenzione alla resistenza al fuoco delle strutture, alla reazione al fuoco dei materiali impiegati e alla presenza di impianti tecnologici e di servizio. Occorre tener conto, infine, della presenza di adeguate vie di fuga, di presidi antincendio e di una gestione corretta ed efficiente della sicurezza.

Dall'analisi del rischio scaturisce la definizione di protezione attiva: l'insieme delle misure che richiedono l'azione di un uomo o l'azionamento di un impianto finalizzato alla precoce rivelazione, segnalazione e spegnimento dell'incendio. Fra le protezioni attive si annoverano gli impianti di rivelazione e segnalazione incendi, gli estintori, la rete idrica antincendio, gli impianti fissi di spegnimento automatico e gli evacuatori di fumo e calore.

Proprio su quest'ultimo tipo di dispositivi verte il presente lavoro, che, in particolare, tratta di un innovativo sistema per l'evacuazione di fumi e calore, descritto nei capp. V e VI, conforme alla norma tecnica UNI9494 e oggetto di prove sperimentali, svolte dalla Direzione Prevenzione e Sicurezza Tecnica del CNVVF.

Il sistema in argomento è stato studiato prima a livello teorico con i metodi della "*fire safety engineering*" (Cap. VI), poi confrontando i valori ottenuti dalle prove sperimentali con il modello teorico (Cap. VI) e, infine, simulandone il comportamento con il software *Fire Dynamics Simulator* (Cap. VIII), sviluppato dal NIST (*National Institute of Standard and Technology*).

Dai risultati ottenuti è stato possibile delineare un quadro d'insieme delle caratteristiche del sistema in esame, valutandone i punti di forza e quelli di debolezza, che saranno oggetto di futuri interventi di miglioramento.

## L'incendio

**1.1. Incendio e combustione**

Per capire cosa è un incendio occorre prima spiegare cos'è una combustione. La combustione è una reazione chimica di ossidazione, tipicamente abbastanza rapida, che si svolge in fase gassosa, e che comporta l'emissione di calore. Le sostanze combustibili, che tipicamente contengono idrogeno (H), carbonio (C) e zolfo (S), sono ossidate dall'ossigeno dell'aria (comburente), generando i prodotti della combustione.

I processi di combustione sono solitamente descritti mediante reazioni chimiche convenzionali, quali ad esempio:



dove  $\Delta h^0$  è l'entalpia, o calore di combustione in condizioni di riferimento standard. Le condizioni standard sono riferite a una temperatura di 25 °C ed una pressione di 101325 Pa.

Nello studio di qualunque fenomeno di combustione, si assume l'ipotesi che le reazioni chimiche inizino a svilupparsi solamente quando la temperatura della miscela abbia raggiunto un conveniente valore, al di sotto del quale la miscela si comporta come un inerte. Quest'ipotesi è fondamentale, poiché secondo la teoria di Arrhenius la velocità di reazione decresce esponenzialmente al diminuire della temperatura.

Si definisce, quindi, temperatura d'ignizione quella temperatura al di sopra della quale avviene la transizione da una reazione di ossidazione molto lenta, quasi stazionaria e termicamente

insignificante, a una reazione repentina, non stazionaria e autoaccelerante di combustione della miscela. La velocità di reazione aumenta a causa dell'aumento di temperatura con conseguente aumento della potenza termica sviluppata che provoca un ulteriore aumento di temperatura, in un circolo virtuoso che presto interessa l'intera massa di combustibile, fino all'esaurimento della miscela formatasi. Ogni combustibile ha una propria temperatura d'ignizione, che dipende dalle sue proprietà chimiche, dalla pressione e dalla concentrazione con cui è presente in un ambiente, per formare la miscela reagente.

L'ignizione può avvenire in due modi: riscaldando tutta la miscela composta da combustibile e comburente a una temperatura immediatamente superiore a quella d'ignizione (ignizione spontanea) oppure riscaldando solamente la miscela per mezzo di una sorgente ad alta temperatura, come una scintilla o una fiamma pilota, in grado di fornire una sufficiente energia termica (ignizione forzata). L'ignizione è efficace, se dà luogo a una combustione che si può propagare in modo autonomo, in altre parole in grado di autosostenersi. Affinché ciò sia possibile, lo sviluppo di energia termica nell'unità di tempo, da parte dei processi combustivi, deve essere maggiore della dispersione del calore nell'ambiente circostante. In tal modo, la temperatura della miscela reagente può essere mantenuta a valori tali da permettere lo svolgimento delle reazioni.

