

Andrea Piero Merlo  
Martin Stoppel - Paolo Scacco



Dario Flaccovio Editore

# IL RISCALDAMENTO A LEGNA IN BIOEDILIZIA

Soluzioni tradizionali e innovative per il comfort termico

[Scheda sul sito >](#)



- Sostenibilità ambientale ed economica - Progetto e realizzazione su misura di sistemi inerziali ✓
- Sistemi convenzionali, ad accumulo di calore e per riscaldamento dell'acqua ✓
- Stufa classica di tipo tirolese: progetto, realizzazione e gestione ✓
- Riscaldamento a legna nell'edificio ad alta efficienza energetica ✓



*Al “piccolo fumista”  
Lula e a tutti i bambini che hanno la fortuna di crescere con un fuoco in casa*

Andrea Piero Merlo    Martin Stoppel    Paolo Scacco

# **IL RISCALDAMENTO A LEGNA IN BIOEDILIZIA**

**Soluzioni tradizionali e innovative  
per il comfort termico**



Dario Flaccovio Editore

Andrea Piero Merlo   Martin Stoppel   Paolo Scacco

IL RISCALDAMENTO A LEGNA IN BIOEDILIZIA – Soluzioni tradizionali e innovative per il comfort termico

ISBN 978-88-579-0253-1

© 2014 by Dario Flaccovio Editore s.r.l. - tel. 0916700686

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

Prima edizione: febbraio 2014

Merlo, Andrea Piero <1971->

Il riscaldamento a legna in bioedilizia: soluzioni tradizionali e innovative  
per il comfort termico / Andrea Piero Merlo, Martin Stoppel, Paolo Scacco. - Palermo  
: D. Flaccovio, 2014.

ISBN 978-88-579-0253-1

I. Riscaldamento – Impiego [della] Legna.

I. Stoppel, Martin <1965->.

II. Scacco, Paolo <1966->.

697.8 CDD-22

SBN PAL0265711

*CIP – Biblioteca centrale della Regione siciliana “Alberto Bombace”*

Stampa: Tipografia Priulla, Palermo, febbraio 2014

Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.

L'editore dichiara la propria disponibilità ad adempiere agli obblighi di legge nei confronti degli aventi diritto sulle opere riprodotte.

La fotocopiatura dei libri è un reato.

Le fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume/fascicolo di periodico dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633. Le riproduzioni effettuate per finalità di carattere professionale, economico o commerciale o comunque per uso diverso da quello personale possono essere effettuate solo a seguito di specifica autorizzazione rilasciata dagli aventi diritto/dall'editore.

# Indice

*Ringraziamenti*  
*Premessa*  
*Introduzione*

## PARTE PRIMA Attualità del riscaldamento a legna

### **1. Sostenibilità ambientale**

1.1. Cenni introduttivi.....	»	5
1.2. Legna da ardere: una risorsa energetica locale a basso costo ambientale e di trasformazione.....	»	5
1.3. Derivati del legno .....	»	6
1.3.1. Cippato .....	»	7
1.3.2. Pellet.....	»	8
1.3.3. Altre soluzioni .....	»	11
1.4. Considerazioni ecologiche.....	»	12
1.4.1. Ciclo dell’anidride carbonica .....	»	12
1.4.2. Sostenibilità nella gestione della foresta .....	»	14
1.4.3. Considerazioni ambientali e sociali .....	»	15
1.4.4. Selvicoltura e selvicoltura naturalistica.....	»	17
1.5. La combustione di legname .....	»	19
1.5.1. Evaporazione .....	»	20
1.5.2. Produzione di gas .....	»	22
1.5.3. Combustione del carbone e dei gas .....	»	22
1.5.4. I residui della combustione .....	»	22
1.5.5. Criteri per l’ottimizzazione .....	»	27

### **2. Sostenibilità economica**

2.1. Legna da ardere: un combustibile economico .....	»	29
2.1.1. Tipo di combustibile che la legna va ad sostituire o integrare .....	»	29
2.1.2. Installazione di sistemi caratterizzati da importanti costi iniziali.....	»	30

2.2. Autoproduzione .....	»	30
2.3. Economia locale e nazionale .....	»	31
2.3.1. Filiera corta .....	»	31
2.3.2. Controllo idrogeologico .....	»	33
2.3.3. Import-export .....	»	33
2.4. Comparazione fra vari combustibili .....	»	34
<b>3. Calore in bioedilizia</b>		
3.1. Cenni introduttivi.....	»	35
3.2. Benessere termoisometrico: cos'è e come si ottiene.....	»	36
3.2.1. Temperatura dell'aria – $T_a$ .....	»	37
3.2.2. Umidità relativa – $U_r$ .....	»	37
3.2.3. Velocità dell'aria .....	»	38
3.2.4. Temperatura media radiante – $T_{mr}$ .....	»	39
3.2.5. Simmetria termica .....	»	40
3.2.6. Temperatura operante – $T_o$ .....	»	41
3.3. Progettare il comfort termico.....	»	42
3.4. Calore radiante e calore convettivo .....	»	44
3.5. Isolare e/o scaldare in maniera ecologica .....	»	45
3.6. Autonomia energetica e indipendenza dalla tecnologia .....	»	46
3.6.1. Rischio black out .....	»	46
3.6.2. Vulnerabilità tecnologica.....	»	47
<b>4. Comodità di gestione</b>		
4.1. Cenni introduttivi.....	»	49
4.2. Automatizzazione .....	»	50
4.2.1. Generatori ubicati in locale tecnico.....	»	50
4.2.2. Generatori ubicati in ambiente domestico.....	»	51
4.2.3. Altre considerazioni e conclusioni .....	»	52
4.3. Gestione manuale .....	»	54
4.3.1. Sistemi a fuoco continuo .....	»	54
4.3.2. Sistemi a fuoco discontinuo .....	»	56
4.3.3. Altre considerazioni e conclusioni .....	»	60

## PARTE SECONDA

### Rassegna dei sistemi di riscaldamento

<b>5. Sistemi diretti</b>		
5.1. Cenni introduttivi.....	»	67
5.2. Camino aperto (caminetto classico).....	»	67
5.2.1. Breve storia del camino.....	»	68

5.2.2. Principio di funzionamento .....	»	70
5.2.3. Inefficienza energetica del camino e sue migliorie .....	»	72
5.3. Camino con inserto (camino chiuso) .....	»	73
5.3.1. Caratteristiche di base .....	»	73
5.3.2. Migliorie tecniche .....	»	74
5.4. Camino ad accumulo .....	»	76
5.5. Stufa in ghisa .....	»	77
5.6. Stufa in acciaio .....	»	80
5.6.1. Comfort .....	»	80
5.6.2. Migliorie .....	»	81
5.7. Stufa moderna in metallo con vetro o stufa-camino in metallo .....	»	81
5.7.1. Caratteristiche di base e gestione .....	»	82
5.7.2. Migliorie e sviluppi .....	»	84
5.8. Cucina a legna .....	»	84
5.9. Stufa in terracotta .....	»	86
5.10. Stufa inerziale .....	»	88
5.10.1. Stufa in maiolica o Kachelofen .....	»	89
5.10.2. Stufa classica tirolese intonacata .....	»	90
5.10.3. Stufa in pietra .....	»	92
5.10.4. Evoluzioni a partire da un passato glorioso .....	»	94
5.11. Stufa a pellet .....	»	95
5.11.1. Caratteristiche essenziali .....	»	96
5.11.2. Gestione .....	»	97
5.11.3. Pregi e limiti .....	»	97
 <b>6. Sistemi indiretti</b>		
6.1. Cenni introduttivi .....	»	101
6.1.1. Locale tecnico .....	»	102
6.1.2. Accumulo termico o accumulo tampone .....	»	103
6.1.3. Integrazione solare o con altri impianti .....	»	105
6.1.4. Costi .....	»	105
6.2. Rassegna dei generatori .....	»	106
6.2.1. Caldaia a legna .....	»	106
6.2.2. Caldaia a cippato .....	»	107
6.2.3. Caldaia a pellet .....	»	108
6.2.4. Altri sistemi e sistemi policombustibile .....	»	109
 <b>7. Sistemi ibridi</b>		
7.1. Cenni introduttivi .....	»	111
7.1.1. Locale tecnico .....	»	111
7.1.2. Integrazione solare o con altri impianti .....	»	112
7.1.3. Costi .....	»	113

7.2. Rassegna generatori.....	» 114
7.2.1. Idrocaminò .....	» 114
7.2.2. Idrostufa a legna .....	» 116
7.2.3. Idrostufa a pellet.....	» 117
7.2.4. Idrocucina a legna .....	» 118
7.2.5. Stufa inerziale con inserto tecnologico .....	» 120
7.2.6. Stufa inerziale con scambiatore per sola acqua calda sanitaria .....	» 120

### PARTE TERZA

#### Sistemi ad accumulo inerziale

#### 8. Stufa ad accumulo inerziale

8.1. Cenni introduttivi.....	» 127
8.1.1. Principio di funzionamento e struttura .....	» 127
8.1.2. Cenni storici .....	» 129
8.1.3. Pregi della stufa ad accumulo.....	» 132
8.2. Stufa ad accumulo tradizionale con produzione di acqua calda.....	» 138
8.2.1. Soluzione low-tech.....	» 139
8.2.2. Soluzione no black out .....	» 139

#### 9. Altre soluzioni ad accumulo inerziale

9.1. Cenni introduttivi.....	» 143
9.2. Camino-stufa ad accumulo .....	» 143
9.2.1. Caratteristiche di base .....	» 145
9.2.2. Versione con produzione di acqua calda .....	» 148
9.3. Stufa ad accumulo con inserto.....	» 151
9.3.1. Stufa ad accumulo con inserto tecnologico per produzione di acqua calda .....	» 153
9.3.2. Stufa ad accumulo con inserto tecnologico alimentabile sia a legna che a pellet .....	» 157
9.3.3. Stufa ad accumulo con inserto e girofumi a sezione circolare ed alte prestazioni.....	» 158

### PARTE QUARTA

#### Gestione dei sistemi ad accumulo inerziale

#### 10. Gestione e manutenzione

10.1. Gestione del fuoco .....	» 165
--------------------------------	-------

10.1.1. Legna e legnaia.....	» 165
10.1.2. Combustione.....	» 170
10.1.3. Errori nella gestione .....	» 174
10.1.4. Rodaggio di una stufa nuova.....	» 176
10.2. Manutenzione .....	» 176
10.2.1. Pulizia della camera di combustione e del vetro .....	» 177
10.2.2. Pulizia della canna fumaria .....	» 178
10.2.3. Pulizia del girofumi.....	» 178
10.2.4. Altri interventi.....	» 180

## PARTE QUINTA

### Progetto della stufa ad accumulo inerziale

#### **11. Dimensioni e pesi**

11.1. Cenni introduttivi.....	» 187
11.1.1. Dimensionamento di massima .....	» 187
11.1.2. Peso .....	» 191

#### **12. Posizionamento**

12.1. Sfruttamento pieno delle potenzialità.....	» 193
12.2.1. Comignoli.....	» 193
12.2.2. Stufa a servizio di più locali.....	» 194
12.2.3. Locali adiacenti alla stufa.....	» 199
12.2.4. Stufa singola e stufa doppia .....	» 201
12.2.5. Posizionamento baricentrico .....	» 202
12.2.6. Ulteriori criteri.....	» 202

