

Nicola Taraschi – Marco Martinetto

# Le canne fumarie



## FISICA DI BASE, CALCOLO, CARATTERISTICHE FUNZIONALI E NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- La combustione ed il controllo della combustione
- La fisica dei camini e delle canne fumarie
- Il calcolo e l'analisi delle canne fumarie secondo la norma UNI EN 13384
- Le canne fumarie collettive
- I materiali e la designazione
- Le normative di riferimento

**SECONDA EDIZIONE**

### SOFTWARE INCLUSO

CALCOLO DI CAMINI SINGOLI E CALCOLO DELLA RESISTENZA AL FUOCO DI CANNE FUMARIE

**Glossario** (principali termini tecnico-normativi), **F.A.Q.** (domande e risposte sui principali argomenti),

**Test iniziale** (verifica della formazione di base), **Test finale** (verifica dei concetti analizzati)



Nicola Taraschi – Marco Martinetto

## LE CANNE FUMARIE

Ed. II (9-2017)

ISBN 13 978-88-8207-947-5

EAN 9 788882 079475

Collana **Software** (102)

Taraschi, Nicola <1952->  
Le canne fumarie / Nicola Taraschi, Marco Martinetto.  
– 2. ed. – Palermo : Grafill, 2017.  
(Software ; 102)  
ISBN 978-88-8207-947-5  
1. Canne fumarie. I. Martinetto,  
Marco <1971->.  
697.8 CDD-23 SBN Pal0300611  
CIP – Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace"

Il volume è **disponibile anche in eBook** (formato \*.pdf) compatibile con **PC, Macintosh, Smartphone, Tablet, eReader.**

Per l'acquisto di eBook e software sono previsti pagamenti con c/c postale, bonifico bancario, carta di credito e paypal.

Per i pagamenti con carta di credito e paypal è consentito il download immediato del prodotto acquistato.

Per maggiori informazioni inquadra con uno smartphone o un tablet il codice QR sottostante.



I lettori di codice QR sono disponibili gratuitamente su Play Store, App Store e Market Place.

© **GRAFILL S.r.l.**

Via Principe di Palagonia, 87/91 – 90145 Palermo

Telefono 091/6823069 – Fax 091/6823313

Internet <http://www.grafill.it> – E-Mail [grafill@grafill.it](mailto:grafill@grafill.it)

Finito di stampare nel mese di settembre 2017

presso **Officine Tipografiche Aiello & Provenzano S.r.l.** Via del Cavaliere, 93 – 90011 Bagheria (PA)

Tutti i diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica e di riproduzione sono riservati. Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta in alcuna forma, compresi i microfilm e le copie fotostatiche, né memorizzata tramite alcun mezzo, senza il permesso scritto dell'Editore. Ogni riproduzione non autorizzata sarà perseguita a norma di legge. Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.

# SOMMARIO

<b>PREFAZIONE</b> .....	p.	7
<b>1. LA COMBUSTIONE</b> .....	"	11
<b>1.1. Cenni storici</b> .....	"	11
<b>1.1.1. La scoperta del fuoco</b> .....	"	11
<b>1.1.2. Il fuoco venne portato in casa</b> .....	"	12
<b>1.1.3. Il camino nei tempi moderni</b> .....	"	13
<b>1.2. La combustione</b> .....	"	15
<b>1.3. Stechiometria della combustione</b> .....	"	16
<b>1.4. L'eccesso d'aria</b> .....	"	18
<b>1.5. La combustione del gas naturale</b> .....	"	21
<b>1.6. L'aerazione</b> .....	"	23
<b>1.7. Definizioni sui combustibili</b> .....	"	24
<b>1.7.1. Temperatura di infiammabilità</b> .....	"	24
<b>1.7.2. Temperatura di accensione</b> .....	"	24
<b>1.7.3. Temperatura teorica di combustione</b> .....	"	24
<b>1.7.4. Punto di rugiada</b> .....	"	24
<b>1.7.5. Numero di fumo (scala Bacharach)</b> .....	"	25
<b>1.8. Il rendimento della combustione</b> .....	"	25
<b>1.9. Le caldaie a condensazione</b> .....	"	27
<b>1.9.1. Produzione di acqua di condensa</b> .....	"	29
<b>1.9.2. La regolazione della caldaia</b> .....	"	29
<b>1.10. Gli inquinanti</b> .....	"	30
<b>1.10.1. Il monossido di carbonio</b> .....	"	30
<b>1.10.2. Gli NOX</b> .....	"	30
<b>1.10.3. Ossidi di zolfo</b> .....	"	31
<b>1.11. Ottimizzazione della combustione</b> .....	"	31
<b>1.12. I combustibili</b> .....	"	32
<b>1.12.1. Il carbone</b> .....	"	32
<b>1.12.2. Il metano</b> .....	"	32
<b>1.12.3. GPL</b> .....	"	33
<b>1.12.4. La legna</b> .....	"	33
<b>1.12.5. Le biomasse</b> .....	"	35
<b>1.12.6. Il cippato</b> .....	"	35
<b>1.12.7. Il pellet</b> .....	"	35

1.13.	Il particolato.....	p.	36
1.14.	Depuratori fumi.....	"	37
1.14.1.	Abbattitore di fuliggine.....	"	37
1.14.2.	Filtro elettrostatico.....	"	38
<b>2.</b>	<b>IL CONTROLLO DELLA COMBUSTIONE.....</b>	"	39
2.1.	Le sonde.....	"	39
2.1.1.	Le termocoppie.....	"	39
2.1.2.	I termistori.....	"	41
2.1.3.	Le termoresistenze.....	"	42
2.1.4.	I trasduttori di pressione.....	"	43
2.1.5.	I sensori di gas.....	"	44
2.1.6.	Sensori elettrochimici di ossigeno.....	"	44
2.1.7.	Sensore con foro capillare.....	"	45
2.1.8.	Sensori per CO.....	"	47
2.2.	UNI 10389-1:2009 Misurazione in opera del rendimento di combustione dei generatori di calore.....	"	48
2.2.1.	Scopo e campo di applicazione.....	"	48
2.2.2.	Misurazione in opera del rendimento di combustione.....	"	48
2.2.3.	Calcolo del rendimento di combustione.....	"	50
2.2.4.	Apparecchiatura multifunzione (SEITRON).....	"	51
<b>3.</b>	<b>LA FISICA DELLE CANNE FUMARIE.....</b>	"	54
3.1.	L'effetto camino.....	"	54
3.2.	Le tipologie di canne fumarie.....	"	56
3.2.1.	Le canne fumarie collettive.....	"	64
3.3.	I parametri fisici.....	"	66
3.4.	La dispersione del calore della canna fumaria.....	"	70
3.5.	Il fattore di raffreddamento.....	"	78
3.6.	Le perdite di carico.....	"	80
3.7.	Le perdite di carico concentrate.....	"	82
3.8.	Le perdite del camino secondo le norme.....	"	86
3.9.	La fumisteria fornita dal costruttore.....	"	86
<b>4.</b>	<b>IL CALCOLO DELLE CANNE FUMARIE</b>		
	<b>SECONDO LA UNI 13384/1.....</b>	"	89
4.1.	La norma UNI 13384-1.....	"	89
4.2.	Il calcolo dei camini.....	"	90
4.2.1.	I camini a pressione negativa.....	"	91
4.2.2.	I camini con pressione positiva.....	"	91
4.3.	Esempio di calcolo 1.....	"	94
4.4.	Esempio di calcolo con pressione positiva.....	"	96
4.5.	Relazioni fra i parametri del camino.....	"	96
4.5.1.	L'equazione del camino.....	"	96

4.5.2.	Relazione fra diametro e altezza camino a potenza nominale costante con $PZE = PZ$ .....	p.	97
4.5.3.	Relazione fra diametro e potenza nominale con $H =$ costante	"	99
4.5.4.	Relazione fra diametro e temperatura fumi in uscita dal generatore con $H =$ costante .....	"	101
4.5.5.	Relazione fra diametro e temperatura esterna con $H =$ costante = 8 m e $PZE = PZ$ .....	"	102
4.5.6.	Relazione fra diametro e $CO_2\%$ con $H =$ costante e $PZE = PZ$ .....	"	103
4.5.7.	Relazione fra diametro e spessore dell'isolante con $H =$ costante e $PZE = PZ$ .....	"	105
4.5.8.	Modulazione di potenza con $H =$ costante e $D =$ costante.....	"	106
4.5.9.	Variazione di $PZ$ con $D =$ costante.....	"	107
4.6.	Il diametro critico.....	"	108
4.7.	Le condizioni di lavoro delle caldaie.....	"	109
4.8.	L'inerzia termica .....	"	111
4.9.	Camini concentrici.....	"	115
<b>5.</b>	<b>CANNE COLLETTIVE</b> .....	"	118
5.1.	La norma UNI 10640.....	"	118
5.1.1.	Le verifiche .....	"	119
5.2.	La norma UNI 10641 .....	"	121
5.3.	Il calcolo secondo la UNI 10640 .....	"	121
5.3.1.	Le proprietà fisiche dei fumi .....	"	124
5.3.2.	Esempio per apparecchi tipo B .....	"	124
5.4.	Il calcolo secondo la UNI 10641, generatori di tipologia C .....	"	133
5.4.1.	Tipologia C con apertura di ventilazione alla base .....	"	133
5.4.2.	Esempio tipologia C con condotto fumi ed aria separati .....	"	137
5.5.	Il programma ASTER per il calcolo delle canne fumarie.....	"	138
5.6.	Il software a corredo del testo.....	"	143
<b>6.</b>	<b>I MATERIALI E LA DESIGNAZIONE</b> .....	"	144
6.1.	I materiali delle canne fumarie .....	"	144
6.1.1.	Acciaio Inox.....	"	144
6.1.2.	Rame .....	"	147
6.1.3.	Plastica .....	"	147
6.1.4.	Calcestruzzo .....	"	148
6.1.5.	Terracotta/ceramico.....	"	149
6.1.6.	Laterizio .....	"	151
6.2.	Video ispezione.....	"	152
6.3.	Risanamento.....	"	153
6.3.1.	Vetrificazione con malta RAAB.....	"	153
6.3.2.	Intubamento con condotto sintetico Furanflex .....	"	153
6.4.	I componenti delle canne fumarie inox.....	"	154

6.5.	Comignoli .....	p.	155
6.6.	Regolatore di tiraggio .....	"	156
6.7.	Il termostato fumi.....	"	157
6.8.	La dilatazione termica.....	"	157
6.9.	La designazione dei camini .....	"	159
6.9.1.	Il regolamento UE n. 305/2011 .....	"	159
6.9.2.	prEN 1443 .....	"	160
6.9.3.	prEN 1856-1 e prEN 1856-2 per camini metallici.....	"	168
6.9.4.	EN 14471:2013+A1:2015 per camini plastici .....	"	170
6.9.5.	UNI EN 1857:2010 per camini in calcestruzzo .....	"	172
6.9.6.	UNI EN 1457:2012 per camini in terracotta/ceramica .....	"	172
6.9.7.	UNI EN 1806:2006 per camini in laterizio .....	"	173
<b>7.</b>	<b>LA NORMATIVA.....</b>	"	176
7.1.	Le norme .....	"	176
7.2.	Riferimenti normativi .....	"	177
7.3.	Norma UNI 7129:2015 parte 3 .....	"	180
7.4.	Norma prUNI 10845:2017.....	"	186
7.5.	Norma UNI 11528:2014 .....	"	190
7.6.	Norma UNI 10683:2012 .....	"	196
7.7.	Norma UNI 10847:2017 .....	"	199
7.8.	Norma UNI 11278:2017 .....	"	200
<b>8.</b>	<b>LE CANNE FUMARIE COLLETTIVE IN PRESSIONE E LA UNI 13384-2009 .....</b>	"	204
8.1.	Il calcolo secondo la 13384-2 .....	"	204
8.2.	Calcolo per diametri del camino da mm 110 a mm 170 e con gli altri dati rimasti inalterati.....	"	207
<b>9.</b>	<b>RISTRUTTURAZIONE DI SISTEMI FUMARI ESISTENTI .....</b>	"	212
<b>10.</b>	<b>INSTALLAZIONE DEL SOFTWARE INCLUSO .....</b>	"	217
10.1.	Note sul software incluso.....	"	217
10.2.	Requisiti hardware e software.....	"	217
10.3.	Download del software e richiesta della password di attivazione .....	"	218
10.4.	Installazione ed attivazione del software .....	"	218
<b>11.</b>	<b>IL PROGRAMMA “CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO” .....</b>	"	220
11.1.	Il programma “Calcolo resistenza al fuoco”.....	"	220
11.2.	La homepage del programma “Calcolo resistenza al fuoco”.....	"	220
11.3.	Esempio di calcolo con il programma “Calcolo resistenza al fuoco”....	"	223
11.4.	Il calcolo delle temperature.....	"	225
<b>12.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	"	227

## PREFAZIONE

### **Il perché di questo testo**

Questo testo vuol colmare un “vuoto” nella letteratura termotecnica italiana, caratterizzato dalla mancanza di una pubblicazione sulle canne fumarie. Sull’argomento non mancano i riferimenti, sia sulle pubblicazioni cartacee che sul web, ma questa miriade di riferimenti non possono costituire una argomentazione unitaria e completa, che è invece lo scopo che questo testo si prefigge. Si intende quindi fornire a quanti sono interessati all’argomento, tecnici, studenti, installatori, produttori, un contenuto che raccolga gli aspetti tecnici, descrittivi e normativi essenziali sulle canne fumarie.