La combustione avviene, di solito, in un'atmosfera d'aria, che è formata all'incirca per il 21% da ossigeno molecolare e per il restante 79% da azoto molecolare (valutati in volume e trascurando la presenza di gas nobili e anidride carbonica). La quantità di aria strettamente necessaria alla combustione, detta stechiometrica, dipende dalla composizione chimica del combustibile, ad esempio una mole di metano ( $\text{CH}_4$ ) bruciando completamente produce una mole di anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ) e due moli di acqua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), pertanto necessità di due moli di ossigeno molecolare ( $\text{O}_2$ ). In genere, l'aria necessaria è tanto maggiore quanto più elevato è il potere calorifico del combustibile.

All'atto pratico, per garantire una combustione reale completa, è richiesto un apporto di aria comburente superiore, chiamato eccesso d'aria. Se alla reazione di combustione non viene garantita la quantità di comburente necessaria all'ossidazione completa, si verifica un'ossidazione parziale che comporta la formazione di diversi altri prodotti. Un esempio di ciò è la maggior presenza di monossido di

carbonio nelle combustioni con carenza di ossigeno e la maggior presenza di anidride carbonica, nelle combustioni complete in eccesso d'aria.

A questo punto possiamo definire l'incendio come un particolare tipo di combustione. Un incendio è una combustione non controllata che si sviluppa senza limitazioni nello spazio e nel tempo dando luogo a calore, fumo, gas e luce.

Affinché avvenga un incendio è necessaria la presenza di tre elementi fondamentali, che costituiscono il cosiddetto "Triangolo del Fuoco":

- Combustibile
- Comburente (ossigeno presente nell'aria)
- Fonte d'innescò

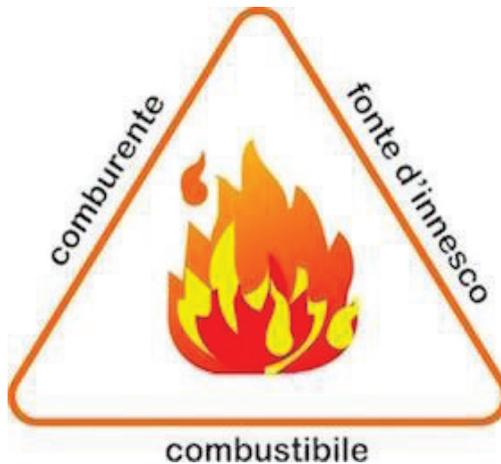


Figura 1.1. Triangolo del fuoco.

Quando uno dei tre elementi del triangolo del fuoco viene a mancare, la combustione non avviene o se già in corso si estingue, quindi per spegnere un incendio si può quindi ricorrere a tre sistemi:

- Esaurimento, che consiste nell'allontanamento o separazione del combustibile,
- Soffocamento, vale a dire una riduzione percentuale del comburente sotto la soglia minima,
- Raffreddamento mediante sottrazione del calore, al fine di ottenere una temperatura inferiore alla temperatura necessaria al sostentamento della combustione.

Riguardo al comburente occorre dire che, contrariamente a quanto avviene per altre considerazioni sui processi di combustione, negli incendi non si tiene mai conto dell'eccesso d'aria. Tale considerazione deriva dal fatto che, in eccesso d'aria, si presuppone che il materiale bruci fino al suo totale esaurimento e che la quantità d'aria necessaria, nell'ipotesi più cautelativa, quella stechiometrica. In realtà la massa combustibile difficilmente partecipa nella sua totalità al processo di combustione (a causa di distribuzione spaziale di accatastamento sfavorevole, abbassamento della percent ossigeno, presenza di umidità, ecc.) e di questa circostanza si tiene conto, "per i materiali principalmente cellululosici", con il fattore di partecipazione alla combustione  $m = 0,8$  (EN 1991-1-2 p.to E.3 e 09/03/2007 p.to 2).

Tornando al triangolo del fuoco, in realtà, la combustione è una reazione a catena, ovvero una reazione nella quale le molecole iniziali (combustibile e ossigeno) si trasformano nel prodotto finale attraverso stadi intermedi, collegati insieme come le maglie di una catena. La sorgente di calore fornisce energia a una sostanza combustibile che si decompone in radicali liberi (atomi instabili). Questi ultimi sono particelle estremamente reattive che iniziano la catena quando, colpendo molecole di ossigeno o molecole di combustibile, emettono altri radicali, prodotti intermedi o finali. I radicali liberi propagano la combustione, ma se sono catturati da altri radicali (ad esempio atomi di sodio o potassio generati dalla decomposizione termica delle polveri chimiche o degli halon) la catena si spezza e la combustione s'interrompe.