## PARTE SESTA

### Realizzazione della stufa ad accumulo inerziale

#### **13. Stufa tradizionale intonacata**

13.1. Cenni introduttivi.....	» 209
13.2. Allestimento cantiere.....	» 209
13.3. Basamento .....	» 210
13.4. Camera di combustione .....	» 211
13.4.1. Sportello con supporto .....	» 212
13.4.2. Alimentazione aria di combustione.....	» 212
13.4.3. Forno e nicchie scaldavivande .....	» 215
13.5. Girofumi .....	» 217
13.5.1. Tappi di ispezione.....	» 218

X

Il riscaldamento a legna in bioedilizia

13.5.2. Starter e inviti .....	» 220
13.6. Allaccio alla canna fumaria .....	» 221
13.7. Antemurale .....	» 223
13.8. Intonacatura, tinteggiatura e lavori finali.....	» 223
<b>14. Stufa tradizionale in maiolica</b>	
14.1. Cenni introduttivi.....	» 225
14.2. Realizzazione attuale .....	» 225
14.3. Realizzazione in passato .....	» 227

## PARTE SETTIMA

### Tendenze e conclusioni

<b>15. Edifici ad alta efficienza energetica</b>	
15.1. Cenni introduttivi.....	» 233
15.2. Il paradosso dell'edificio ad alta efficienza energetica .....	» 234
15.3. Riscaldamento nell'edificio ad alta efficienza energetica.....	» 235
15.3.1. Ventilazione meccanica controllata con recupero di calore (VMCrc) .....	» 237
15.4. Riscaldamento a biomasse e acqua calda sanitaria.....	» 241
<b>Conclusioni</b> .....	» 243
<b>Bibliografia</b> .....	» 245
Sitografia essenziale.....	» 246

## Ringraziamenti

Il timore di tralasciare qualche nome rende sempre difficile ed imbarazzante la stesura dei ringraziamenti.

Numerose sono infatti le persone che hanno fornito supporto alla realizzazione di questo volume: dai privati che ci hanno dato la possibilità di fotografare con cura le loro stufe durante la fase di realizzazione al personale delle aziende che ci hanno fornito numerose immagini e a tutti coloro che hanno dedicato parte del loro tempo alle richieste di confronto.

Un particolare ringraziamento va all'Editore per avermi dato la possibilità di scrivere questo testo, nonché per la pazienza anche questa volta dimostrata nella lunga fase di gestazione.

Ringrazio poi di cuore l'amico Martin Stoppel, co-autore di questo volume, senza il quale non avrei mai potuto sviluppare le mie conoscenze teoriche e pratiche per la progettazione e realizzazione di stufe tirolesi. È infatti grazie alla sua generosità e passione che inaspettatamente mi sono trovato nella condizione di poter apprendere l'antica arte del fumista e dare quindi un contributo alla diffusione della conoscenza di questo eccezionale sistema di riscaldamento.

Da ultimo, ma non per importanza, ringrazio mio figlio Lula per l'aiuto datomi nel realizzare alcune delle foto pubblicate in questo volume.

Andrea Piero Merlo

## Premessa

Proporre all'inizio del terzo millennio un "ritorno" al riscaldamento a legna, cioè al più antico sistema di riscaldamento conosciuto dall'uomo, può sembrare anacronistico sotto vari aspetti (tecnologico, ambientale, gestionale, ecc.).

Considerando il contesto attuale di un'edilizia sempre più efficiente dal punto di vista energetico (sia per quanto riguarda gli elevati livelli di isolamento termico attualmente in vigore, sia per le soluzioni impiantistiche innovative o ad alto contenuto tecnologico), il proporre, fra le varie alternative, anche quella di sistemi a legna di tipo tradizionale può apparire come una vera e propria stravaganza.

Questa obiezione non è del tutto infondata, poiché nel vasto mondo dei sistemi di riscaldamento a legna vi sono soluzioni del tutto anacronistiche sotto l'aspetto dell'efficienza energetica e della comodità di gestione. Bisogna però sottolineare che, oltre a queste, ne esistono numerose altre che invece sono state migliorate ed aggiornate grazie all'attuale tecnologia. Alcune di esse dimostrano inoltre, anche nella versione tradizionale, la perfetta idoneità all'utilizzo anche in edifici moderni ad alta efficienza energetica.

È in questo complesso contesto che si inserisce il presente volume, nella scrittura del quale si è tenuto conto della grande variabilità di esigenze alle quali può capitare di dover far fronte. Ben differenti sono ad esempio le prestazioni (non solo in termini di potenza) richieste nel caso di ristrutturazione di un grande casolare in pietra non isolato o di una nuova realizzazione di casa passiva in legno, non solo adottando un impianto termico di tipo convenzionale, ma anche, e forse maggiormente, in caso di ricorso a sistemi a legna o suoi derivati.

Questo volume nasce pertanto con l'intento di introdurre ed accompagnare il lettore (così come il termotecnico) nell'acquisizione di un *background* culturale utile al fine di adottare le scelte che meglio rispondono all'edificio che dovrà essere riscaldato.

La struttura del volume prevede un'approfondita trattazione dei principi alla base di una corretta combustione della legna, partendo da un'introduzione sui temi della grande attualità ecologica ed economica del riscaldamento a legna e derivati, nonché dei fenomeni fisici che regolano il cosiddetto confort termico.

È poi alla luce di tali principi che, nella parte restante del volume, si trattano sistematicamente vari sistemi di riscaldamento a legna e derivati.

## Introduzione

### **La scelta di alcuni criteri adottati nella scrittura del volume**

Vista la complessità dell'argomento oggetto di questo testo e data l'ampia gamma di soluzioni proposte dal mercato del riscaldamento a biomasse, nella scrittura del volume si è reso necessario fissare una scala di priorità da adottare nella trattazione delle varie soluzioni e pertanto accordare peso differente ai vari sistemi di riscaldamento.

Tale impostazione fa esplicito riferimento ad alcuni dei principi alla base della cosiddetta bioedilizia, nel convincimento che l'edilizia del futuro, anche quella convenzionale, sarà sempre più influenzata (in effetti lo è già, in un numero sempre crescente di casi) da tale corrente.

### **La precedenza alla legna**

Come approfonditamente illustrato in vari parti del testo, si è dichiaratamente scelto di dare maggiore importanza ai sistemi di riscaldamento a legna piuttosto che ad altre soluzioni a biomasse. Fra queste sono poi state prese in considerazione (e in misura differente) solamente quelle direttamente derivate dal legno (ad esempio, pellet e cippato) o in qualche modo accomunabili ad esso.

Ciò vuol dire escludere consapevolmente (o trattare solo marginalmente) una certa gamma di generatori di calore e di soluzioni impiantistiche. La scelta non è stata ovviamente fatta sulla base di pregiudizi o valutazioni negative verso tali sistemi, ma semplicemente perché ritenuti di importanza secondaria per il riscaldamento domestico in quei contesti dove da sempre si fa largo uso di legna o perché difficilmente riconducibili all'ambito della bioedilizia, e quindi di minore interesse per il lettore di questo volume.

### **I sistemi di tipo impiantistico**

Altra scelta importante è stata quella di dare ai sistemi "semplici" (ovvero stufa, camino, ecc.) un maggior peso rispetto alle soluzioni di tipo impiantistico (caldia, idrostufa, idrocamino, ecc.), che sono comunque state affrontate in più parti del volume.

Nella trattazione di queste ultime è stata data grande importanza ai concetti di

base per una corretta progettazione e ai criteri di scelta del generatore di calore (soprattutto nel caso di idrostufa, idrocaminò o idrocucina sia a legna che a pellet), nonché all'importante ruolo del serbatoio di accumulo termico, qualora l'impianto ne sia dotato.

La scelta di dare comunque maggior peso alle soluzioni di tipo "non impiantistico" è stata motivata da più fattori, fra i quali la tendenza alla semplificazione del sistema di riscaldamento degli edifici di moderna concezione (una casa passiva non ha infatti quasi bisogno di essere riscaldata).

### **I sistemi inerziali**

Grande peso è invece stato dato ai cosiddetti sistemi ad accumulo inerziale di calore, principalmente per due motivi.

Il primo è che le soluzioni ad accumulo inerziale, pur essendo quasi sempre ad accensione e gestione manuale, sono facilmente conciliabili con i moderni stili di vita e in molti casi costituiscono una validissima alternativa ai complessi e costosi sistemi di tipo impiantistico.

Il secondo è dettato dalla volontà di contribuire a colmare la grande lacuna di informazioni su tali sistemi, fra i quali si annovera la cosiddetta stufa tirolese, spesso nota solo per la valenza estetica della versione in maiolica, ma in effetti quasi del tutto sottovalutata per le eccellenti prestazioni e qualità.

### **La stufa tirolese**

Direttamente collegata al punto precedente è la scelta di analizzare approfonditamente le caratteristiche della cosiddetta stufa tirolese, fino a proporre i criteri fondamentali per una progettazione di massima di questo sistema ed illustrare le fasi principali della sua realizzazione.

La recente "riscoperta" di tale soluzione apre infatti nuovi orizzonti nel settore del riscaldamento a legna, come ampiamente dimostrato dal grande interesse di alcune aziende che negli ultimi anni, con prodotti ed accessori di moderna concezione, hanno aperto enormi possibilità sia tecniche che estetiche nel settore dei sistemi ad accumulo inerziale proprio prendendo come riferimento la stufa inerziale tradizionale.

### **Comfort termico**

Discreto spazio è stato dato al tema del cosiddetto comfort termico, argomento ripreso in più parti del volume ed in occasione dell'illustrazione dei vari sistemi di riscaldamento. Il tema del comfort termico è stato messo in primo piano anche per controbilanciare la tendenza (particolarmente diffusa nel mercato) ad analizzare i vari sistemi solo, o prevalentemente, in termini di costo di gestione o di potenza erogata, ignorando che spesso, anche se non sempre, essa è diametralmente opposta al comfort elargito.

### **Terminologia e valutazioni**

Nella scrittura del volume si è cercato di adottare una terminologia il più possibile tecnica per i vari sistemi di riscaldamento, anche se talvolta si è fatto ricorso al linguaggio comune, pur nella consapevolezza della sua imprecisione.

Ad esempio, la parola stufa è stata estesa anche alle stufe-camino, ovvero alle moderne “stufe” con sportello in vetro chiamate generalmente, seppur impropriamente, “stufe”. La stufa vera e propria infatti non ha il fuoco a vista e tali sistemi prendono parte del loro nome appunto dal camino nel quale invece il fuoco è ben visibile.

Inoltre, per semplicità di trattazione e per non entrare troppo nel dettaglio, il termine *stufa tirolese* o *stufa in maiolica* è stato talvolta utilizzato per descrivere anche il comportamento di alcune soluzioni che in una rigida classificazione non possono essere definite propriamente tali, pur essendo molto vicini ad esse.