### **La canna fumaria componente fondamentale dell’impianto termico**

L’attenzione crescente agli aspetti legati all’inquinamento e al risparmio energetico inducono forzatamente a considerare con maggiore attenzione tutte le tematiche tecniche legate a questa “appendice” dell’impianto. Basti pensare che il calcolo della canna fumaria, prima della UNI 9615, era basato su formule semiempiriche che non tenevano conto di tanti, troppi fattori. Canne fumarie in muratura, poco isolate e permeabili ai fumi, hanno “popolato” i nostri edifici. L’avvento delle canne in acciaio inox, del tutto impermeabili ai fumi e isolate termicamente sono la risposta dell’evoluzione tecnica alle problematiche delle vecchie canne fumarie. Se vogliamo considerare l’argomento in se stesso la canna fumaria è il componente termotecnico che raccoglie più tematiche e fra loro strettamente connesse: la combustione, il moto dei gas, la trasmissione del calore. La combustione in generale ed il tipo di combustibile sono strettamente connessi alla quantità e qualità dei fumi. Questa quantità e qualità dei fumi determinano il moto dei gas combusti ed eventualmente dell’aria comburente che affluisce al generatore di calore. L’ultimo aspetto, l’isolamento termico, influenza sia il moto che le condizioni termiche negative, quali la condensa dei fumi. I parametri che influenzano il funzionamento di una canna fumaria sono pertanto molteplici e tutti fra loro strettamente interconnessi.

### **Idee tecniche e non solo contenuti**

I contenuti di questo testo vogliono spaziare da quelli prettamente tecnici a quelli descrittivi a quelli normativi. L’aspetto normativo ha nel campo delle canne fumarie particolare importanza. Il testo non può essere una semplice riproduzione di norme, non solo per problemi legati ai diritti d’autore e per problemi di spazi. Si intende promuovere una cultura di base ed una sensibilità alle problematiche tecniche e normative. Chi opera o opererà nel campo, e sarà quindi tenuto a rispettare gli aspetti normativi, si procurerà poi le norme che lo interessano, che sia un progettista o un installatore o un produttore, per approfondire gli aspetti normativi, che saranno variabili nel tempo. La norma, tuttavia, indica solo delle metodologie operative e dei dati tecnici, e rappresenta l’ultimo stadio della operatività del professionista.

La norma non stimola riflessioni sui parametri coinvolti nel calcolo o nell'installazione e non fornisce spiegazioni sulla formulazione delle indicazioni. L'approccio alla norma diventa produttivo solo quando vi è alla base una cultura specifica. La nostra intenzione è quella, oltre che dare cultura, anche quella di promuovere una metodologia ed una riflessione critica sulle tematiche piuttosto che dare delle semplici indicazioni operative.

### **Gli argomenti**

Non si poteva redigere un testo sulle canne fumarie senza considerare in prima istanza la combustione e i combustibili, argomento che si può dire costituisce la base di ogni discussione sull'argomento. Il primo capitolo vuole quindi rispondere alla prima domanda che è possibile fare sulle canne fumarie: la quantità dei gas combusti, la loro composizione e le loro condizioni termiche.

Il secondo capitolo risponde all'esigenza che, una volta acquisiti gli aspetti culturali legati alla combustione, è necessario essere in grado di controllarla, e in tal senso si fa riferimento alla norma UNI 10389.

Il controllo della combustione non può prescindere dalle necessarie conoscenze tecniche della strumentazione impiegata, di cui vengono illustrate le conoscenze fondamentali.

Il terzo capitolo costituisce una introduzione alle tematiche descrittive e di calcolo delle canne fumarie. Dopo la descrizione dell'effetto camino si descrivono le tipologie delle canne fumarie singole e collettive. Successivamente vengono approfonditi gli aspetti di base legati ai parametri termici, agli aspetti fluidodinamici, a quelli della trasmissione del calore.

Il quarto capitolo sviluppa gli aspetti legati al calcolo e all'influenza delle grandezze inerenti il dimensionamento delle canne fumarie singole con riferimento alla norma 13384-1.

Il quinto capitolo sviluppa gli aspetti legati al calcolo delle canne fumarie collettive di tipologia B e C con particolare riferimento alla norme 10601, 10641 e 13384-2.

Il sesto capitolo illustra i materiali delle canne fumarie e quindi la designazione nel rispetto delle norme per tutti i materiali.

Il settimo capitolo presenta un elenco della ricca normativa in vigore e riassume le tematiche fondamentali delle principali norme: la UNI 7129, 10845, 15287, 10683, ecc., ed è stato aggiornato con la seconda edizione.

I capitoli ottavo e nono sono stati aggiunti con la **seconda edizione**.

Il capitolo ottavo riguarda la norma UNI EN 13384-2 sulle canne fumarie in pressione.

Il capitolo nono illustra gli adeguamenti delle canne fumarie necessarie per adattarle alle caldaie a condensazione, le uniche che possono essere oggi installate.

I capitoli decimo e undicesimo descrivono il software incluso che esegue il calcolo di camini singoli e, **novità di questa seconda edizione**, il calcolo della resistenza al fuoco e della temperatura di contatto di canne fumarie a sezione circolare e quadrata, ai sensi delle norme UNI EN 15287-2-2008 e UNI EN 15287-1-2010.

*Gli Autori*

**Patrocinio al testo del gruppo Assocamini**

Il Gruppo Assocamini di Confindustria Ceced Italia rappresenta l'industria nazionale dei produttori di camini e canne fumarie. Assocamini si pone come elemento di confronto tra l'industria del settore, con lo scopo di valorizzare il comparto nel sistema paese e perseguire obiettivi, di grande interesse per la tutela degli interessi degli associati, tramite attività di informazione, formazione, promozione, e rappresentanza negli ambiti istituzionali di riferimento. Scopo del Gruppo camini e canne fumarie è la promozione della cultura dell'eccellenza all'utilizzo di camini di qualità, sostenendo in ogni sede l'obbligo di installazione di prodotti camino, certificati secondo la Direttiva Prodotti da Costruzione, Marcati CE. Per opportune informazioni [www.assocamini.it](http://www.assocamini.it).

*Davide Castagna*  
Senior Key Account Manager



## LA COMBUSTIONE

### 1.1. Cenni storici

#### 1.1.1. *La scoperta del fuoco*

Oltre quattro milioni di anni fa, in Africa vivevano alcune specie di ominidi, gli australopitechi, i quali camminavano costantemente in posizione eretta. Avevano pertanto le mani libere ed è probabile che se ne servissero per procurarsi e usare bastoni, fogli, cortecce. Solo in un'epoca più recente (3-2,5 milioni di anni fa) pare che gli australopitechi abbiano iniziato a usare, come strumenti per tagliare o spezzare altri oggetti, pietre appuntite o taglienti che trovavano normalmente in natura. Intorno a due milioni e mezzo di anni fa alcuni di questi australopitechi diedero origine al primo essere che si possa ritenere appartenente alla specie umana: homo habilis. Due caratteristiche rendevano "umano" homo habilis, distinguendolo nettamente dagli australopitechi: costruiva e usava in modo sistematico ciottoli scheggiati e altri strumenti litici; possedeva un rudimentale linguaggio, per cui poteva trasmettere ai suoi simili le proprie conoscenze, ad esempio sul modo di lavorare la pietra o di usarla. I miglioramenti tecnici di homo habilis rispetto agli antenati permisero la costruzione di strumenti offensivi più efficaci e favorirono quindi risultati migliori nella caccia.

Una conseguenza importantissima di tutto ciò fu il cambiamento delle abitudini alimentari, con il passaggio da una dieta quasi esclusivamente vegetariana a una onnivora. Ma ciò che cominciava a cambiare era anche il rapporto con il fuoco. Inizialmente la visione del fuoco, da parte di questi lontani progenitori, doveva rappresentare una esperienza di grande terrore. Ad atterrirli non era soltanto la sua spaventosa forza distruttrice, capace di divorare intere foreste, ma anche il modo con cui esso prendeva vita.

Il fulmine squarciava le tenebre, il tuono agitava il loro sonno reso già inquieto dalla paura delle bestie feroci; il vulcano riversava lava sui suoi fianchi facendo tremare la terra. In seguito i più coraggiosi, spinti dal desiderio di conoscenza che animava sempre più le loro menti, vinsero la paura delle fiamme e si avvicinarono ad esse; allungarono degli esili ramoscelli e colsero finalmente quella energia misteriosa e parlante. Quella piccola fiamma adesso consumava con estrema lentezza il fragile ramoscello, racchiudendo in sé il segreto per far scivolare la notte nel giorno senza più paura. A questo punto essi si prodigarono con ogni sforzo per mantenere accese quelle fiamme, frutto dell'intelligenza nascente.

Homo habilis scomparve circa 1,3 milioni di anni fa, ma nel frattempo da esso era derivata una nuova specie umana, denominata homo erectus. Esso era più alto di homo habilis (raggiungeva i 140-160 cm.) e aveva un cervello assai più sviluppato: si passa da meno della metà dell'uomo attuale a quasi i 2/3. Egli manifestò in vari modi questa sua superiore capacità intellettuale. Viveva ormai regolarmente in luoghi che usava per un tempo abbastanza prolungato, in molti casi tornando a utilizzarli in base alle stagioni dell'anno. In essi orga-

nizzava la caccia, macellava le prede, consumava i pasti e spesso costruiva muri di pietra come riparo. Ciò che spinse homo erectus a vivere per periodi abbastanza lunghi nello stesso luogo fu soprattutto una novità di straordinaria importanza: egli imparò ad “addomesticare” il fuoco. Questa importante acquisizione venne probabilmente raggiunta per la prima volta in Africa, circa 1 milione di anni fa, mentre in Asia e in Europa l’uso e la produzione del fuoco sono attestati con certezza solo a partire da circa 500.000 anni fa.

### 1.1.2. *Il fuoco venne portato in casa*

Successivamente gli uomini riuscirono a comprendere che battendo una pietra con un’altra pietra o sfregando con forza i rami secchi, si producevano scintille, che cadendo sulle foglie secche, rametti di legno, accendevano il fuoco. Importantissimi furono i numerosi vantaggi che questa scoperta ha determinato nella vita dell’uomo. Il fuoco venne portato in “casa”.