Come il lettore avrà occasione di notare, per brevità di linguaggio si è poi utilizzato spesso il termine *generatore di calore a legna e/o derivati*, o più semplicemente *generatore di calore* per descrivere in realtà un generico sistema di tale tipologia senza dover richiamare ogni volta l'intero gruppo (stufa a legna, stufa a pellet, stufa-camino, stufa ad accumulo, cucina a legna, inserto camino, idrostufa, ecc.).

Analogamente, per rendere il testo accessibile anche a chi non opera professionalmente nel settore, la trattazione delle tematiche di carattere impiantistico è stata effettuata cercando di utilizzare il più possibile il linguaggio corrente.

Per quanto riguarda le valutazioni relative ai vari sistemi, potrà sorprendere il fatto che nel volume solo in alcune occasioni sono presenti comparazioni dirette fra i vari sistemi. Questa scelta è dovuta al fatto che, come del resto in ogni altro settore, all'interno di una stessa gamma di prodotti vi è una grandissima variabilità sia in termini di qualità che di prestazione (cosa del resto confermata dalla variabilità dei prezzi). Ci si può quindi trovare di fronte a prodotti specifici che, sebbene appartengano ad una categoria per sua natura non eccellente, nella realtà offrono prestazioni che non hanno assolutamente nulla da invidiare a soluzioni appartenenti a tipologie di per sé avvantaggiate (e viceversa). Esistono ad esempio stufe metalliche di tutto rispetto, pur essendo tale tipologia di base “svantaggiata” rispetto a soluzioni solitamente più prestanti.

### **La combustione ottimale**

Ultimo argomento di questa premessa, ma certamente non per importanza, è l'ampio spazio dedicato nel testo al tema della corretta combustione di legna e suoi derivati.

L'argomento, oltre ad essere affrontato in maniera approfondita in un apposito capitolo, viene sistematicamente riproposto in numerose occasioni, come ad esempio nell'illustrazione dei vari sistemi o generatori di calore. Ciascuno di

essi è stato infatti analizzato partendo proprio dal tipo di combustione che lo caratterizza e pertanto dalle sue conseguenze in termini di efficienza energetica, comodità di gestione ed emissioni in atmosfera.

Citando di volta in volta la combustione si è scelto infatti di richiamare di frequente le controindicazioni di una combustione non corretta e di mettere in evidenza i benefici di quella ottimale. Pur nella consapevolezza della ripetitività, questa scelta è stata portata avanti in tutto il testo poiché rappresenta il vero nocciolo della questione del riscaldamento a legna: nocciolo purtroppo quasi sempre ignorato, come dimostrano gli svariati esempi di sistemi concepiti o gestiti in maniera del tutto improponibile al giorno d'oggi e non solo in termini di efficienza energetica e pulizia della combustione. Si pensi agli incendi di canne fumarie causati da otturazione per formazione di catrame o ai gravi incidenti dovuti al monossido di carbonio.

**PARTE PRIMA**  
**Attualità del riscaldamento a legna**

I sistemi a legna e derivati soffrono di pregiudizi spesso totalmente infondati riguardo argomenti di grande attualità quali sostenibilità ambientale ed economica, comfort termico e comodità di gestione. In realtà, da un'analisi attenta dei vari aspetti, emerge invece che nel campo del riscaldamento a base legno esistono delle soluzioni per uso domestico particolarmente interessanti proprio per quanto riguarda le tematiche sopra citate.

Per tale motivo la parte iniziale del volume è dedicata a tali argomenti, allo scopo di mettere in evidenza come certi sistemi di riscaldamento a legna e derivati possono offrire importanti e positive risposte.

# 1. Sostenibilità ambientale

## 1.1. Cenni introduttivi

Il riscaldamento a legna e derivati risulta particolarmente sostenibile dal punto di vista ambientale nel caso in cui si adottino sistemi caratterizzati da alta efficienza e basse emissioni in abbinamento ad una gestione ottimale della filiera produttiva del combustibile. Questa considerazione non deve però essere estesa genericamente ad ogni soluzione di riscaldamento a biomasse, poiché l'utilizzo di generatori di bassa qualità o gestiti in maniera sbagliata, così come il consumo di combustibile non ottenuto nel pieno rispetto dell'ambiente, rendono il riscaldamento un'attività nociva sul piano ambientale. Da qui la necessità di una piena consapevolezza delle tematiche di seguito illustrate e dei principi alla base della corretta combustione.

## 1.2. Legna da ardere: una risorsa energetica locale a basso costo ambientale e di trasformazione

Oltre al fattore ecologico, un importante aspetto positivo dell'utilizzo di legna come fonte di energia termica è la sua buona reperibilità in gran parte del territorio nazionale.

Dal punto di vista ecologico ciò si traduce in bassissimi costi energetico-ambientali di trasporto dal luogo di produzione (il bosco) a quello di trasformazione (il luogo in cui solitamente la legna viene momentaneamente stoccata, tagliata in pezzatura inferiore e spaccata), ed infine a quello di utilizzo (prevalentemente l'abitazione privata).

Talvolta il luogo di trasformazione coincide con quello di produzione o di utilizzo finale e, quasi sempre, esso è comunque poco distante da uno dei due, in quanto il costo assai contenuto della materia prima rende palese il fatto che ogni chilometro aggiuntivo di trasporto incide notevolmente sul prezzo finale di questo tipo di combustibile.

La legna da ardere, oltre che da un bassissimo costo energetico di trasporto, è caratterizzata da consumi assai contenuti di energia legati alla sua trasformazione.

Le lavorazioni energivore che essa subisce, infatti, si limitano al taglio dell'albero, alla riduzione in pezzi ed alla movimentazione nelle varie fasi. L'essiccazione avviene invece in maniera naturale e non comporta alcun consumo di energia.



Figura 1.1. Legna da ardere: combustibile ecologico, reperibile localmente e caratterizzato da bassissimo costo ambientale di trasformazione (fonte: QualitàEdilizia)

Alla luce di ciò, la legna da ardere, se procurata localmente, risulta essere un combustibile caratterizzato da bassissimi livelli di *energia grigia* (intendendo con tale espressione l'energia spesa complessivamente per la sua produzione e trasporto) e, pertanto, particolarmente interessante in bioedilizia.

### 1.3. Derivati del legno

Sebbene il presente volume abbia come oggetto principale il riscaldamento domestico a legna, si è ritenuto opportuno inserire alcune informazioni anche sui quei sistemi a biomasse che più si avvicinano alla legna, ovvero il cippato, il pellet, i "tronchetti" ricostruiti e similari, poiché queste vengono sempre più di frequente proposte al consumatore di legna come soluzioni alternative; sono generalmente trascurati i sistemi a combustibile vegetale sotto forma di oli, sansa, ecc., assai lontani dalla legna da ardere sia per tecnica di gestione sia per modalità di produzione. La crescente diffusione di combustibili derivati del legno è essenzialmente legata ai seguenti aspetti:

- *utilizzo di scarti di produzione della filiera del legno.* Nel caso di alcuni prodotti la materia prima utilizzata è lo scarto di altre lavorazioni. Tale aspetto non sempre rappresenta un vantaggio dal punto di vista ambientale, in quanto la trasformazione degli scarti può comportare alcune controindicazioni: ad esempio, è sempre presente un costo energetico di trasformazione. Inoltre, può accadere che vengano utilizzati come materia prima degli scarti ottenuti da lavorazioni durante le quali il legno ha subito incollaggio, verniciatura, ecc. Da un lato alcuni scandali hanno messo in evidenza il rischio reale che prodotti trasformati contengano anche sostanze estranee al legno; dall'altro, esistono prodotti per i quali è certificata l'origine della materia prima;
- *facilità di stoccaggio.* L'elevato potere calorifico di alcuni prodotti unito ad una pezzatura omogenea che ne favorisce lo stoccaggio fa sì che, a parità di energia accumulata, alcuni prodotti siano più comodamente trasportabili e stoccabili rispetto alla legna. Una produzione di tipo industriale, essendo inevitabilmente associata ad una rete di distribuzione, fa sì che l'utente finale possa evitare di stoccare grandi quantitativi di combustibile presso la propria dimora, data la possibilità di un agevole approvvigionamento periodico presso il distributore. Tale aspetto è solitamente molto apprezzato nel caso di mancanza di spazio da adibire a legnaia (caso assai frequente in ambito urbano o semi-urbano).

I vantaggi sopra citati ovviamente comportano anche controindicazioni quali, ad esempio, la dipendenza dalla corrente elettrica nel caso di sistemi automatici o la dipendenza dalla filiera della distribuzione nel caso in cui si opti per un frequente approvvigionamento di piccoli quantitativi.

### 1.3.1. Cippato

Il cippato è assai interessante dal punto di vista ambientale, in quanto si caratterizza per un basso livello di *energia grigia*, cioè di un costo energetico di trasformazione alquanto contenuto. Il cippato, infatti, altro non è che legna ridotta in scaglie piuttosto piccole (comunemente dai 2 ai 6 cm) mediante un apposito macchinario denominato *cippatrice*, in modo da consentire un'agevole alimentazione di generatori di calore a biomasse dotati di appositi sistemi di alimentazione meccanica automatizzata.

Seguendo alcuni opportuni accorgimenti, il cippato può essere ottenuto utilizzando come materia di partenza non solo la comune legna da ardere, ma anche scarti di altre lavorazioni di materia prima vegetale. Possono ad esempio essere utilizzati i residui della pulizia del bosco o di lavorazioni agricole quali ramaglie a pezzature che, normalmente, non sono utilizzabili e andrebbero in decomposizione.

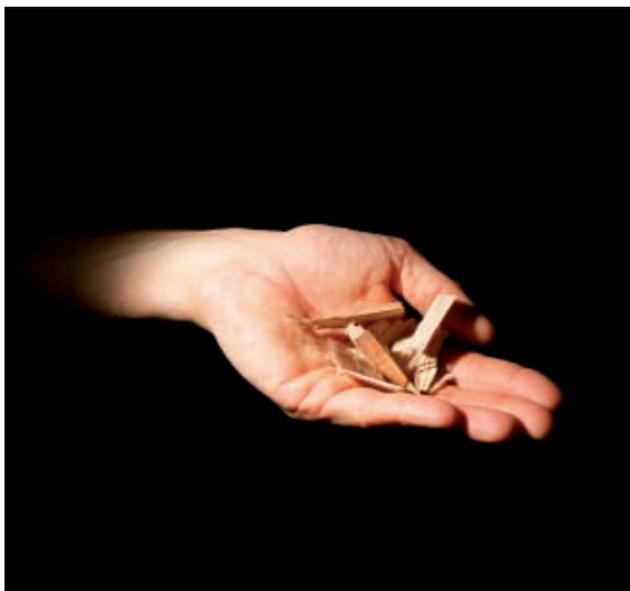


Figura 1.2. Cippato, ovvero legna ridotta in piccola pezzatura per consentire l'alimentazione automatizzata di caldaie. Questo tipo di combustibile si caratterizza per un costo energetico di trasformazione assai contenuto (fonte: QualitàEdilizia)

A causa della limitata diffusione di questa forma di biomassa e della necessità di ampi spazi per lo stoccaggio del combustibile è consigliabile ricorrere ad un sistema di riscaldamento a cippato solo se si può contare su una produzione *in loco* o a poca distanza. In ogni caso, deve essere previsto uno stoccaggio del combustibile con collegamento diretto al generatore di calore. Ciò comporta un notevole impegno di spazi, nonché costi iniziali piuttosto sostenuti.

Per tali motivi, il riscaldamento a cippato solitamente trova giustificazione economica nel caso di impianti di riscaldamento di potenza medio-alta o nel caso il cui l'utente sia anche produttore di cippato (ad esempio, nel caso di aziende agricole dedite alla frutticoltura).

La garanzia di presenza sul territorio di produttori locali di cippato, così come il ricorso a generatori di calore policombustibile (pellet, sansa, ecc.) favorisce la diffusione di tale opzione per il riscaldamento.

### 1.3.2. Pellet

Il pellet rappresenta, rispetto al cippato, un passo ulteriore nella trasformazione della legna da ardere e pertanto è caratterizzato da un maggior livello di *energia grigia* (energia consumata per la lavorazione).



Figura 1.3. Pellet di legna: un combustibile di facile reperibilità sul mercato. I sistemi a pellet si caratterizzano per un livello elevato di automazione includente spesso l'accensione automatica del fuoco (fonte: QualitàEdilizia)

Questo combustibile a base legno deriva dall'operazione di pellettatura del legno ed è realizzato partendo da farina o segatura di legno di piccole dimensioni, pressate ad alta temperatura in modo da favorire un autoincollaggio mediante la *lignina*, cioè il collante naturale presente nel legno.

Il prodotto finale di tale modalità di assemblaggio è costituito da piccoli cilindri di pezzatura piuttosto omogenea.

La produzione può essere schematizzata nella maniera seguente:

- *triturazione*: il legno viene ridotto in piccole dimensioni mediante macchinari trituratori;
- *essiccazione*: fase assai onerosa dal punto di vista economico ed energetico che ha lo scopo di ridurre il livello di umidità della biomassa per consentire le ulteriori lavorazioni;
- *deferrizzazione*: consiste nell'eliminazione di eventuali corpi metallici dalla biomassa grazie a grandi magneti;
- *macinazione*: ulteriore riduzione delle dimensioni della biomassa precedentemente lavorata fino a livello di "farina";
- *pellettatura* (detta anche *pellettizzazione*): consiste nel passaggio in apposite prese della farina di legno. Dalle presse per estrusione escono i cilindretti di pellet;

- *depolverizzazione*: operazione, non sempre effettuata, finalizzata alla riduzione delle polveri residue mediante setacci e/o sistemi di aspirazione;
- *confezionamento*: il pellet viene confezionato in sacchi di materiale plastico allo scopo di impedire al prodotto lo scambio di umidità con l'esterno. Il pellet, infatti, essendo stato essiccato artificialmente ha un bassissimo contenuto di umidità (e quindi un alto potere calorifico) che deve essere preservato fino all'utilizzo, onde evitare un calo anche consistente della sua resa termica.

I cilindri di pellet, solitamente del diametro di 6-8 mm e della lunghezza di 10-30 mm, vengono utilizzati per alimentare caldaie, stufe e caminetti appositamente progettati per tale combustibile.

Nel caso di pellet di solo legno vergine, la materia prima può essere scarto di lavorazioni primarie di legno (scarto di segheria, o di falegnameria) o può anche essere legno vergine sminuzzato proprio a tale scopo (caso sempre più frequente vista la grande diffusione di questo tipo di combustibile). Esistono in commercio pellet di diversa qualità, sia sotto l'aspetto della resa termica sia sotto quello della sostenibilità ambientale, poiché non sempre si tratta di pellet di legno vergine di origine "locale".

Il pellet offre una grande comodità di gestione, in quanto viene sia commercializzato in sacchetti sia venduto sciolto all'ingrosso oramai ovunque.

Tuttavia, il costo energetico di trasformazione risulta assai superiore a quello del cippato e, ovviamente, a quello della legna da ardere.

Grazie alla facile reperibilità sul mercato, l'utilizzo del pellet è assai comodo per chi non ha la possibilità di stoccare legna o cippato. Analogamente, il pellet, oltre ad essere un'alternativa alla legna, di fatto è anche un'alternativa ai combustibili fossili. Purtroppo, sia a causa del costo energetico di trasformazione e di trasporto, sia a causa di dinamiche di carattere commerciale, il pellet risulta essere in qualche modo "collegato" ai meccanismi dei combustibili fossili (reperibilità, fluttuazione dei prezzi, ecc.), nonché a quello dell'importazione, persino da altri continenti. Tale aspetto potrebbe essere mitigato da un potenziamento della produzione locale di pellet.

Se la scelta di utilizzare pellet è determinata da finalità di sostenibilità ambientale, è importante adottare pellet di solo legno vergine e di produzione il più possibile locale.

Il venir meno del rapporto diretto o semidiretto produttore-consumatore, nonché il fatto di essere spesso pienamente inserito nelle dinamiche usuali del commercio internazionale fanno sì che nel commercio del pellet si siano talvolta manifestate dinamiche poco attente agli aspetti della sostenibilità ambientale e di quella economica. Si lamentano alcuni casi di pellet contenente sostanze estranee alla materia legno ed una forte variabilità di prezzo legata non a questioni strettamente tecniche, bensì ad azioni di carattere speculativo (quali le oscillazioni del

Esempio tipico è la presenza di un fuoco vivo (alta temperatura radiante) la cui percezione risulta piacevole, soprattutto quando si proviene dall'esterno o quando si ha un livello basso di metabolismo (ad esempio quando si sta parecchio tempo seduti a leggere o si è convalescenti). Del tutto analogo è il caso di un qualunque sistema radiante (stufa ad accumulo, camino ad accumulo, ecc.) che costituisce, nel locale, un punto caldo, avvicinandosi o allontanandosi da quale ciascuno può trovare la propria individuale condizione di comfort ottimale.

### 3.2.6. Temperatura operante – $T_o$

Alla luce di quanto precedentemente illustrato, un parametro piuttosto rappresentativo della temperatura realmente percepita è la cosiddetta temperatura operante ( $T_o$ ), ovvero quel parametro che prende in considerazione sia la temperatura dell'aria sia le temperature superficiali.

Questo parametro, infatti, altro non è che la media fra la temperatura dell'aria e la temperatura media radiante, cioè  $(T_a + T_{mr})/2$ . Si considera ottimale il suo valore pari a 18-19 °C.

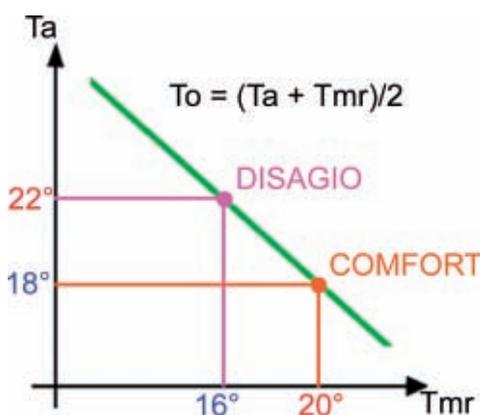


Figura 3.4. Il valore della temperatura operante è rappresentato dalla linea verde che, nell'esempio, evidenzia come una temperatura operante di 19 °C può essere data da diverse combinazioni fra temperatura dell'aria e temperatura media radiante (fonte: QualitàEdilizia)

Analizzando il grafico riportato in esempio risulta di immediata comprensione come un elevato livello di temperatura media radiante (individuata sull'ascissa  $T_{mr}$ ) influisca su quella operante, consentendo un abbassamento della temperatura dell'aria (individuata dall'ordinata  $T_a$ ).

Nell'esempio, quella illustrata dal punto in fucsia è la tipica situazione di disagio (pur essendo sulla linea verde) che si riscontra in un edificio non adeguatamente isolato e riscaldato con sistemi convettivi. In tale contesto, infatti, la sensazione

di freddo percepita sarà dovuta alle basse temperature superficiali (alcune delle quali spesso scendono ben al di sotto dei 16 °C della temperatura media radiante dell'esempio) e dovrà essere compensata innalzando fortemente la temperatura dell'aria. Nella situazione di temperatura media radiante pari a 16 °C, quella dell'aria dovrà infatti essere portata a ben 22 °C per garantire un valore di temperatura operante di 19 °C.

Per la situazione di comfort evidenziata in arancione si ha invece una temperatura media radiante di 20 °C (cosa facilmente ottenibile con una stufa inerziale o con un riscaldamento a parete o pavimento radiante). In tal caso sarà possibile raggiungere una temperatura operante di 19 °C con una temperatura dell'aria di soli 18 °C.

In questo secondo caso i benefici saranno considerevoli, non solo in termini di comfort, ma anche sotto l'aspetto dell'efficienza energetica: con impianti convenzionali, 1 °C in meno di temperatura dell'aria si traduce solitamente in un risparmio del 6-8%.

Alla luce di quanto sopra illustrato, è facile intuire che anche un'analisi del concetto di temperatura operante porta ad indirizzare la scelta verso i sistemi di riscaldamento radianti (che innalzano la temperatura media radiante) piuttosto che convettivi (cioè che lavorano sull'aria).

Tutto ciò è largamente dimostrato dall'esperienza: in edifici con superfici radianti (e/o bene isolati) si prova una grande sensazione di benessere termico anche con una temperatura dell'aria di 18 °C.

Quando in fase di progettazione ed esecuzione si opta per scelte di iperisolamento e si curano con particolare attenzione la simmetria termica, la velocità dell'aria, ecc., allora la temperatura dell'aria può scendere anche a 17 °C e, in alcuni casi, addirittura a 16 °C. Ciò non deve affatto stupire: il valore convenzionale di progettazione pari a 20 °C di temperatura dell'aria a cui si è culturalmente (anche a livello normativo) abituati è frutto solamente di un modo di concepire l'edilizia caratterizzato da bassi livelli di isolamento termico e sistemi di riscaldamento pessimi sotto l'aspetto del confort offerto.

### 3.3. Progettare il comfort termico

Analizzando i vari fattori che determinano il comfort termico è immediato trarre la conclusione che, per ogni sistema di riscaldamento, quanto maggiore sarà la componente radiante nel suo rilasciare calore, tanto maggiore sarà il confort che ne consegue. Essendo il calore rilasciato o per irraggiamento o per convezione, viene da sé la constatazione complementare che quanto maggiore sarà la componente convettiva di un sistema di riscaldamento, tanto minore sarà il confort ottenibile.

**Tabella 3.1. Analisi comparata fra alcuni sistemi di riscaldamento effettuata presso l'Institut für Baubiologie + Ökologie (istituto per l'edilizia biologica ed ecologica) di Neubuern in Germania.**

Le valutazioni attribuiscono ad ogni criterio un numero con il seguente significato: 0 = gravemente insufficiente, 1 = insufficiente, 2 = sufficiente, 3 = buono-consigliato.