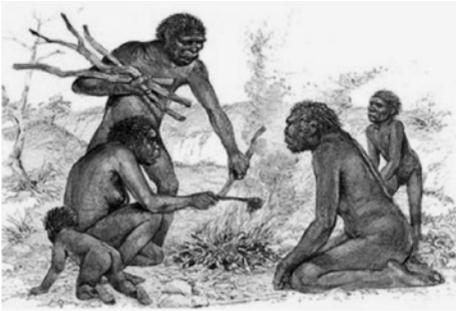


Figura 1.1.



Figura 1.2.

Il problema di un riparo chiuso si pose all’*homo erectus* quando dovette rinunciare ai ripari naturali (muri di pietra, alberi, cespugli) e per esigenza di ripararsi dal freddo e proteggere quel bene prezioso appena scoperto, si spostò nelle caverne e grotte. La capacità di accendere il fuoco permise agli uomini di difendersi dal freddo e di tenere lontani gli animali, illuminò le caverne liberandole dal buio della notte, permettendo le prime manifestazioni di arte paleolitica (pitture rupestri); consentì di cuocere i cibi e di consumarli insieme attorno ad un focolare scavato nel terreno, facilitando l’instaurarsi dei legami famigliari.

Intorno al fuoco avvennero probabilmente i primi “racconti” dei cacciatori, fatti ancora di gesti e di suoni inarticolati, ma già fondamentali per risaldare le amicizie e per trasmettere le esperienze degli adulti alle giovani generazioni. Intorno a quei fuochi, nacque probabilmente la prima forza di educazione.

La scoperta del fuoco portò anche un cambiamento fisico dell’uomo. La mandibola, che mangiava carni più tenere, rimpicciolì e rese inutili i forti muscoli masticatori. In epoca interglaciale, dall’Africa l’*homo erectus* si diresse verso nord, diffondendosi in Asia ed Europa, incominciando dunque a vivere anche in zone temperate o piuttosto fredde.

In concomitanza alla presenza del fuoco nell’ambiente, l’uomo dovette scontrarsi con i prodotti della combustione che produceva la legna bruciata che saturavano rapidamente l’in-

## IL CONTROLLO DELLA COMBUSTIONE

Il controllo della combustione avviene, con una adeguata conoscenza del fenomeno stesso, essenzialmente per garantire che le apparecchiature termiche funzionino correttamente, e qui parliamo non solo del generatore di calore ma anche del condotto fumario. Il buon funzionamento è il presupposto che la produzione di calore abbia la sicurezza richiesta per gli spazi e le persone, che avvenga con la migliore efficienza possibile, che l'inquinamento sia contenuto nei parametri di legge. L'uso degli strumenti, oggi sempre più tecnologicamente avanzati, implica la conoscenza dei principi su cui essi si basano, senza la quale, non si sarebbe in grado di valutare esattamente i risultati. Pertanto prima di esporre le verifiche di combustione si illustrano le sonde di misura principali in ambito termotecnico.

### 2.1. Le sonde

#### 2.1.1. Le termocoppie

**L'effetto termoelettrico.** Consideriamo due fili a e b (figura 2.1) di materiale metallico diverso collegati ai loro capi, denominati giunti. Se i 2 giunti sono immersi in ambienti a diversa temperatura ( $T_1 > T_2$ ) nel circuito composto dai 2 fili viene generata una corrente proporzionale alla differenza di temperatura dei 2 giunti, denominati rispettivamente giunto caldo e giunto freddo.

Se il giunto freddo viene aperto ai capi dei fili liberi si crea una differenza di tensione, proporzionale alla differenza di temperatura fra il giunto caldo, che costituisce quindi il punto di misura e l'ambiente nel quale sono collegati i terminali del giunto freddo.

**Tipi di termocoppia.** La distinzione fondamentale fra le varietà di termocoppie è quella in 2 gruppi: quella di metalli comuni e quelle di metalli preziosi, più stabili.

- **K Chromel (Ni-Cr) (+) Alumel (Ni-Al) (-)**

Sono termocoppie di uso generale, economiche e disponibili in una grande varietà di formati. Il loro intervallo di misura va da  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $1260\text{ }^{\circ}\text{C}$ . La sensibilità è di circa  $41\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ .

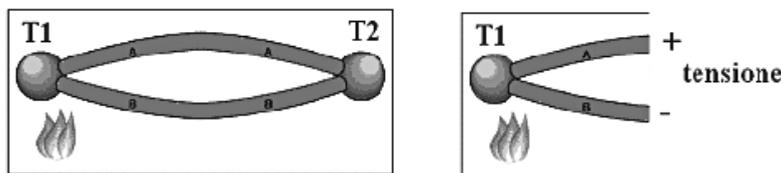


Figura 2.1. Il giunto termoelettrico

- **Tipo J** (Ferro (+)/Costantina (Cu-Ni) (-))

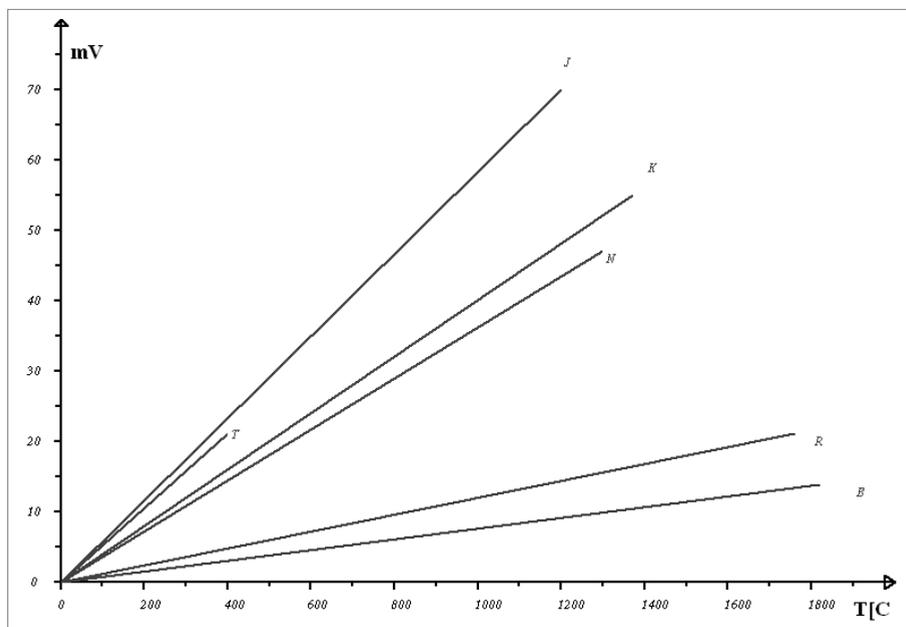
L'intervallo di misura va da  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $750\text{ }^{\circ}\text{C}$ , quindi più limitato del tipo K. Questo le rende meno diffuse di queste ultime. Le termocoppie tipo J sono caratterizzate dalla loro economicità ed una buona sensibilità ( $50\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ ), ma non possono essere utilizzate sopra i  $750\text{ }^{\circ}\text{C}$  a causa di una transizione magnetica.

- **Tipo N** (Nicrosil (Ni-Cr-Si) (+)/Nisil (Ni-Si) (-))

L'intervallo di misura utile è compreso tra i  $650\text{ }^{\circ}\text{C}$  e i  $1250\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Le loro caratteristiche di stabilità e resistenza all'ossidazione a caldo le rendono un ottimo sostituto a basso costo delle termocoppie a base di platino (tipi B, R, S) per le misure di alta temperatura.

Le termocoppie B, R, S, sono tutte composte da metalli nobili ed hanno caratteristiche simili. Sono le più stabili fra le termocoppie, ma la loro bassa sensibilità ( $10\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ ) ne limita l'uso a misure di alte temperature ( $> 300\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

La termocoppia viene isolata dal fluido oggetto della misura con una guaina di protezione. La guaina produce un aumento della costante di tempo della termocoppia (figura 2.3). Se infatti la misura venisse fatta, ad esempio, in acqua, che è mezzo conduttivo elettrico, la misura verrebbe inevitabilmente disturbata.



**Figura 2.2.** Fem in millivolt in funzione della temperatura per i vari tipi di termocoppie

- **Convertitori.** La termocoppia costituisce il solo elemento sensibile della misura di temperatura e genera un segnale in tensione troppo piccolo per poter essere interfacciato con un microprocessore. Il convertitore permette la trasformazione del segnale proveniente dalla termocoppia in un segnale standard in corrente (4-20 mA) linearizzato che può essere, ad esempio, trasformato in una tensione 1-5 Volt con una resistenza da  $250\text{ }\Omega$  inserita fra i capi dell'uscita.

## LA FISICA DELLE CANNE FUMARIE

### 3.1. L'effetto camino

In un generatore di calore l'aria esterna viene miscelata con il combustibile e, una volta innescata, la reazione chimica fra comburente e combustibile produce i gas di combustione. Si parla di fiamma relativamente ai gas che si formano nella camera di combustione in caldaia. Questi gas scambiano calore con l'acqua dell'impianto termico, che circola nello scambiatore, si raffreddano e fuoriescono attraverso il camino per essere espulsi in atmosfera sotto forma di fumi.

Il moto naturale dei fumi nella canna fumaria è possibile solo se c'è una differenza di pressione motrice, che viene definita come "tiraggio" della canna fumaria.

Il tiraggio del camino è basato essenzialmente su due grandezze fondamentali: la differenza di massa volumica fra i gas caldi  $\rho_c$  e l'aria esterna fredda  $\rho_A$  e l'altezza della canna fumaria  $H$ . Possiamo pensare che alla colonna di fumi uscenti si affianchi una colonna di pari altezza di aria esterna, che affluisce in caldaia (figura 3.1).

Se le due colonne sono separate alla base da un setto che ne impedisce il contatto, si avrebbero due diverse pressioni. La pressione alla base dei fumi caldi è uguale a:  $P_c = \rho_c g H$ , mentre quella dell'aria fredda è:  $P_f = \rho_a g H$ .

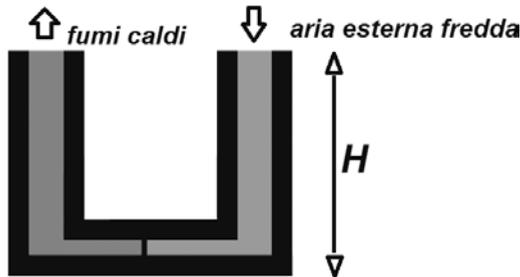


Figura 3.1. Le due colonne di aria fredda, a destra, e fumi caldi, a sinistra

Agisce quindi sul setto di separazione una pressione differenziale  $P_D$  che è proporzionale alla quota verticale  $H$  e alla differenza di massa volumica fra aria fredda e fumi caldi  $= P_d = g H (\rho_f - \rho_c)$ . Se il setto di separazione venisse rimosso la maggiore pressione dell'aria fredda spinge i fumi caldi ed il moto innescato dalla differenza di pressione non si interrompe fintantoché la caldaia fornisce il calore necessario alla produzione dei fumi caldi.

La pressione preesistente, in assenza di moto, denominata pressione statica  $P_H$ , varia in fase dinamica. La pressione statica è l'elemento motore del sistema e deve vincere le perdite di carico di attraversamento della caldaia  $P_W$ , del canale di fumo  $P_{RV}$ , del camino  $P_{RC}$ .

La perdita di carico è funzione della portata dei fumi, oltre che della geometria del sistema. All'equilibrio dinamico, pertanto:

$$PH = PRV + PRC + PW$$

Se l'aria deve essere prelevata dall'esterno attraverso una canalizzazione apposita le perdite di carico di aspirazione aumentano.

Un maggiore scambio termico acqua-fumi è ottenibile con uno scambiatore di maggiori dimensioni e quindi maggiore perdita di carico. A fronte di questi fattori la pressione statica è insufficiente per assicurare una adeguata portata dei fumi ed è pertanto necessario ricorrere alla ventilazione meccanica.

Per questo motivo nascono le caldaie di tipologia C a tiraggio meccanico. Nelle canne fumarie ai fattori fluidodinamici si associano quelli termici: i fumi percorrendo la canna fumaria scambiano calore con l'esterno e si raffreddano.