I valori riportati fra parentesi sono relativi ai sistemi della categoria ai quali sono stati apportati significativi miglioramenti

Critero di valutazione	Stufa in maiolica (versione tradizionale)	Stufa in maiolica ad aria calda	Camino aperto	Stufa metallica a legna	Riscaldamento elettrico ad accumulo	Riscaldamento a parete	Riscaldamento a pavimento	Riscaldamento a soffitto	Riscaldamento a radiatori	Riscaldamento ad aria
1 Irraggiamento	3	1	3	1	1(2)	3	1	1	1	0
2 Circolazione dell'aria	2	0	1	0	1(2)	3	1	1	0	0
3 Temperatura dell'aria	3	1	2	0	0(1)	3	1	1	0	1
4 Temperatura dei corpi riscaldanti	3	1	2	0	0(1)	3	3	3	1	0
5 Qualità dell'aria	3	1	2	0	0(1)	3	2	1	1	0
6 Umidità dell'aria	3	1	3	0	0(1)	3	2	2	0	0
7 Gradiente di temperatura	3	1	1	0	0(1)	3	1	1	1	0
8 Ionizzazione	3	1	3	1	0	2	1	1	0	0
9 Aereazione del locale	2	2	3	2	0	2	0	0	0	0
10 Campi elettrici e magnetici	3	1	3	2	0	2	1	1	1	0
11 Carica elettrostatica	3	1	3	1	1	1(3)	1	1	1	0
12 Rumore	3	2	3	3	2(3)	2(3)	2	2	1	0
13 Pulizia-polvere	2	1	1	1	1	3	1	2	1	0
14 Clima abitativo	3	1	2	1	1(2)	3	3	1	1	0
15 Comfort di gestione	2	2	1	1	3	3	3	3	3	3
16 Efficacia	2	2	0(2)	1	0(1)	3	1(2)	1(2)	1(2)	1
17 Costo/beneficio	3	3	2	2	1(2)	2	1	1	1	1
18 Costo ambientale	2	2	1(2)	1(2)	1	2	1(2)	1(2)	1(2)	1
Punteggio complessivo <sup>1</sup>	58	28	43 (49)	19 (21)	16 (25)	57 (60)	29 (32)	28 (31)	17 (20)	8

<sup>1</sup> Per i criteri 1, 2, 3 e 18 il peso del punteggio attribuito è considerato doppio, poiché di particolare importanza per l'edilizia bioecologica.

Nell'adottare un sistema piuttosto che un altro, ovviamente, le valutazioni dovranno tener conto anche di altri aspetti quali ad esempio la modalità di gestione, i costi di installazione e quelli di gestione, nonché l'affidabilità nel tempo e la durata della sua vita. In ambito abitativo residenziale, dove l'utilizzo non sarà di tipo saltuario, l'aspetto del comfort continuerà comunque ad essere di primaria importanza poiché (anche se tale affermazione può apparire superflua) non bisogna dimenticare che la finalità ultima di un sistema di riscaldamento è proprio

quella di garantire condizioni di benessere termico. Nella scelta di un sistema di riscaldamento a legna o derivati tutto ciò si traduce nell'indicazione (fatti salvi casi particolari) verso quelli che per loro natura manifestano un comportamento di tipo prevalentemente radiante e, a parità di sistema, per i modelli caratterizzati dal più basso valore di componente convettiva.

Valutazioni di tipo differente devono essere invece fatte nel caso di locali particolari, come ad esempio locali o abitazioni ad uso saltuario.

### 3.4. Calore radiante e calore convettivo

In base alle loro caratteristiche i vari sistemi di riscaldamento (non solo nel caso dei sistemi a legna e derivati, ma anche per sistemi di tipo convenzionale) possono essere sommariamente distinti in *sistemi radianti* e in *sistemi convettivi*, anche se nella realtà alcune soluzioni sono intermedie.

In base a quanto descritto negli spazi dedicati al benessere termico, la miglior forma di calore è quella che si propaga per irraggiamento, fermo restando che ogni sistema di riscaldamento radiante offre anche una componente convettiva (seppur minima in alcuni casi), la quale può risultare comunque utile in certe circostanze (come quando ad esempio si deve portare rapidamente l'aria ad una certa temperatura).

Nella sottostante tabella si riportano schematicamente i pro ed i contro di entrambi i sistemi, facendo solo dei semplici accenni alle implicazioni di tipo tecnico e gestionale che verranno approfondite in altre parti di questo volume.

**Tabella 3.2. Comparazione fra sistemi a legna radianti e sistemi convettivi. Risulta evidente che, per uso domestico, quelli con comportamento radiante offrono grandi vantaggi sotto l'aspetto salutistico ed un confort nettamente superiore**

Sistemi radianti	Sistemi convettivi
Offrono un calore assai simile a quello trasmesso dai raggi del sole	Offrono un calore paragonabile a quello di un vento caldo
Innalzano la temperatura media radiante sia direttamente (grazie alla loro temperatura superficiale) che indirettamente (emanando raggi infrarossi che scaldano tutto ciò che incontrano sul loro percorso). Per tale motivo, i sistemi radianti garantiscono confort termico con minore temperatura dell'aria rispetto a quelli convettivi	Influiscono solo in minima parte sulla temperatura delle superfici che delimitano gli ambienti, e quindi sulla temperatura media radiante, mentre agiscono quasi esclusivamente su quella dell'aria
Determinano minimi spostamenti di aria con grande beneficio per il confort termico	Favoriscono il movimento di aria (cosa utile per scaldare in maniera rapida locali caratterizzati da grandi volumi) con effetti negativi sulla sensazione di comfort
Non muovono e non bruciano polveri	Muovono polveri in abbondanza determinandone spesso anche la combustione con effetti negativi per la salubrità degli ambienti
Solitamente sono fortemente inerziali e quindi piuttosto lenti nel portare in temperatura gli ambienti; salvo il ricorso a particolari accorgimenti, non sono adatti agli ambienti in cui vengono richiesti abbondanti ricambi di aria	Consentono di portare rapidamente in temperatura ambienti anche di grandi dimensioni e sono particolarmente adatti nelle situazioni in cui viene richiesto un grande ricambio di aria

Accumulano grandi quantità di calore nella loro massa e, pertanto, continuano a scaldare per un certo lasso di tempo (anche una giornata intera per le stufe inerziali) anche a fuoco spento	Scaldano solo quando il fuoco è acceso
Lavorando ad accumulo di calore risultano particolarmente comodi da gestire (un solo o due fuochi al giorno)	Richiedono una gestione continua (o semicontinua) del fuoco o un'alimentazione automatizzata
Solitamente non prevedono parti elettromeccaniche e quindi funzionano anche in assenza di corrente elettrica	Spesso prevedono parti elettromeccaniche (ventilazione meccanica, alimentazione automatica del fuoco, ecc.). In tal caso il loro funzionamento in assenza di corrente elettrica non possibile o risulta fortemente limitato

### 3.5. Isolare e/o scaldare in maniera ecologica

Uno dei principi fondamentali su cui si fonda l'edilizia ecologica è quello della riduzione dell'impatto ambientale complessivo dell'edificio. Ciò comporta la necessità di affrontare il tema dell'isolamento termico ponendosi la domanda: fino a che punto isolare?

Sollevare oggi questa domanda può apparire provocatorio in quanto, in questi ultimi anni, il "pensiero dominante" spinge a priori verso livelli sempre più elevati di isolamento. Un'analisi razionale e libera da pregiudizi porta invece a chiedersi fino a che punto abbia senso isolare e soprattutto a domandarsi se ciò che spinge ad isolare è la riduzione dei costi di esercizio piuttosto che la riduzione dei costi complessivi (cioè realizzazione più gestione dell'edificio), piuttosto che l'impatto ambientale.

Se il punto di partenza è quello della riduzione dell'impatto complessivo di un edificio in relazione al suo intero ciclo di vita (uno dei punti cardine dell'edilizia ecologica) viene da sé che devono essere evitate tutte le situazioni sbilanciate. Un edificio monofamiliare iper-isolato (ad esempio una casa passiva di 100 mq abitabili) comporta mediamente l'utilizzo di almeno 20-30 metri cubi di isolante termico solamente per il tetto, con un incremento del 50% rispetto ad un edificio caratterizzato da un buon livello di prestazione energetica.

Se l'isolante utilizzato è caratterizzato da bassissimi costi energetici di produzione (visti i grossi volumi in gioco bisogna considerare anche quelli legati al trasporto) come ad esempio la paglia, allora non c'è alcun dubbio che convenga, anche sotto l'aspetto ambientale, isolare il più possibile, al fine di ridurre il peso ambientale in fase di riscaldamento. La situazione cambia drasticamente se, invece, si adottano isolanti di un certo costo ecologico o isolanti tutt'altro che ecologici, poiché può risultare più ecologico consumare un po' più di energia (se si tratta di energia pulita) pur di contenere il quantitativo di isolante adottato.

Se si utilizza come fonte di riscaldamento la legna locale proveniente da foreste gestite correttamente e se si adottano dei sistemi che permettono di ottenere un'alta efficienza energetica abbinata ad una combustione ottimale, allora l'im-

patto ambientale relativo al riscaldamento sarà minimo (e comunque nullo per quanto riguarda le emissioni di CO<sub>2</sub>) e, per quanto riguarda l'aspetto ecologico, il livello dell'isolamento passa in secondo piano. Rimane comunque il fatto che isolare consente di ridurre il quantitativo di legna da utilizzare (che potrà essere destinata ad altri utilizzi o rimanere nella foresta a stoccare CO<sub>2</sub>) e, a parità di sistema di riscaldamento, permette di avere maggiori livelli di comfort grazie ad una maggiore temperatura media radiante, nonché di eliminare il rischio di presenze di muffe di condensa (legate ai ponti termici o a insufficienti temperature superficiali delle pareti) ed ovviamente ridurre l'impegno necessario alla gestione del sistema di riscaldamento (legnaia, pulizia, accensioni, ecc.).

D'altra parte, bisogna tener conto anche del fatto che la produzione di isolanti ha costi ambientali che non si limitano ai costi energetici di produzione.

La domanda iniziale su "quanto isolare" non è quindi di facile risposta, poiché influenzata da vari fattori, primi fra tutti il tipo di isolante ed il tipo di sistema di riscaldamento adottato, che dovranno essere presi in attenta analisi caso per caso. Molte risposte potranno essere dedotte dalle informazioni offerte da questo volume, nel quale peraltro si è voluto dedicare anche un apposito spazio all'edificio iper-isolato nel quale possono manifestarsi (soprattutto nel caso di adozione di tecniche costruttive particolarmente leggere) dinamiche termiche molto particolari per le quali alcuni sistemi di riscaldamento risultano essere del tutto inadatti, come il rischio di surriscaldamento o l'oscillazione della temperatura.