La loro diminuzione di temperatura comporta un aumento della loro massa volumica e quindi la pressione statica si abbassa. Inoltre l'aumento della massa volumica comporta anche un aumento della perdita di carico.

La conclusione è che, se la canna fumaria non è adeguatamente coibentata, il tiraggio è inferiore rispetto alla condizione limite teorica sopra enunciata (temperatura dei fumi nel camino costante).

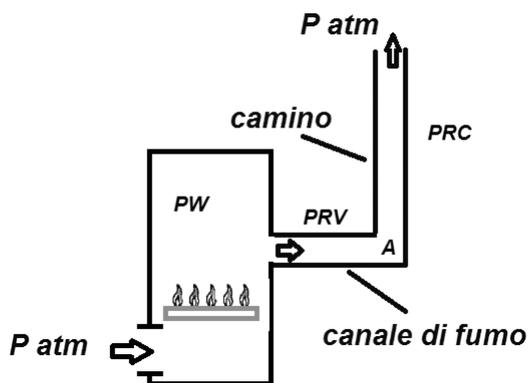


Figura 3.2. Le pressioni dalla caldaia al camino

Nella figura 3.2 evidenziamo: in fase statica PH è la pressione alla base del camino, punto A, che è uguale a quella all'uscita del canale di fumo. In fase dinamica l'aria fredda affluisce alla caldaia, dove subisce una caduta di pressione dovuta alle resistenze al moto, sia in caldaia PW, che nel canale di fumo PRV, e giunge alla base del camino con una depressione pari a PZ. Questa depressione diminuisce delle perdite di carico del camino PRC fino ad azzerarsi all'uscita del camino. La depressione PZ vale pertanto:

$$PZ = PH - PRC \text{ (lato camino)}$$

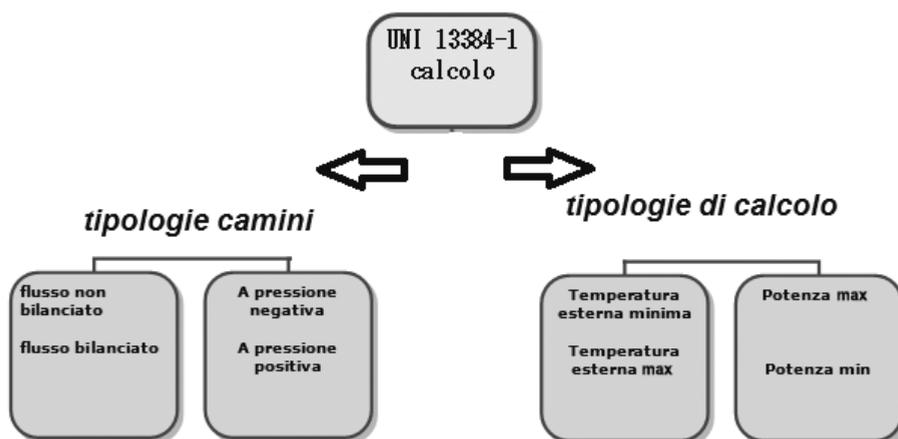
$$PZ = PRV + PW \text{ (lato canale di fumo)}$$

## IL CALCOLO DELLE CANNE FUMARIE SECONDO LA UNI 13384/1

### 4.1. La norma UNI 13384-1

La norma UNI 13384-1 definisce il procedimento di calcolo dei camini singoli. Essa è strutturata nelle seguenti parti:

- il capitolo 5 descrive il calcolo dei camini a flusso non bilanciato;
- il paragrafo 5.1 presenta i principi generali;
- il paragrafo 5.2 presenta i requisiti di pressione e quello 5.3 quelli di temperatura;
- il paragrafo 5.4 presenta i principi generali di calcolo;
- il paragrafo 5.5 definisce i dati di calcolo del generatore di calore: portata massica, temperatura dei fumi, tiraggio etc.;
- il paragrafo 5.6 e 5.7 definiscono gli altri dati caratteristici: quelli relativi alle condizioni ambientali e alla canna fumaria;
- il paragrafo 5.8 definisce il calcolo delle temperature e della trasmittanza della canna fumaria;
- il paragrafo 5.9 definisce il calcolo delle massa volumica e della velocità dei fumi;
- il paragrafo 5.10 definisce il calcolo delle pressioni;
- il paragrafo 5.11 definisce il calcolo del tiraggio minimo e massimo;
- il capitolo 6 definisce il calcolo dell'aria secondaria;
- il capitolo 7 definisce il calcolo per i camini a flusso bilanciato procedendo in modo analogo al capitolo 5. Nei paragrafi 7.8.2 e 7.8.3 viene illustrato il metodo di calcolo delle temperature per i condotti concentrici;
- il capitolo 8 definisce il calcolo del calore di condensazione;
- le appendici A, da B1-B7, C, D, E definiscono dati caratteristici a cui si fa riferimento.



I camini a flusso bilanciato hanno l'aspirazione e lo scarico immediatamente vicini o con condotte concentriche. Quelli a flusso non bilanciato hanno aspirazione e scarico in posizione diverse.

I camini a pressione negativa sono in depressione rispetto all'ambiente nel quale sono collocati, quelli in pressione positiva sono in sovrappressione.

#### 4.2. Il calcolo dei camini

Le tipologie principali di calcolo dei camini sono essenzialmente:

- **a camera aperta e tiraggio naturale.** La pressione statica del camino, ed eventualmente del canale di fumo, deve vincere le perdite di carico del camino, del canale di fumo, del generatore, e quelle dovute all'afflusso di aria nel generatore. Camino, canale di fumo, generatore sono in pressione negativa.
- **a camera stagna e tiraggio forzato.** Il ventilatore della caldaia vince le perdite di carico del generatore e per l'alimentazione dell'aria. La pressione statica del camino, ed eventualmente del canale di fumo, deve vincere le perdite di carico del solo camino e del canale di fumo. Camino e canale di fumo sono in pressione negativa. Il generatore può essere in pressione positiva o negativa a seconda che il ventilatore sia a monte della camera di combustione o a valle.
- **a tiraggio soffiato e pressione positiva.** Il ventilatore ha una prevalenza, a cui va sommata le pressioni statiche del canale di fumo e del camino, in grado di vincere tutte le perdite della caldaia, del canale di fumo, del camino e quelle dovute all'afflusso di aria nel generatore. La presenza del tiraggio soffiato o forzato e quindi la presenza del ventilatore è resa necessaria dalle maggiori perdite dello scambiatore della caldaia, il che presuppone un maggior contatto fumi-superficie di scambio e quindi un maggior rendimento. D'altro canto il decremento della temperatura di uscita dei fumi diminuisce la pressione statica rendendo impossibile il tiraggio naturale. Questo è vero specialmente nelle caldaie a condensazione in cui le temperature di uscita sono necessariamente basse.
- **flusso bilanciato-non bilanciato.** Quando la presa di aspirazione dell'aria e di scarico dei fumi sono adiacenti o addirittura concentrici le sovrappressioni dovute al vento influenzano nello stesso modo entrambe le prese e pertanto si parla di camini a flusso bilanciato e pertanto il termine PL dovuto alla pressione del vento non viene considerato. Quando invece presa di aspirazione e scarico sono situati in posti differenti si parla di flusso non bilanciato e può essere preso in considerazione il termine PL.
- **tiraggio minimo e tiraggio massimo.** Sono le condizioni che si verificano con la temperatura esterna massima (il minimo) e temperatura esterna minima(il massimo). Valore assunto per la temperatura esterna minima è di  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , mentre il valore massimo è di  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

La norma prevede due coefficienti di sicurezza i cui valori variano a seconda delle condizioni:

- SH = coefficiente che tiene conto dell'incostanza della temperatura per il calcolo della resistenza termica;
- SE = coefficiente di sicurezza fluidodinamica per il calcolo delle perdite di carico.

## CANNE COLLETTIVE

Una canna fumaria collettiva collega ad uno scarico comune più generatori di calore aventi caratteristiche di potenza termica non sensibilmente differenti e che utilizzano lo stesso combustibile. Il loro utilizzo è legato ai condomini con riscaldamento autonomo e vi sono dei limiti al numero di generatori allacciabili ed ai piani serviti. È evidente che le condizioni di funzionamento sono funzione dei generatori in funzione, che a loro volta, se modulanti, hanno caratteristiche di potenza variabili. Abbiamo visto che la pressione statica di una canna fumaria dipende dall'altezza e quindi in funzione del piano si possono avere valori di pressione statica completamente differenti.

Le perdite di carico sono poi funzione della portata, dello sviluppo lineare, delle caratteristiche geometriche. Anche in questo caso variano sensibilmente le perdite a seconda del generatore considerato. È quindi evidente che le condizioni di funzionamento sono molteplici, anche se le norme fissano solo un numero limitato di condizioni. Le norme di riferimento sono:

- UNI 10640;
- UNI 10641;
- UNI 13384-2.

### 5.1. La norma UNI 10640

La norma UNI 10640 ha come ambito applicativo l'evacuazione dei prodotti della combustione di più apparecchi a gas di tipo B a tiraggio naturale, con interruttore di tiraggio, aventi potenza termica massima di 35 kW. Nel seguito indicheremo con l'abbreviazione CCR la dizione canna collettiva ramificata.

Una CCR deve avere le caratteristiche comuni a tutte le canne fumarie:

- garantire la tenuta dei prodotti della combustione ed essere termicamente isolata;
- resistenza alle sollecitazioni meccaniche e termiche;
- allacciamento di un solo apparecchio per piano, per un massimo di 6 piani;
- sono allacciabili generatori con potenza al focolare minore di 35 kW;
- le potenze dei generatori di calore non devono differire di più del 30%;
- l'ultimo piano deve avere lo scarico diretto in atmosfera;
- l'altezza dei condotti secondari deve essere uguale all'altezza del piano;
- l'ingresso nel primario deve realizzarsi con elemento deviatore avente angolo non minore di 135° rispetto all'asse del condotto;
- il diametro idraulico del condotto secondario deve essere maggiore di 120 mm;
- l'altezza del tratto terminale deve essere maggiore di 3 m;
- nessuna sovrappressione deve verificarsi nella CCR.

La verifica della CCR va fatta nelle seguenti condizioni:

### Caso 1

Caldaie accese	tutte
Potenza termica di funzionamento	massima
Temperatura esterna	20 °C
Regime di funzionamento	discontinuo con il fattore SH = 0,5

### Caso 2

Caldaie accese	quella al piano più in basso
Potenza termica di funzionamento	minima
Temperatura esterna	20 °C
Regime di funzionamento	discontinuo con il fattore SH = 0,5

### Caso 3

Caldaie accese	quella al piano più in alto
Potenza termica di funzionamento	massima
Temperatura esterna	20 °C
Regime di funzionamento	discontinuo con il fattore SH = 0,5

### Caso 4

Caldaie accese	solo quella al piano più in basso
Potenza termica di funzionamento	massima
Temperatura esterna	temperatura di progetto invernale
Regime di funzionamento	continuo con il fattore SH = 1

Nelle caldaie a camera aperta una certa quantità di aria che non partecipa alla combustione (aria parassita) entra dopo la camera di combustione e diluisce i fumi. La quantità di aria dipende dalla depressione esistente alla base del canale di fumo e non è nota a priori. Il calcolo della CCR è pertanto iterativo in quanto le depressioni dipendono dalle portate e viceversa. Inoltre le proprietà fisiche dei fumi dipendono esse stesse dalle portate. L'iterazione prosegue finché fra un ciclo ed il successivo la differenza delle depressioni ai canali di fumo sia inferiore a 0,1 Pa.

#### 5.1.1. Le verifiche

##### Caso 1

- la pressione all'imbocco di ogni canale da fumo deve essere maggiore delle perdite di carico del generatore sommate con quelle relative all'ingresso dell'aria nel locale;
- la portata di aria parassita deve essere maggiore di zero.

##### Caso 2

- la pressione all'imbocco del canale di fumo dell'apparecchio acceso deve essere maggiore delle perdite di carico del generatore e quelle relative all'ingresso dell'aria nel locale;

## I MATERIALI E LA DESIGNAZIONE

### 6.1. I materiali delle canne fumarie

I materiali previsti comunemente per le canne fumarie sono:

- acciaio inox;
- plastica;
- calcestruzzo;
- terracotta/ceramico;
- laterizio.

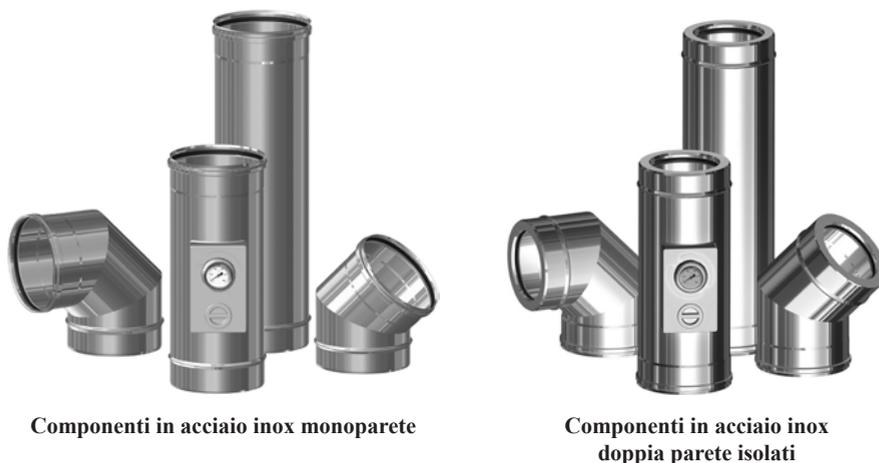


Figura 6.1. Canna fumaria in acciaio inox

#### 6.1.1. Acciaio Inox

Il tubo rigido in acciaio inox AISI 316L è il materiale più largamente impiegato dai produttori di camini in acciaio e rappresenta, fra le canne fumarie in metallo, il miglior prodotto. L'acciaio inox è impermeabile ai gas ed alla condensa, ha buona resistenza agli acidi, ed alta resistenza sia alla temperatura che agli shock termici.

La resistenza meccanica è elevata, la parete interna del condotto risulta perfettamente liscia e non si presentano formazione di depositi. In commercio si presenta sia nella soluzione monoparete che a doppia parete con interposto strato di isolante tra i 25 e i 50 mm oppure tramite barriera d'aria isolante di 1 cm.

I tubi metallici sono disponibili in misure definite e per il loro modesto spessore, da 5/10 a 10/10 risultano leggeri dei materiali edili, il che rende la loro posa in opera facile, rapida ed

economica. I collegamenti tra i pezzi, già predisposti dal produttore, offrono maggiore sicurezza ed efficienza di quelli tra i blocchi di materiale edile, che richiedono impiego di malta o speciali sigillanti. Per ovviare ai problemi di inestetismo delle condotte di acciaio inox sono disponibili tubi con parete esterna in rame (ideale ad esempio nei centri storici), od in lamiera verniciata a fuoco, soluzioni che comportano un notevole aumento di costi.

La guarnizione, è certezza di tenuta senza omettere la palese caratteristica di incombuibilità del camino, in quanto suo accessorio e non materiale costruttivo, così come previsto dalla pubblicazione del decreto legislativo 29 giugno 2010, n. 128 (*Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale, a norma dell'articolo 12 della legge 18 giugno 2009, n. 69*) che modifica ed integra il precedente decreto legislativo del 3 aprile 2006, n. 152 (che già citava la stessa cosa su questo argomento).

La perfetta giunzione tra due componenti è assicurata dalla guarnizione, che deve garantire, tenendo conto delle dilatazioni tra i componenti, la perfetta tenuta degli stessi.

La composizione di base dell'acciaio inox austenitico è il 18% di Cr, l'8% di Ni, con sigla 18/8 (Aisi 304). L'aggiunta di molibdeno consente la formazione di carburi di molibdeno che assicurano una maggiore resistenza alla corrosione dei cloruri, come acqua di mare, con sigla 18/8/3 (Aisi 316L). Il fenomeno corrosivo più diffuso sugli acciai austenitici è infatti il Pitting o Vaiolatura determinato da una perforazione locale dello strato passivante, causato dall'azione di elementi come gli ioni cloruro (Cl) o fluoruri. La superficie presenta puntature o vaioli, caratterizzati da un cratere circondato da un alone.

Il contenuto di carbonio in questi acciai è basso, max 0.08%, ma esistono anche acciai inox austenitici (sigla L) con un massimo di 0.03% di Carbonio. Per la notevole percentuale di componenti pregiati (Ni, Cr, Ti, Nb, Ta) gli acciai austenitici risultano i più costosi tra gli acciai di uso comune. Le normative tecniche nazionali consentono esclusivamente l'uso di acciaio inox austenitico (es. 316 L). L'acciaio AISI 316L è abitualmente usato per la parete interna, cioè la parete a contatto con i prodotti della combustione, mentre l'acciaio inox AISI 304 è impiegato per la parete esterna, cioè quella estetica o di rivestimento.

Le canne fumarie in acciaio inox sono in genere garantite per resistere a temperature superiori a quelle di quotidiano esercizio e cioè a circa 600 °C e a 750 °C per il passaggio temporaneo dei fumi.

Le tipologie di saldatura più adatte sono quelle che non comportano l'apporto di materiale, ma che vengono realizzate attraverso la fusione del solo metallo di base, e quelle TIG (Tungsten Inert Gas).

L'acciaio AISI 304, non è risultato idoneo a superare i nuovi test di prova di resistenza alla corrosione, e come conseguenza l'evoluzione normativa tenderà a ridurne l'impiego sino a vietarlo. Fenomeni di condensazione, possono essere infatti frequenti a causa dei transitori termici e della insufficiente coibentazione dei canali da fumo.

	C	Cr	NI	Mo
Aisi 304	0.04	18.1	8.3	
Aisi 304L	0.02	18.1	8.3	
Aisi 316L	0.02	17.1	10.1	2.1

**Tabella 6.1.** *Composizione % degli acciai*

## LA NORMATIVA

### 7.1. Le norme

Secondo la Direttiva Europea 98/34/CE del 22 giugno 1998 una “norma” è un documento che definisce le caratteristiche di un prodotto, di un processo produttivo o di progettazione, secondo le conoscenze tecniche più aggiornate e deriva dal contributo dei tecnici del settore.

Nell’ambito di applicazione delle norme vi sono:

- norme internazionali (ISO);
- norme europee (EN);
- norme nazionali (UNI).

Una norma tecnica viene realizzata osservando le seguenti procedure:

- la stesura è aperta a tutti coloro che in qualche modo sono interessati e sono competenti in materia;
- coloro che hanno partecipato alla stesura concordano i contenuti della norma;
- l’ente notifica lo sviluppo della norma e mette a disposizione degli interessati il suo contenuto;
- le parti interessate, una volta approvata, si impongono il rispetto delle direttive della norma.

Il documento tecnico della norma costituisce un riferimento univoco per gli operatori che deriva dalle conoscenze e dalle esperienze di chi l’ha prodotta.

I documenti legislativi delle pubbliche amministrazioni o semplicemente i contratti di fornitura di beni e servizi, facendo riferimento alle norme, impongono le regole cui si devono attenere tali contratti.

L’internazionalizzazione del commercio e dei servizi ha imposto l’evoluzione delle norme locali ad ambiti sempre più vasti.

La normativa è solo locale quando è ristretta alle sole problematiche caratteristiche di una zona circoscritta. Le norme sono caratterizzate da sigle e numeri.

La sigla è caratteristica dell’ente che la ha elaborata e l’ambito di validità:

- UNI: caratterizza le norme nazionali italiane. Nel caso sia presente solo questa sigla significa che la norma è stata prodotta dalle Commissioni UNI o Enti Federati;
- EN: caratterizza le norme prodotte dal CEN (*Comité Européen de Normalisation*). Tali norme sono obbligatoriamente osservate dai Paesi membri CEN, la loro sigla di riferimento diventa, nel nostro paese UNI EN. L’ambito applicativo è europeo ed eventuali norme nazionali non possono essere in contrasto con queste;
- ISO: caratterizza le norme prodotte dall’ISO (*International Organization for Standardization*). Tali norme sono valide a livello mondiale. I singoli paesi possono eventualmente imporre condizioni più restrittive. Se valide nel contesto nazionale diventano UNI ISO oppure UNI EN ISO se adottate anche a livello europeo.

L'attività normativa, oltre che allargare gli ambiti geografici, abbraccia oggi aspetti sempre vasti che riguardano prodotti e servizi, comprendendo gli aspetti della sicurezza e dell'organizzazione aziendale e della protezione ambientale, definendo standard di qualità aziendale.

La realizzazione di una norma segue diverse fasi:

- la messa allo studio;
- la stesura del documento;
- l'inchiesta pubblica;
- l'approvazione da parte della CCT;
- la pubblicazione.

### **La messa allo studio**

Enti società e persone indicati dall'organismo normativo attuano uno studio di fattibilità che deve indicare la necessità della norma, individua le risorse da coinvolgere nell'elaborazione, valuta i vantaggi della norma.

### **La stesura del documento**

Superata positivamente la fase di studio si affida l'elaborazione agli esperti rappresentativi dell'ambito economico o sociale cui la norma si rivolge. L'organismo di normazione ha funzione di coordinamento delle attività, con la sua struttura organizzativa, mentre i contenuti effettivi delle norme vengono definiti da quegli esperti esterni che vengono nominati dai singoli Paesi.

### **L'inchiesta pubblica**

Il contenuto della norma approvato dagli esperti che hanno contribuito nella prima fase, viene diffuso dall'ente normativo, al fine di raccogliere le osservazioni del bacino d'utenza della norma. In questa fase un pubblico più vasto, che non poteva partecipare al comitato ristretto della iniziale può arricchire la norma con ulteriori conoscenze ed esperienze tecniche.

### **La pubblicazione**

Una volta che la versione della norma viene approvata, tenendo conto delle osservazioni che sono scaturite dall'inchiesta pubblica, viene presentata al voto degli organismi di normazione nazionali.

A livello europeo il membro CEN ha l'obbligo di far proprie le norme EN, eventualmente pubblicandole nella lingua del paese membro, abolendo quelle valide a livello nazionale che coprono gli stessi aspetti. Questo obbligo non sussiste per le norme ISO che possono essere volontariamente adottate.

## **7.2. Riferimenti normativi**

L'elenco dettagliato delle norme può essere ricavato dal sito dell'UNI avviando la ricerca con la voce camini. Se ne riportano pertanto un elenco delle principali:

- UNI EN 1443 – *Camini Requisiti generali.*
- UNI EN 1856-1 – *Requisiti per camini metallici. Parte 1: Prodotti per sistemi camini.*

## LE CANNE FUMARIE COLLETTIVE IN PRESSIONE E LA UNI 13384-2009

La UNI 13384-2 del 2009 introduce il calcolo delle canne fumarie collettive in pressione positiva. Essa è tipicamente applicabile alle canne fumarie al servizio di generatori a condensazione, che a partire dal 2018, saranno gli unici ad essere commercializzati.

Nelle caldaie a condensazione la temperatura d'uscita dei fumi, come abbiamo visto al paragrafo 1.9, è bassa e quindi la pressione statica conseguente la differenza fra temperatura dei fumi e temperatura esterna è modesta ed insufficiente a vincere le perdite di carico, ameno di condotti aventi diametri eccessivi. In una canna fumaria, a prescindere dal canale di fumo, la pressione negativa si può verificare solo quando la pressione statica è maggiore o uguale alle perdite di carico, viceversa la pressione sarà positiva e necessariamente conseguenza della presenza di ventilazione meccanica. Ne consegue che in presenza di generatori attivi e disattivi vi può essere un passaggio di fumi dal generatore attivo a quelli spenti.