### **3.6. Autonomia energetica e indipendenza dalla tecnologia**

Un classico principio della bioedilizia è quello dell'indipendenza energetica dell'edificio; indipendenza che può essere vista sia in relazione all'importazione di combustibili fossili sia alla fornitura esterna di energia di produzione locale (ad esempio indipendenza da rete di teleriscaldamento, anche se a biomasse).

In entrambi i casi l'adozione di un sistema autonomo di riscaldamento a legna offre un'ottima risposta anche se si deve acquistare legna, essendo questa facilmente reperibile in gran parte del territorio nazionale. Nel caso di pellet o cippato il grado di dipendenza invece aumenta, a meno che non si sia anche produttori di tali combustibili o sia particolarmente agevole un approvvigionamento presso un produttore locale.

#### *3.6.1. Rischio black out*

Aspetto particolarmente interessante per chi è vicino ai principi della bioedilizia è il fatto che i sistemi a legna a gestione manuale spesso hanno un funzionamento del tutto indipendente dalla presenza di corrente elettrica e quindi, nel loro fun-

zionamento, oltre ad essere più virtuosi sotto l'aspetto ecologico (non consumando elettricità per funzionare), offrono grandi garanzie anche in caso di *black out* elettrico.



Figura 3.5. L'eccezionale nevicata che ha colpito la provincia di Pesaro-Urbino nel febbraio 2012 ha provocato *black out* elettrici delle durata di alcuni giorni e ha portato alla ribalta il problema della dipendenza elettrica di molti sistemi di riscaldamento. Numerose persone sono state infatti tratte in salvo da protezione civile, soccorso alpino, ecc. dopo alcuni giorni di totale isolamento. Alcune di queste persone avevano fortunatamente potuto contare su sistemi di riscaldamento a legna utilizzabili anche senza la presenza corrente elettrica (fonte: QualitàEdilizia)

Per dare risposta alle esigenze di un certo tipo di utenza, sul mercato vengono proposte alcune soluzioni di riscaldamento, in grado anche di produrre acqua calda sanitaria in maniera del tutto indipendente dalla presenza di corrente elettrica per pompe di circolazioni o altri meccanismi.

Visto il crescente interesse verso tali sistemi, nel presente volume è dato ampio risalto a tali soluzioni, mettendo in evidenza i vantaggi che esse mostrano a discapito degli inevitabili limiti derivanti dalla consapevole rinuncia alle possibilità attualmente offerte da sistemi di controllo elettronico o elettromeccanico.

### 3.6.2. *Vulnerabilità tecnologica*

Il ritorno verso alcune soluzioni di tipo tradizionale o a soluzioni di nuova concezione progettate secondo il principio della semplicità è legato ad un grande vantaggio: queste sono talvolta del tutto prive di componenti meccaniche complesse e, pertanto, risultano caratterizzate da un rischio guasto bassissimo o addirittura nullo.

È importante sottolineare che tale aspetto non comporta necessariamente la presenza di basse prestazioni, di scomodità di gestione o di altri svantaggi; ciò è chiaramente dimostrato da casi interessantissimi di alcuni sistemi ad accumulo inerziale, di cui la stufa classica in maiolica è l'esempio più noto.

carbonio, in tali condizioni, si lega facilmente con l'ossigeno portando così a termine la sua combustione (si parla infatti di post combustione o di seconda combustione) il cui risultato finale, oltre all'ulteriore rilascio di calore, è la produzione di semplice anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ).

Tutto ciò si può ottenere in vari modi, il più frequente dei quali prevede l'introduzione di aria preriscaldata (la cosiddetta *aria secondaria*) nella parte alta della camera di combustione. Il preriscaldamento avviene solitamente facendo passare quest'aria in un apposito condotto, spesso costituito da una lastra metallica posta sul retro della camera di combustione. L'aria secondaria, riscaldandosi, tende a salire, per poi intercettare i fumi. Quando ciò accade, allora si incendia, liberando grandi quantità di calore e producendo un fumo assai più limpido di quello della prima combustione.

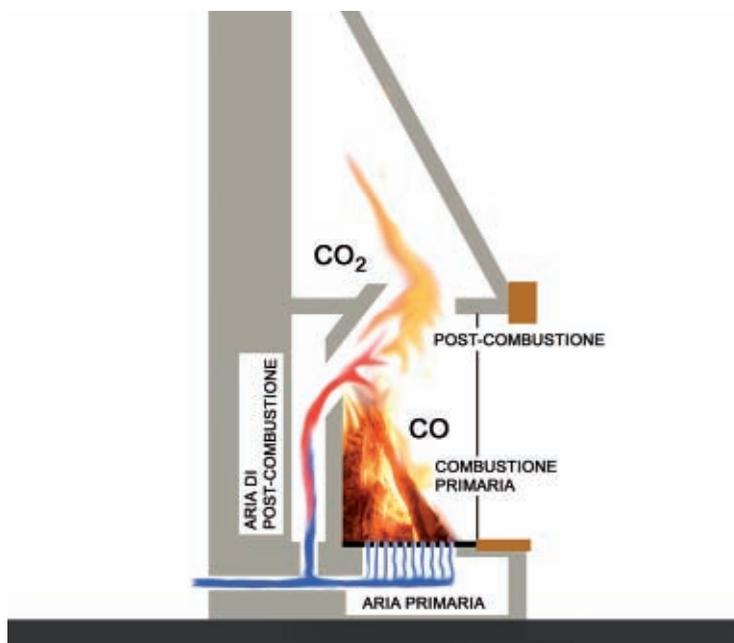


Figura 5.4. Tipica sezione di inserto-camino con apparato di post combustione (fonte: FuocoStufeCamini)

Altra importante miglioria è costituita dal rivestimento interno della camera di combustione con lastre di materiale refrattario, che consentono all'inserto di mantenere più a lungo il calore che verrà poi re-irraggiato in ambiente e che tornerà utile anche per una più agevole riaccensione del fuoco. La stessa presenza di refrattario favorisce inoltre l'innalzamento della temperatura in camera di combustione, ed offre quindi una combustione più pulita.

Il progressivo aumento di massa refrattaria nell'inserto-camino ha portato allo sviluppo di quello che è comunemente chiamato *camino ad accumulo*.

Da menzionare l'esistenza di inserti camino, denominati idrocamini, in grado di scaldare (mediante appositi scambiatori) acqua sanitaria o acqua d'impianto. Vista l'ampia diffusione di tali soluzioni, a questi sistemi è dedicato un apposito spazio in questo volume.

#### 5.4. Camino ad accumulo

Con l'espressione *camino ad accumulo* si intende quel tipo di inserto camino in cui è previsto un rivestimento interno costituito da un notevole quantitativo di materiale refrattario, la cui presenza favorisce sia l'ottimizzazione della combustione sia l'accumulo termico.

Particolarmente interessante è l'esistenza di alcuni modelli di inserto di elevata qualità costruttiva, appositamente progettati per resistere a temperature piuttosto elevate. Questi inserti, infatti, nascono per essere collegati non direttamente alla canna fumaria, bensì ad elementi per l'accumulo termico.



Figura 5.5  
Particolare camino ad accumulo con ampio vetro sui tre lati. In questo caso l'accumulo di calore avviene non nel focolare (dove il refrattario è presente solo sul retro), ma nella parte superiore. Essa, infatti, è costituita da appositi "anelli di accumulo" realizzati in carburo di silicio attraverso i quali passa il fumo e dal rivestimento esterno in maiolica (fonte: Cerampì)

Fra questi, particolare attenzione meritano gli anelli di accumulo termico in carburo di silicio, appositamente studiati per essere posizionati sopra l'inserto camino ad accumulo. Il fumo, passando al loro interno attraverso un percorso a spirale, cede ad essi parte del suo calore.

Con alcuni inserti è invece possibile ricorrere a veri e propri *girofumi* (sebbene di limitata lunghezza), prendendo spunto dalla tecnica della stufa ad accumulo o stufa inerziale, rispetto alla quale questa soluzione mostra tuttavia dei limiti prestazionali per via della minore temperatura nel focolare e della minore massa di accumulo termico.



Figura 5.6. Elemento di accumulo termico in refrattario con carburo di silicio applicabile sia in alcuni inserti-camino idonei all'utilizzo con alta temperatura sia per la creazione di girofumi nelle classiche stufe ad accumulo. Sul mercato sono disponibili vari elementi (diritti, curvi, con tappo di ispezione, ecc.) in modo da dare al tecnico fumista piena libertà di realizzazione (fonte: FuocoStufeCamini)

Mentre nella stufa ad accumulo il picco di temperatura può anche superare gli 800-900 °C, nel camino ad accumulo solitamente si aggira intorno ai 300-400 °C cosa che permette comunque di non espellere direttamente i fumi (sarebbe irrazionale farlo senza aver prima recuperato parte del loro calore), bensì di farli passare attraverso del materiale refrattario allacciato in coda all'inserto con funzione di accumulo.

Qualità dell'inserto, progetto fumistico, tipologia e quantità di refrattario allacciato in coda all'inserto determinano la durata dell'accumulo di calore che può anche superare le 6-8 ore dopo l'accensione del fuoco.

### 5.5. Stufa in ghisa

Un esempio importante di stufa metallica è quella in ghisa che, nata in epoca industriale, trovò in breve tempo un'ampissima diffusione, costituendo una validissima alternativa al camino aperto.

L'efficienza nettamente superiore della stufa in ghisa, il migliore tiraggio dei fumi, le minori dimensioni, i costi contenuti grazie alla produzione in serie ne determinarono un successo tale che il camino in molti casi addirittura scomparve o rimase esclusivamente come elemento di riscaldamento secondario o come "intrattenimento". Il camino riuscì comunque a sopravvivere grazie all'alto valore che l'uomo da sempre attribuisce alla vista della fiamma.

Altra grande "vittima" della stufa in ghisa fu la stufa ad accumulo, la quale, non avendo come il camino una fiamma visibile, entrò (senza alcuna giustificazione sul piano tecnico-prestazionale) in una profondissima crisi, fino ad arrivare alla quasi scomparsa nella seconda metà del secolo scorso, per poi essere "riscoperta" negli ultimi 2-3 decenni.

In seguito alla prima rivoluzione industriale la ghisa fu per lungo tempo uno dei materiali principi in vari settori, incluso appunto quello delle stufe di produzione industriale.

Una stufa in ghisa è composta da vari pezzi colati individualmente e poi uniti meccanicamente con viti. Bordature presagomate "ad incastro" favoriscono la tenuta meccanica dei giunti e l'alloggiamento dello speciale mastice adatto a resistere alle elevate temperature che viene utilizzato nelle giunzioni per garantire la tenuta ai fumi.

In alcuni casi è previsto il rivestimento della camera di combustione con materiale refrattario.

Rispetto alla stufa in acciaio, quella in ghisa si caratterizza in genere per una maggiore massa (lo spessore delle parti in ghisa è solitamente maggiore di quello comunemente utilizzato nel caso di stufe in acciaio). Al lato pratico ciò si traduce in una maggiore lentezza nello scaldare gli ambienti, ma ciò è ampiamente ripagato dai vantaggi legati alla più alta attitudine nell'accumulare calore che la ghisa ha rispetto all'acciaio.