La norma consente pertanto questa situazione solo in presenza di serrande di ritegno che permettono il passaggio dei fumi solo in un senso (Figura 8.1)



**Figura 8.1.** Valvola di ritegno a clapet per caldaie

Le condizioni di lavoro che devono essere verificate coprono i seguenti casi:

- tutti i generatori attivi al carico nominale;
- tutti i generatori attivi al carico ridotto;
- un singolo generatore attivo al carico nominale, gli altri spenti;
- un singolo generatore attivo al carico ridotto, gli altri spenti.

Ad esempio nel caso di 4 generatori le condizioni da verificare saranno 10.

### 8.1. Il calcolo secondo la 13384-2

Il calcolo idraulico e termico è analogo alle altre tipologie di canne fumarie. Con riferimento allo schema di figura 8.3 si deve verificare:

$$| P_{zoe} - P_{zo} | < 0,1 [1]$$

dove:

- $P_{zoe} = P_{woc} - P_v - P_b$  (pressione lato generatore);
- $P_{woc}$  = la pressione del ventilatore;
- $P_v$  = la perdita di carico del canale di fumo;
- $P_b$  = la perdita di carico del condotto afflusso aria;
- $P_{zo} = \sum P_r - P_h$  (pressione lato camino) somma relativi a tutti i tratti fino al comignolo;
- $P_r$  = la perdita di carico del tratto;
- $P_h$  = la pressione statica.

Inoltre:

- $m_{wcj} > m_{wj}$ : la portata effettiva deve essere maggiore di quella nominale;
- la pressione massima deve essere minore di quella massima sopportabile del condotto;
- la nuova UNI 7129 aggiunge una pressione massima della canna collettiva comune di 25 Pa.

Se consideriamo aria esterna a 20 °C e fumi a 100 °C la pressione statica è 2,55 Pa/m. Se i fumi sono a 50 °C questa pressione si abbassa a 1,26 Pa/m cioè la metà. Se consideriamo che le perdite di carico HW1 del diametro D1 rispetto a quelle del diametro D2, HW2 sono legate da questa espressione:

$$HW1/HW2 = (D2/D1)^5$$

assumendo  $D1 = 120$  mm e  $HW1/HW2 = 0,5$  si ha  $D2 = 138$  mm.

Quindi la diminuzione di pressione statica comporta, a parità di perdite di carico un aumento dei diametri. Una canna fumaria calcolata in pressione negativa dovrà avere dimensioni maggiori per replicare le stesse condizioni con le nuove temperature delle caldaie a condensazione.

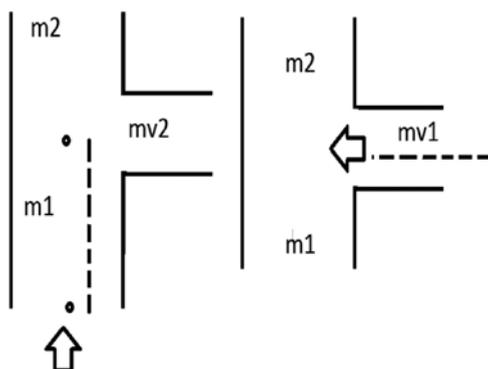


Figura 8.2. Il tratto camino con le portate  $m1$  ed  $m2$  ed il tratto canale di fumo con portata  $mv1$

## RISTRUTTURAZIONE DI SISTEMI FUMARI ESISTENTI

Oggi possiamo dividere il patrimonio impiantistico nazionale in due periodi d'installazione ben distinti.

- 1) impianti fumari costruiti 40 anni fa e mai ristrutturati;
- 2) impianti fumari ristrutturati dal 2005 ad oggi.

Con l'entrata in vigore della direttiva 2009/125/CE (ErP), dal 26 settembre 2015 non si trovano più in commercio gli apparecchi standard 3 stelle a camera stagna e dal 26 settembre 2018 (con il vincolo del limite dei 56 mg/Kwh di limite di emissione di NOx per tutti i generatori a gas) anche tutti gli apparecchi di tipo B a camera aperta che fino a questa data potranno essere installate solo per le sostituzioni.

Per quanto concerne il riscaldamento domestico troviamo sul mercato solamente apparecchi di tipo C con determinati limiti di efficienza stagionale chiamati comunemente caldaie a condensazione.

È intuitivo capire come questa nuova legge di mercato sia strettamente legata alla ristrutturazione dei sistemi fumari esistenti costruiti sia recentemente che nel passato e mai come ora l'evoluzione normativa in materia d'installazione va di pari passo con quella legislativa in materia di mercato comunitario. L'amministratore di condominio diventa così la figura più interessata a questa evoluzione impiantistica con l'onere di preoccuparsi dell'impatto sul condominio all'adeguamento degli scarichi fumari in relazione alla canna fumaria già esistente.

Vogliamo ora approfondire con due casi come ristrutturare due impianti fumari collettivi al servizio di apparecchi a gas, costruiti sia recentemente che nel passato nel rispetto delle normative vigenti in materia di installazione e tenendo conto del tipo di apparecchi a gas che possiamo trovare sul mercato.

### *Caso 1*

Condominio residenziale composto da tre piani fuori terra. L'impianto di evacuazione dei prodotti della combustione è di tipo ramificato realizzato negli anni 80 con blocchetti in calcestruzzo di tipo shunt. L'impianto asserva tre apparecchi a gas di tipo B a tiraggio naturale per la produzione di acqua calda sanitaria e per il riscaldamento degli ambienti aventi una potenzialità di 24 kW cad.

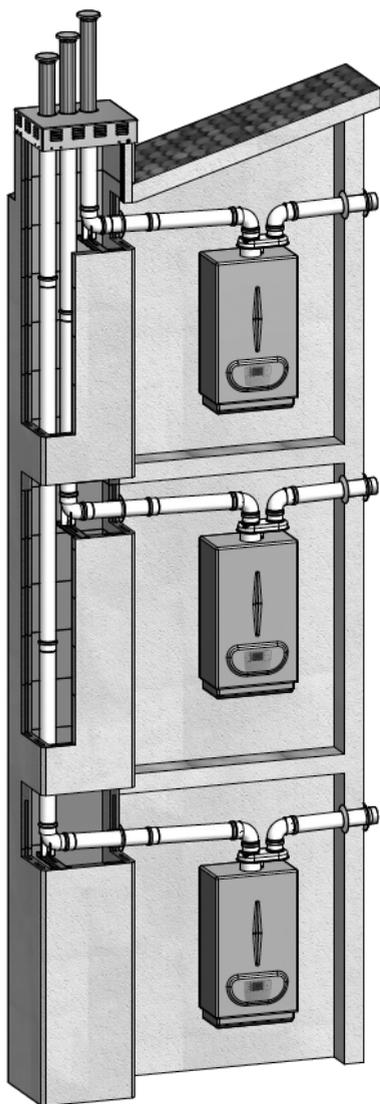
Le situazioni che possono innescare il problema di come ristrutturare l'impianto fumario sono due:

- 1) rottura di una caldaia;
- 2) segnalazione del manutentore di scarso tiraggio della canna fumaria.

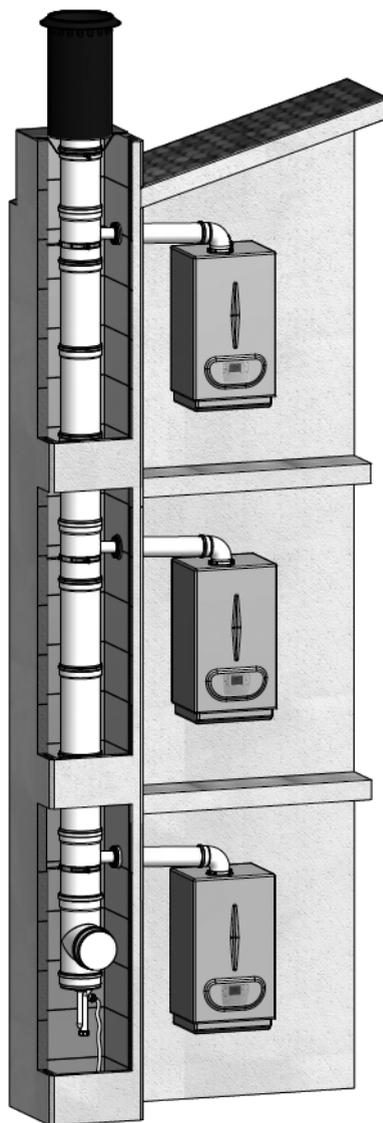
Nel caso della rottura di una caldaia, è possibile sostituirla con una simile se disponibile sul mercato verificando, dopo la sua messa in servizio, la funzionalità della canna fumaria collettiva ramificata secondo quanto previsto dalla UNI 10845.

Se invece il manutentore degli apparecchi oppure l'autorità competente segnala uno scarso tiraggio del sistema fumario, occorre procedere con un adeguamento/ristrutturazione. Qui sarà importante il ruolo dell'amministratore che si deve affidare alle competenze di un tecnico abilitato che saprà individuare la soluzione tecnologica ed economica più conveniente.

Riproporre una nuova canna fumaria collettiva ramificata al servizio degli attuali apparecchi è oggettivamente una soluzione che non rispecchia la realtà delle nuove tecnologie impiantistiche e che nell'arco di qualche anno necessiterà di nuovo ad un adeguamento.



**Figura 9.1.** Ristrutturazione eseguita con intubamento multiplo nella vecchia CCR, realizzata con sistemi monoparete in polipropilene al servizio di caldaie a condensazione



**Figura 9.2.** Ristrutturazione eseguita con canna collettiva intubata nella vecchia CCR, realizzata con sistema monoparete in polipropilene al servizio di caldaie a condensazione

## INSTALLAZIONE DEL SOFTWARE INCLUSO

### 10.1. Note sul software incluso

Il software incluso, parte integrante della pubblicazione, consente l'utilizzo dei seguenti programmi di calcolo (fogli Excel con codice di calcolo in VBA):

- **camino\_singolo.xls**: calcoli di un camino singolo secondo la UNI EN 13384-1.
- **concentrici.xls**: calcoli di scambio termico in una canna fumaria orizzontale in cui il condotto di aspirazione e scarico sono concentrici.
- **combustione.xls**: calcolo della combustione.

Novità di questa edizione è il programma “**Calcolo resistenza al fuoco**” per il calcolo della resistenza al fuoco e della temperatura di contatto di canne fumarie a sezione circolare e quadrata, in accordo alle norme UNI EN 15287-1 e UNI EN 15287-2. Per i materiali certificati UNI EN 1856-1 (camini metallici) la distanza di sicurezza dai materiali combustibili è definita dal fabbricante che ha testato il prodotto in laboratorio e deve essere considerata in aria libera ma se il prodotto viene installato in altre condizioni o viene isolato ulteriormente la distanza va calcolata. Per i prodotti certificati UNI EN 1856-2 (condotti intubati), la distanza di sicurezza non viene definita dal fabbricante perché il condotto è stato testato in laboratorio in un cavedio in classe A1. Anche se il condotto intubato è collocato all'interno di un cavedio incombustibile, non è scontato che le temperature non raggiungano valori tali da compromettere la sicurezza del sistema fumario in prossimità di materiali combustibili adiacenti all'asola tecnica. Il calcolo viene effettuato con aria dell'intercapedine non ventilata (spessore massimo 50 mm). La temperatura massima dei materiali combustibili deve essere inferiore a 85 °C con una temperatura fumi uguale alla classe di temperatura certificata del condotto e deve essere inferiore a 100 °C riferita ad una temperatura di 1000 °C, condizione che si verifica durante un incendio da fuliggine (UNI EN 15287). Viene inoltre data al possibilità di inserire due schermi isolanti all'esterno dell'asola tecnica così da poter diminuire la temperatura dei materiali combustibili adiacenti. Sono disponibili, inoltre, le seguenti utilità: **Glossario** (principali termini tecnico-normativi); **F.A.Q.** (domande e risposte più frequenti); **Test iniziale** (verifica della formazione di base); **Test finale** (verifica dei concetti analizzati).

### 10.2. Requisiti hardware e software

- Processore da 2.00 GHz;
- MS Windows Vista/7/8/10 (è necessario disporre dei privilegi di amministratore);
- MS .Net Framework 4 e vs. successive;
- 250 MB liberi sull'HDD;
- 2 GB di RAM;
- MS Excel 2003 e vs. successive;

- Risoluzione monitor consigliata 1366×768;
- Accesso ad internet e browser web.

### 10.3. Download del software e richiesta della password di attivazione

- 1) Collegarsi al seguente indirizzo internet: [http://www.grafill.it/pass/947\\_5.php](http://www.grafill.it/pass/947_5.php).
- 2) Inserire i codici “A” e “B” (vedi ultima pagina del volume) e cliccare [Continua].
- 3) **Per utenti registrati** su [www.grafill.it](http://www.grafill.it): inserire i dati di accesso e cliccare [Accedi], accettare la licenza d’uso e cliccare [Continua].
- 4) **Per utenti non registrati** su [www.grafill.it](http://www.grafill.it): cliccare su [Iscriviti], compilare il form di registrazione e cliccare [Iscriviti], accettare la licenza d’uso e cliccare [Continua].
- 5) Un **link per il download del software** e la **password di attivazione** saranno inviati, in tempo reale, all’indirizzo di posta elettronica inserito nel form di registrazione.

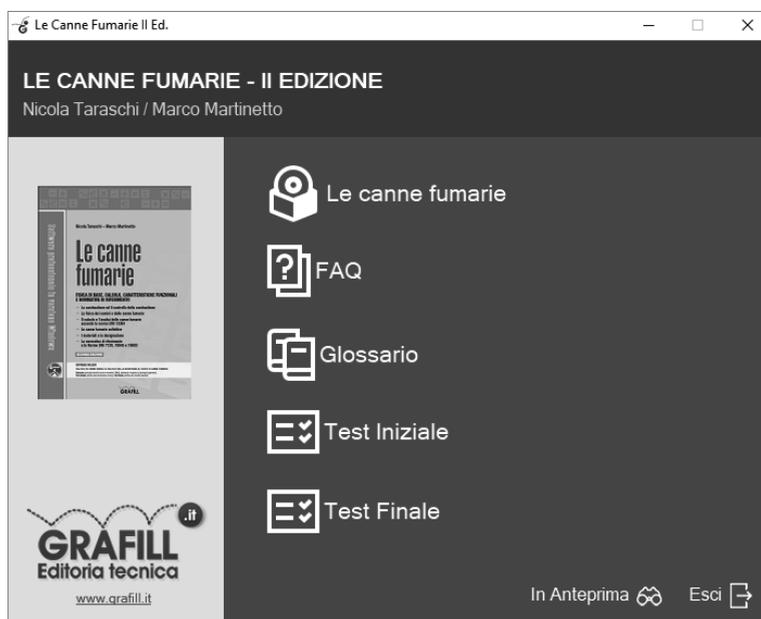
### 10.4. Installazione ed attivazione del software

- 1) Scaricare il setup del software (file \*.exe) cliccando sul link ricevuto per e-mail.
- 2) Installare il software facendo doppio-click sul file **88-8207-948-2.exe**.
- 3) Avviare il software:

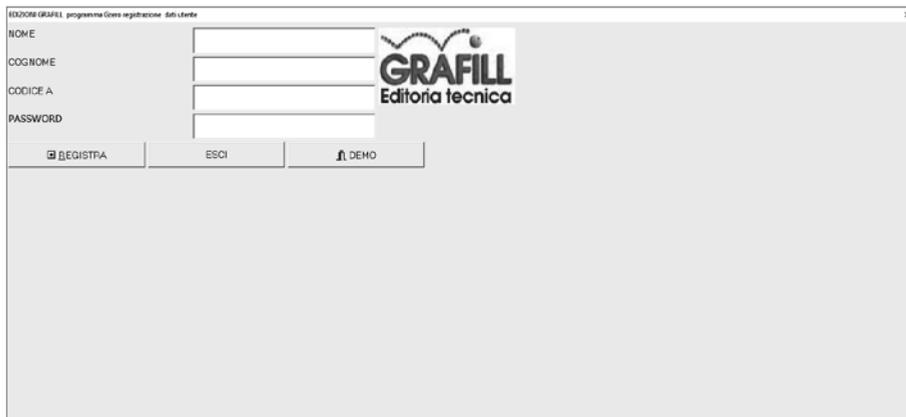
Per utenti MS Windows Vista/7/8: [Start] > [Tutti i programmi] > [Grafill]  
> [Le canne fumarie II Ed] (cartella) > [Le canne fumarie II Ed] (icona di avvio)

Per utenti MS Windows 10: [Start] > [Tutte le app] > [Grafill]  
> [Le canne fumarie II Ed] (icona di avvio)

- 4) Verrà visualizzata la seguente finestra di gestione:



- 5) Cliccando su **[Le canne fumarie]** verrà visualizzata la maschera di registrazione di seguito rappresentata:



- 6) Compilare la maschera di registrazione e cliccare su **[Registra]**. In alternativa è possibile avviare il software in modalità *Demo* cliccando sull'apposito pulsante.
- 7) Verrà visualizzata la homepage del software **Le canne fumarie II Ed.** di seguito rappresentata:



## IL PROGRAMMA “CALCOLO RESISTENZA AL FUOCO”

### 11.1. Il programma “Calcolo resistenza al fuoco”

Tra le novità di questa seconda edizione figura l’aggiornamento del software, con l’aggiunta del programma “Calcolo resistenza al fuoco” che esegue il calcolo della resistenza al fuoco e della temperatura di contatto di canne fumarie a sezione circolare e quadrata, ai sensi delle norme UNI EN 15287-2-2008 e UNI EN 15287-1-2010.

Per le due tipologie specificate (canne fumarie a sezione circolare e quadrata) il programma calcola la temperatura di resistenza al fuoco e la temperatura di contatto del sistema intubato in accordo alle norme UNI EN 15287-1 e UNI EN 15287-2.

Per i materiali certificati secondo UNI EN 1856-1 (camini metallici) la distanza di sicurezza dai materiali combustibili è definita dal fabbricante che ha testato il prodotto in laboratorio e deve essere considerata in aria libera ma se il prodotto viene installato in altre condizioni o viene isolato ulteriormente la distanza va calcolata.

Per i prodotti certificati UNI EN 1856-2 condotti intubati, la distanza di sicurezza non viene definita dal fabbricante perché il condotto è stato testato in laboratorio in un cavedio in classe A1. Anche se il condotto intubato è collocato all’interno di un cavedio incombustibile, non è scontato che le temperature non raggiungano valori tali da compromettere la sicurezza del sistema fumario in prossimità di materiali combustibili adiacenti all’asola tecnica.

Il calcolo viene effettuato con aria dell’intercapedine non ventilata avente uno spessore massimo di 50 mm.

La temperatura massima dei materiali combustibili deve essere inferiore a 85 °C con una temperatura fumi uguale alla classe di temperatura certificata del condotto e deve essere inferiore a 100 °C riferita ad una temperatura di 1000 °C, condizione che si verifica durante un incendio da fuliggine (UNI EN 15287).

Viene inoltre data la possibilità di inserire due schermi isolanti all’esterno dell’asola tecnica così da poter diminuire la temperatura dei materiali combustibili adiacenti.

### 11.2. La homepage del programma “Calcolo resistenza al fuoco”

Svolta la procedura di installazione e di registrazione indicata al capitolo precedente, avviare il software dal seguente percorso di MS Windows:

Per utenti MS Windows Vista/7/8: [Start] > [Tutti i programmi] > [Grafill]  
> [Le canne fumarie II Ed] (cartella) > [Le canne fumarie II Ed] (icona di avvio)

Per utenti MS Windows 10: [Start] > [Tutte le app] > [Grafill]  
> [Le canne fumarie II Ed] (icona di avvio)

Verrà visualizzata la homepage del software **Le canne fumarie II Ed.**:



Cliccando su pulsante [calcolo resistenza al fuoco] verrà visualizzata la schermata principale del programma “Calcolo resistenza al fuoco”:

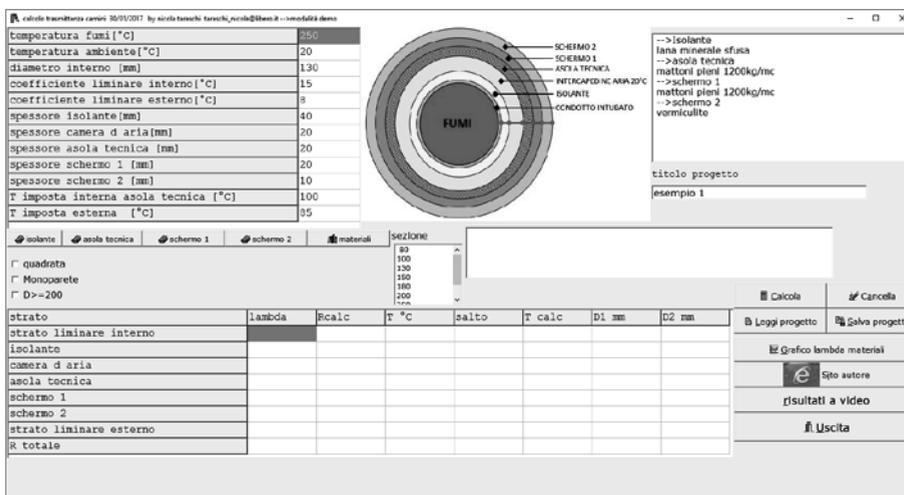


Figura 11.1. Schermata del programma “Calcolo resistenza al fuoco”

La schermata riporta le seguenti funzioni:

**Leggi progetto** *Aprire un file dati già salvato*

**Salva progetto** *Salva su disco i dati del progetto*

quadrata  quadrata, se selezionato la parete esterna è quadrata  
 Monoparete  monoparete, seleziona la canna fumaria monoparete dall'elenco (senza isolante)  
 D > = 200  D > = 200, impone il diametro idraulico > 200 come da norma

**Calcola** *Effettua il calcolo*

Azzeri i dati d'ingresso

Grafico della conduttività termica dell'isolante selezionato

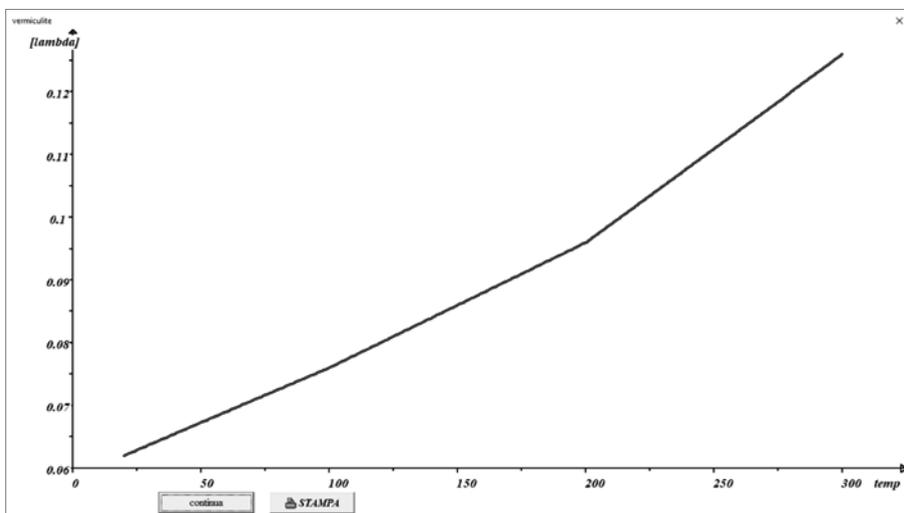


Figura 11.2. Grafico della conduttività del materiale





Scelta materiali rispettivamente per: isolante, asola tecnica, schermo 1, schermo 2.