Nel campo delle stufe metalliche, quella in ghisa mostra infatti un comportamento maggiormente inerziale rispetto a quella in acciaio, e pertanto si caratterizza per una maggiore componente radiante nel rilascio del calore, con notevoli benefici in termini di comfort. La minore reattività della stufa in ghisa e la massa più elevata offrono inoltre la possibilità di scaldare, per un certo lasso di tempo, anche dopo che la stufa si è spenta.

Poiché la ghisa presenta alcuni punti deboli, pur essendo un ottimo materiale per un utilizzo in campo fumistico, qualora si intenda acquistare stufe in ghisa è importante optare per prodotti realizzati con ghisa di ottima fusione e adottare alcune precauzioni nella conduzione della stufa.

La ghisa, infatti, è un materiale soggetto al rischio frattura nel caso di urti o di rapidi sbalzi di temperatura. Nella gestione del fuoco bisogna pertanto evitare di sovraccaricare la stufa e di abbassare di colpo la sua temperatura. Bisogna ad esempio evitare, quando la fiamma è alta, di immettere nella camera di combu-

stione un grosso quantitativo di legna fredda ed umida, cosa che può far precipitare la temperatura nel giro di poco tempo e comportare il rischio di fessurazioni nella ghisa). La presenza di un rivestimento in refrattario all'interno della camera di combustione, oltre a costituire un ulteriore elemento di accumulo termico e favorire la combustione, rappresenta un importante elemento di garanzia contro il rischio di sbalzo di temperatura.



Figura 5.7. Stufa in ghisa di elevata qualità che, malgrado le sue ridotte dimensioni, si caratterizza per una discreta massa (130 kg) e quindi per un certo accumulo di calore (fonte: Brunner-N&N Alpfire)

Ancor più pericoloso per la ghisa è, ovviamente, uno spegnimento forzato (ad esempio, tramite utilizzo di acqua).

Altra attenzione da porre nella gestione è quella della “stagionatura”, adottando una fase di “rodaggio” simile a quella della stufa ad accumulo in maiolica, in terracotta, ecc., ovvero procedendo per graduali incrementi dei carichi prima di arrivare ad accensioni a pieno regime.

Queste “controindicazioni” della ghisa risultano però ampiamente compensate dal comportamento tendenzialmente inerziale della stufa in ghisa che, a parità di altre condizioni, offre rispetto alla stufa in acciaio una maggiore componente radiante, un minore movimentazione e combustione delle polveri, una maggiore gradualità nel rilascio del calore e tempi più lunghi nel raffreddarsi, come sopra descritto.

## 5.6. Stufa in acciaio

Mentre le stufe in ghisa si realizzano unendo meccanicamente pezzi di fusione, le stufe in acciaio si realizzano saldando pezzi di acciaio derivati da fogli o piastre di tale materiale che può anche essere piegato offrendo così la possibilità di avere stufe con forme curve.

Rispetto alla ghisa è possibile realizzare con l'acciaio stufe con pareti più sottili e quindi più leggere. Il minore spessore delle pareti determina, a parità di altre condizioni, una maggiore potenza e reattività della stufa; caratteristiche queste assai utili per portare in temperatura in poco tempo ambienti grandi e/o caratterizzati da notevoli dispersioni.

La possibilità di realizzare stufe con uno spessore assai contenuto delle pareti consente inoltre di ottenere un abbattimento dei costi e permette di offrire a poco prezzo stufe di modeste dimensioni, ma di grande potenza. Tutto ciò va però a discapito della qualità del calore, della capacità di accumulo e talvolta anche della durata nel tempo della stessa stufa. Lastre particolarmente sottili, infatti, comportano un elevato rischio di surriscaldamento, con conseguenze negative sia in termini di confort termico e di gestione della stufa sia di eccessive sollecitazioni del materiale. Stufe in acciaio di una certa qualità avranno quindi uno spessore delle pareti magari inferiore a quello di una stufa in ghisa, ma comunque non troppo contenuto. Anche per le stufe in acciaio non è raro, nel caso di prodotti di una certa qualità, l'abbinamento di metallo e refrattario posto internamente alla camera di combustione. Il materiale di accumulo termico potrà inoltre essere utilizzato anche come rivestimento esterno.

Piuttosto frequente nel caso di stufe in acciaio è la conformazione cilindrica che, oltre ad essere accattivante sotto l'aspetto estetico, consente di minimizzare le tensioni derivanti dalle dilatazioni termiche del metallo. Un corpo cilindrico infatti può essere realizzato con un semplice avvolgimento su se stesso di un foglio in acciaio ed una sola saldatura longitudinale. In tal modo le sollecitazioni saranno distribuite in modo ottimale.

### 5.6.1. Comfort

Nel caso di pareti particolarmente sottili ed assenza di massa aggiuntiva di accumulo, questo tipo di stufa scalda assai rapidamente l'ambiente in cui è collocata,

ma cede ad esso calore essenzialmente in maniera convettiva e quindi con elevato livello di stratificazione della temperatura dell'aria e senza determinare un apprezzabile incremento di quella superficiale di pareti e pavimenti. In tali condizioni, il livello di comfort termoigrometrico può risultare assai basso in quanto, per controbilanciare la bassa temperatura media radiante delle superfici del locale, è possibile ottenere una sensazione di benessere solamente portando l'aria ad una temperatura di 22-24 °C. Ciò determina, fra l'altro, un crollo del livello di umidità relativa che può scendere a valori particolarmente bassi: sull'ordine del 20-30%. Temperature così elevate dell'aria, associate a basse temperature di intonaci e pavimenti, determinano grandi spostamenti di aria all'interno del locale con conseguente movimentazione di polveri, le quali spesso vengono bruciate quando entrano in contatto con le caldissime superfici metalliche della stufa. Nel campo delle stufe in acciaio è quindi consigliato optare per quelle soluzioni in cui sono state adottate varie tecniche migliorative rispetto al modello di base con spessore limitato delle pareti.

### 5.6.2. Migliorie

Dati i notevoli limiti delle versioni a parete sottile, i costruttori di stufe in acciaio di una certa qualità sono soliti apportare migliorie, prime fra tutte per importanza e per benefici diretti l'introduzione di rivestimenti in materiale refrattario, utilissimo in base al tipo, alla quantità, al posizionamento (interno e/o esterno al corpo in ghisa); argomenti questi ampiamente descritti in altre parti di questo volume. L'introduzione di massa di accumulo termico, infatti, consente di "stabilizzare" la cessione del calore in ambiente, che nel caso di stufa esclusivamente in acciaio si caratterizza da ampie e frequenti oscillazioni di temperatura con picchi anche piuttosto elevati.

La possibilità di accumulare calore consente inoltre di rendere più agevole la gestione della stufa, la quale potrà cedere calore per un po' di tempo anche quando la fiamma si abbassa o quando il fuoco si spegne.

Se il rivestimento è esterno si riduce inoltre la pericolosità della stufa in caso di contatto diretto con essa.

Un rivestimento esterno adeguatamente posizionato nelle varie parti della stufa consente, inoltre, di ridurre almeno in parte la combustione delle polveri.

## 5.7. Stufa moderna in metallo con vetro o stufa-camino in metallo

Comunemente considerata l'evoluzione della stufa metallica tradizionale, la moderna stufa in metallo è in realtà un connubio fra la tecnologia della stufa metallica tradizionale e il moderno inserto-camino.

Dalla prima mutua le dimensioni contenute, la forma e l'utilizzo di rivestimenti interni in refrattario oltre ad un eventualmente rivestimento esterno con maioliche, ceramiche, pietra o altro materiale. Del moderno inserto camino ripropone di fatto la struttura interna della camera di combustione, i condotti per alimentazione dell'aria e la presenza di un vetro ceramico che permette di avere una buona vista del fuoco.



Figura 5.8. "Stufa moderna" o stufa-camino con struttura metallica e parziale rivestimento esterno in maiolica. L'utilizzo della maiolica, oltre ad avere finalità estetiche, offre vantaggi in termini di accumulo di calore. Grazie ad un sistema opzionale di canalizzazione dell'aria (dal retro della stufa) questo modello può scaldare fino a quattro ambienti (fonte: Thermorossi)

### 5.7.1. Caratteristiche di base e gestione

Comparsa sul mercato scandinavo nei primi anni settanta, la stufa-camino si è diffusa assai rapidamente, poiché offre:

- elevate rese termiche

mulo (o stufa inerziale) costruita in maniera tradizionale, ovvero con camera di combustione interamente realizzata in refrattario, ma dotata di scambiatore di calore (solitamente in rame) in grado di produrre un quantitativo di acqua sufficiente a coprire normali usi sanitari.

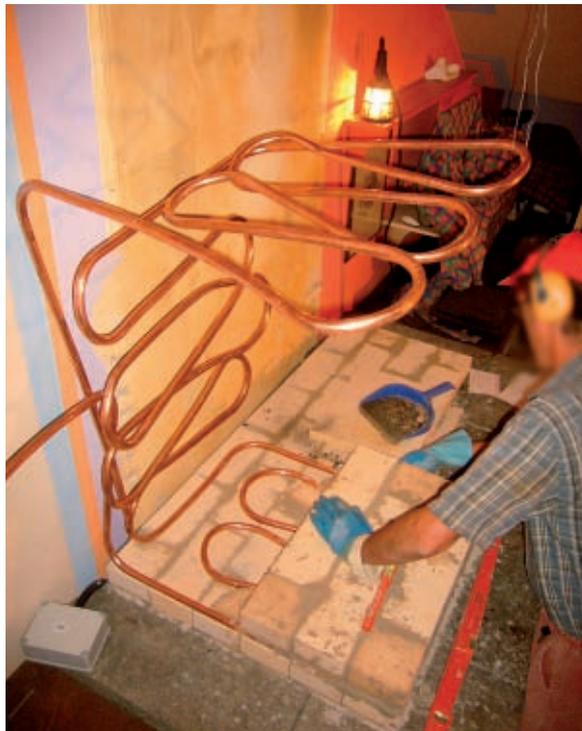


Figura 7.6. Realizzazione di camera di combustione in materiale refrattario dopo aver posizionato lo scambiatore di calore in rame appositamente sagomato. Come è possibile notare, la realizzazione procede inglobando lo scambiatore fra due spessi strati di materiale refrattario, in modo da proteggerlo dalle altissime temperature e garantire al tempo stesso il contatto con una massa alla quale sottrarre calore per lungo tempo (fonte: Calore-Naturale)

Tale soluzione risulta particolarmente interessante dal punto di vista economico, in quanto il serbatoio di accumulo, in tal caso, oltre ad essere di dimensioni limitate ha un costo più contenuto, in quanto non prevede un doppio utilizzo acqua calda sanitaria/acqua di impianto.

Essendo di fatto una semplice modifica della stufa ad accumulo, questo genere di stufa, se ben posizionato nell'edificio (o se supportato da una seconda stufa), può addirittura evitare il ricorso ad ogni altra soluzione per il riscaldamento, e quindi consentire di eliminare ogni altro costo impiantistico. Rimarrà necessario, come negli altri casi analoghi, provvedere alla produzione di acqua calda sanitaria in maniera alternativa nei periodi in cui non verrà accesa la stufa.