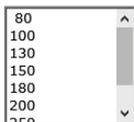
Memorizzazione materiali

progressivo	temperatura[°C]	lambda[w/m K]
1	20	0.6000
2	100	0.6300
3	200	0.6600
4	0	0.0000
5	0	0.0000
6	0	0.0000

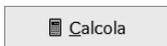
progr= 1 punti= 3 temp min= 20 max= 200

descrizione: mattoni pieni 1200kg/mc

Figura 11.3. Memorizzazione dei materiali



Selezionando il diametro della lista vengono adottati il diametro interno relativo e lo spessore e tipo di isolante definiti.



Effettua il calcolo con i vincoli impostati.

### 11.3. Esempio di calcolo con il programma "Calcolo resistenza al fuoco"

titolo progetto=esempio 1 05/06/2017 19:12:31

temperatura fumi [°C]	200
temperatura ambiente [°C]	20
diámetro interno [mm]	130
coefficiente liminare interno [°C]	15
coefficiente liminare esterno [°C]	8
spessore isolante [mm]	40
spessore camera d'aria [mm]	20
spessore asola tecnica [mm]	20
spessore schermo 1 [mm]	20
spessore schermo 2 [mm]	10
T imposta interna asola tecnica [°C]	111
T imposta esterna [°C]	88

strato	lamda	Rcalc	T °C	salto	T calc	D1 mm	D2 mm
strato liminare interno		0.06667	184.0	16.0			130
isolante	0.06000	0.51954	59.7	124.3	121.9	130	210
camera d'aria	0.13503	0.08359	39.7	20.0	49.7	210	250
asola tecnica	0.60669	0.01590	35.9	3.8	37.8	250	290
schermo 1	0.60535	0.01387	32.6	3.3	34.3	290	330
schermo 2	0.06408	0.00632	31.1	1.5	31.9	330	350
strato liminare esterno		0.04643	20.0	11.1		350	
R totale		0.75232		180.0			

temperatura per resistenza al fuoco(est) = 759.4°C

temperatura per resistenza al fuoco(int) = 649.4°C

--> Isolante = fibrocaramica 96 kg/m3

--> asola tecnica=mattoni pieni 1200kg/m3

--> schermo 1 = mattoni pieni 1200kg/m3

--> schermo 2 = vermiculite

conducibilità termica in W/m K

resistenza termica in mq K/w

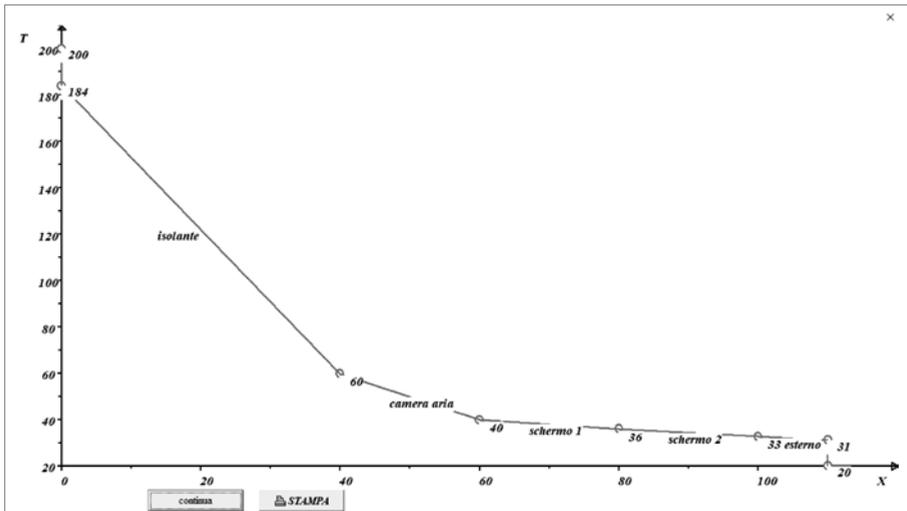


Figura 11.4. Grafico delle temperature

## VERIFICHE

Il calcolo viene ripetuto per temperatura fumi = 759.4 °C e produce il prospetto seguente in cui viene verificata la temperatura imposta di 88 °C.

strato	lamda	Rcalc	T °C	salto	T calc	D1 mm	D2 mm
strato liminare interno		0.06667	662.3	97.1			130
isolante	0.09725	0.32054	195.6	466.7	429.0	130	210
camera d aria	0.06421	0.03975	137.8	57.9	166.7	210	250
asola tecnica	0.63803	0.01512	115.8	22.0	126.8	250	290
schermo 1	0.63182	0.01329	96.4	19.4	106.1	290	330
schermo 2	0.07460	0.00605	87.6	8.8	92.0	330	350
strato liminare esterno		0.04643	20.0	67.6			350
R totale		0.50785		739.4			

Il calcolo viene ripetuto per temperatura fumi = 649.4 °C ed anche in questo caso viene verificata la temperatura imposta di 110 °C.

strato	lamda	Rcalc	T °C	salto	T calc	D1 mm	D2 mm
strato liminare interno		0.06667	574.5	74.9			130
isolante	0.08545	0.36482	164.8	409.8	369.6	130	210
camera d aria	0.07689	0.04760	111.3	53.5	138.0	210	250
asola tecnica	0.63081	0.01529	94.1	17.2	102.7	250	290
schermo 1	0.62496	0.01344	79.0	15.1	86.6	290	330
schermo 2	0.07173	0.00612	72.1	6.9	75.6	330	350
strato liminare esterno		0.04643	20.0	52.1			350
R totale		0.56037		629.4			

## UN CASO PRATICO

- Condotto intubato in acciaio inox monoparete Ø 200 mm al servizio di un caminetto a legna.
- L'asola tecnica è costituita da mattoni pieni spessore di 12 cm e una sezione interna di 30 cm x 30 cm.

- Sulla parete esterna dell'asola tecnica poggia una trave in legno.  
Qual è la temperatura che raggiunge il legno con una temperatura fumi di 600 °C?

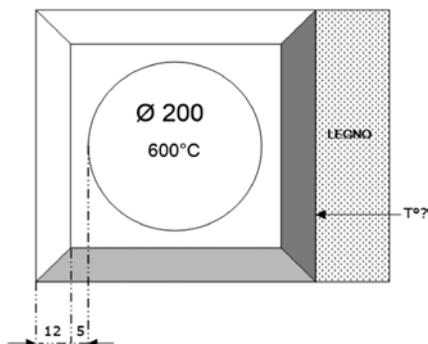


Figura 11.5. Il caso pratico

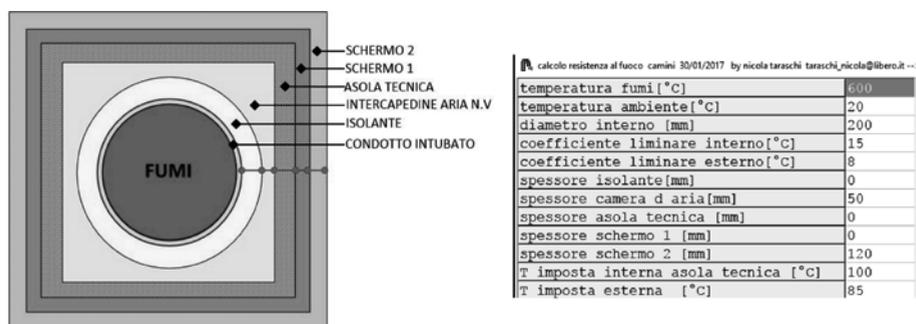


Figura 11.6. I dati dell'esempio

Con i valori dell'esempio si trova che la temperatura esterna di contatto è di 153°C. Isolando invece il condotto intubato con 20 mm di isolante fibrocementa, la temperatura esterna di contatto è scesa a 76°C, temperatura che rientra nei limiti di sicurezza.

#### 11.4. Il calcolo delle temperature

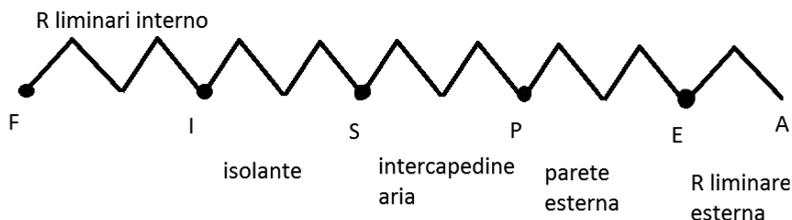


Figura 11.7. Schematizzazione della canna fumaria sotto forma di resistenze termiche

Nella figura 11.7 la canna fumaria viene schematizzata come una serie di resistenze termiche, ciascuna relativa ad uno strato.

Supponendo che:

- $R_{int}$  = resistenza liminare interna canna fumaria;
- $R_{isol}$  = resistenza termica della canna fumaria, supponendo nulla la resistenza della parete di acciaio;
- $R_{camera}$  = resistenza termica intercapedine;
- $R_{schermo}$  = resistenza termica schermo o parete esterna;
- $R_{est}$  = resistenza liminare esterna;
- $R_{tot}$  = somma delle resistenze termiche precedenti;
- $T_F$  = temperatura dei fumi;
- $T_A$  = temperatura di contatto;
- $T_{amb}$  = temperatura esterna o ambiente = 20 °C.

L'equazione di scambio termico è:

$$Q = (T_f - T_A) / R_{tot}$$

Il salto di temperatura relativo ad ogni resistenza termica è:

$$\Delta T_i = \Delta T R_i / R_{tot}$$

dove:

- $\Delta T_i$  = salto termico relativo allo strato  $i$ esimo;
- $\Delta T$  = salto termico totale;
- $R_i$  = resistenza termica strato  $i$ esimo;
- $R_{tot}$  = resistenza termica totale;
- $T_C = 100$  °C temperatura assunta della parete esterna schermo nel calcolo di resistenza al fuoco;
- $T_a = 80$  °C temperatura assunta della parete esterna schermo nel calcolo a temperatura massima di contatto =  $T_A$ .

Pertanto, la temperatura del materiale adiacente o temperatura parete interna dello schermo è:

$$T_A = T_F - [(R_{int} + R_{isol} + R_{camera} + R_{schermo}) / R_{est}] (T_F - T_{amb})$$

Nel caso che l'intercapedine sia ventilata con uno spazio maggiore di 40 mm la resistenza della camera d'aria è nulla e si suppone che la temperatura della parete adiacente si calcoli con la formula:

$$T_A = T_F - [(R_{int} + R_{isol}) / R_{tot}] (T_F - T_{amb})$$

Nel calcolo della resistenza al fuoco la temperatura dei fumi è:

$$T_F = [(R_{int} + R_{isol} + R_{camera} + R_{schermo}) / R_{est}] (T_C - T_{amb}) + T_C$$

**BIBLIOGRAFIA**

- <http://assocamini.assocamini.it/> Rappresenta l'Industria nazionale dei produttori di camini e canne fumarie di Ceced Italia, Associazione Nazionale Produttori di Apparecchi Domestici e Professionali, associata ad ANIE Federazione e aderente a Confindustria.
- *Le canne fumarie*, pubblicazione in pdf, ASSOCOSMA.
- Guida all'installazione dei sistemi di scarico fumi, [www.impiantitalia.it](http://www.impiantitalia.it).
- *Linee guida camino*, pubblicazione in pdf, sezione spazzamini.
- *Progettare sistemi fumari*, pubblicazione in pdf, AN CAMINI.
- *I sistemi fumari*, pubblicazione IMMERGAS, Mazzieri-Montanini.
- *Le canne fumarie collettive*, Hoepli Orlandini-Parma-Soma Hoepli.
- <http://www.cannafumariasicura.it/>.
- <http://www.caminisulweb.it/canne-fumarie.html>.
- <http://www.ferroefuoco.it/>.
- <http://www.cannefumarie.com/>.
- <http://www.anic-italia.it/>.
- <http://www.ancamini.it/>.
- <http://www.videoispezionicannefumarie-mg.it/index.php>.
- <http://www.stabile.it>.
- <http://www.fluepedia.com>.