Particolarmente interessante è la possibilità di realizzare, con questa tecnica, un sistema il cui funzionamento è del tutto indipendente dalla disponibilità di corrente elettrica, come descritto più avanti in questo volume.



Figura 9.7. Schema di stufa ad accumulo con inserto in ghisa. Nell'immagine la stufa è in modalità "riscaldamento acqua" o "modalità caldaia", come si può notare dall'esclusione dei fumi mediante apposita valvola (fonte: FuocoStufeCamini)

Questa tecnica prevede l'utilizzo di uno scambiatore di calore di produzione industriale già integrato in una camera di combustione metallica (con rivestimento interno in refrattario) o accessorio integrabile con apposito inserto all'uscita dei fumi (sempre in metallo con rivestimento interno in refrattario).

In entrambi i casi la stufa ad accumulo risulta dotata di gironi, in maniera tale da offrire, oltre alla possibilità di funzionamento in "modalità caldaia per acqua", anche quello in "modalità stufa ad accumulo".

Trattandosi di fatto di una stufa ad accumulo con produzione di acqua calda, è prevista una gestione a fuoco veloce e fiamma alta; pertanto, la camera di combustione deve essere dotata di particolari caratteristiche che escludono da tale utilizzo i comuni inserti per idrocaminò.

Poiché il sistema è concepito per una buona produzione di acqua calda, si rende necessaria l'adozione di un accumulo termico di adeguata capienza, ovvero di almeno 800-1000 litri (assolutamente sconsigliato scendere sotto i 600 litri).

Si riporta di seguito una descrizione delle tipologie principali.

#### SOLUZIONE HIGH TECH

Grazie ad inserti ad elevato contenuto tecnologico è possibile realizzare delle stufe ad accumulo in grado di produrre elevati quantitativi di acqua da destinarsi sia ad uso sanitario sia per gli impianti di riscaldamento.



Figura 9.8. Schema di stufa ad accumulo con inserto in ghisa. Nell'immagine, la stufa è in modalità "riscaldamento ambiente" o modalità "stufa", come si può notare dall'esclusione dello scambiatore mediante apposita valvola (fonte: FuocoStufeCamini)



Figura 9.9  
Fase iniziale della costruzione di stufa ad accumulo con inserto adibito anche alla produzione di acqua calda. Sopra la camera di combustione è possibile individuare (si notino le due maniglie) lo sportello di ispezione e pulizia del fascio tubiero, ovvero dello scambiatore termico (fonte: CaloreNaturale-FuocoStufeCamini)



Figura 9.10. Impostazione dei parametri su apposito quadro di comando. Sul monitor è inoltre possibile vedere la temperatura rilevata istante per istante in camera di combustione, nello scambiatore, e nel serbatoio di accumulo termico collocato in un apposito locale (fonte: CaloreNaturale-FuocoStufeCamini)

La centralina consente di tenere sotto controllo tutto il sistema segnalando temperatura della camera di combustione, nello scambiatore, nel serbatoio di accumulo dell'acqua, ecc.

La presenza sul mercato di questo genere di inserti ad altissimo contenuto tecnologico, appositamente studiati per questo tipo di applicazione, dimostra come negli ultimi due decenni si sia dato il giusto valore alle enormi potenzialità della tecnica della stufa ad accumulo e di come tradizione ed innovazione possano coesistere, dando vita a soluzioni estremamente interessanti.

#### SOLUZIONE LOW-TECH

Per ovviare alla situazione paradossale di rimanere al freddo a causa di un banale *black out* elettrico pur essendo dotati di impianti ad altissimo contenuto tecnologico (e quindi piuttosto costosi), alcuni utenti si dotano di gruppi di continuità elettrica o di altre soluzioni. Altri, invece, preferiscono risolvere il problema a monte, optando per soluzioni di caratterizzate da una minore presenza di tecnologia. Così, se da un lato alcune aziende propongono soluzioni ad altissimo contenuto tecnologico, all'estremo opposto altre realtà offrono sul mercato prodotti che si caratterizzano per una estrema semplificazione del sistema. Questo è il caso, ad esempio, di inserti in grado sia di produrre buoni quantitativi di acqua calda sia di riscaldare il girofumi, ma dove la gestione delle due opzioni avviene in maniera totalmente manuale operando semplicemente su una leva, in base alla necessità.

La filosofia alla base è quella di offrire un inserto del tutto privo di componenti

elettromeccaniche, onde evitare ogni rischio di complicazione legata ad usura, guasti, settaggio delle sonde di temperatura, ecc., nonché rendere possibile il funzionamento anche in caso di assenza di corrente elettrica.

Nel caso di *black out* elettrico molti impianti definiti *high tech*, infatti, entrano in crisi (alcuni si spengono, altri non possono essere accesi) e se il fuoco è già stato acceso possono insorgere delle complicazioni (comunque risolvibili con gli appositi accorgimenti quali vasi di espansioni, valvole di sicurezza, ecc.). Nel caso di alcuni impianti *low-tech*, pur in assenza di corrente elettrica si può accendere il fuoco. Grazie a tali inserti, il fatto che la pompa di circolazione che collega inserto ad accumulo smetta di funzionare non costituisce un problema particolare. In tal caso, infatti, si rinuncia semplicemente alla produzione di acqua calda bypassando lo scambiatore e convogliando i fumi nel girofumi. Parte del calore verrà inevitabilmente ceduta allo scambiatore, ma trattandosi di una percentuale piuttosto contenuta, difficilmente la temperatura dell'acqua raggiungerà valori critici (l'impianto idrico sarà comunque dotato di appositi sistemi di sicurezza). Con tali sistemi, anche in caso di *black out* elettrico prolungato, il riscaldamento degli ambienti è quindi comunque garantito. La semplicità del sistema, inoltre, permette un certo contenimento dei costi di installazione e, per quanto riguarda il generatore di calore, mette al riparo da ogni rischio di guasto, complicazione, taratura, sostituzione parti di ricambio, ecc. La manutenzione (fatta salva la pulizia dello scambiatore di calore) sarà infatti quella semplicissima della tradizionale stufa ad accumulo; l'eventuale servizio di assistenza sarà quindi limitato alla semplice parte idraulica del sistema impiantistico (del tutto simile a quella di ogni altro impianto con accumulo termico).

### 9.3.2. Stufa ad accumulo con inserto tecnologico alimentabile sia a legna che a pellet

Alcuni inserti offrono la possibilità di un'alimentazione non solo a legna, ma anche a pellet, tramite un apposito accessorio costituito da un serbatoio collegato alla combustione mediante una vite senza fine (còclea) per l'alimentazione a pellet. In tal caso la stufa si caratterizza per un elevatissimo livello di automatizzazione, alla quale però corrispondono costi di installazione piuttosto alti, nonché ingombri considerevoli.

Il sistema, di fatto, è paragonabile ad una centrale termica a biomasse; a differenza di questa, il tutto (ad eccezione del serbatoio di accumulo dell'acqua che solitamente viene posizionato altrove) è collocato non in un locale tecnico, ma direttamente all'interno dell'abitazione alla quale cederà parte del calore per via radiante (come una comune stufa inerziale), parte per via convettiva e parte tramite acqua di impianto. Nel locale in cui sono collocati il generatore e/o i girofumi, ovviamente, sarà superfluo installare altri corpi scaldanti.



Figura 9.11. Stufa ad accumulo con produzione di acqua calda ed alimentazione legna e pellet. Si noti, nell'immagine di sinistra, la presenza di un serbatoio di accumulo accessibile da locale retrostante e collegato alla camera di combustione tramite còclea. L'immagine di destra, relativa alle fasi terminali dell'intonacatura, mette in evidenza la totale analogia estetica con una stufa ad accumulo realizzata con tecnica tradizionale, ovvero con camera di combustione in refrattario (fonte: CaloreNaturale)

### 9.3.3. Stufa ad accumulo con inserto e girofumi a sezione circolare ed alte prestazioni

Un prodotto molto pratico ed interessante abbinabile all'inserto (ma utilizzabile anche nel caso di camera di combustione di tipo tradizionale in refrattario) è costituito da particolari elementi refrattari prefabbricati appositamente prodotti per la realizzazione del girofumi.

I produttori offrono una gamma completa di elementi caratterizzati da diametri e spessori diversi. La disponibilità di elementi curvi, pezzi dotati di *by-pass* (noti anche come *starter*) e tappi di ispezione e pulizia consente al tecnico fumista di realizzare praticamente ogni soluzione di girofumi. Nella realizzazione di tali pezzi si adottano particolari miscele che, in alcuni casi, permettono di conseguire eccezionali prestazioni sia sotto il profilo della durabilità ai ripetuti cicli termici ai quali verrà sottoposta la stufa nel corso della sua lunga vita, sia per quanto riguarda le caratteristiche di accumulo termico.

Grazie all'utilizzo di materie prime particolarmente pregiate come il carburo di silicio (la cui durezza è seconda solo a quella del diamante) miscelato con argille refrattarie, alcuni di questi prodotti si caratterizzano, dal punto di vista termico, per un'eccezionale rapidità nell'accumulare calore in grande quantità per poi rilasciarlo in maniera molto graduale.

Ciò permette di realizzare stufe con grande capacità di accumulo con dimensioni inferiori rispetto alla soluzione tradizionale con camera di combustione e girofumi interamente in refrattario tradizionale.



Figura 9.12. Schema di corpo interno di stufa ad accumulo con inserto dotato di sportello con vetro e girofumi realizzato con elementi prefabbricati in carburo di silicio. Il tutto è poi esternamente rivestito con strato antemurale in maiolica, refrattario intonacato o altro materiale con funzione sia estetica che di accumulo termico (fonte: Cerampìù)

Anche l'efficienza energetica (di per sé altissima) della stufa ad accumulo può trarre ulteriori benefici dall'adozione di tali prodotti.



Figura 9.13. Esempi di utilizzo di elementi prefabbricati in argilla e carburo di silicio. A sinistra collegamento con inserto in stufa in maiolica. A destra, soluzione per camino-stufa ad accumulo dal design moderno (fonte: Cerampìù)

## 11. Dimensioni e pesi

### 11.1. Cenni introduttivi

Al fine di non precludere la possibilità di inserimento di una stufa, si riportano di seguito gli ingombri di massima di una stufa ad accumulo realizzata con tecnica tradizionale, tenendo conto di un certo “margine di sicurezza” che consentirà poi al fumista di operare con una certa libertà di azione. Vale infatti il principio secondo il quale un sovradimensionamento degli ingombri in fase preliminare non è affatto un errore: di solito è preferibile operare ad un nuovo “dimensionamento in riduzione” piuttosto che ad un “dimensionamento in aumento” degli ingombri. A questi seguiranno anche indicazioni e suggerimenti per un posizionamento ottimale della stufa, sfruttandone appieno le possibilità tecniche ed estetiche.

#### *11.1.1. Dimensionamento di massima*

Il primo passo da compiersi nella progettazione di una stufa è la determinazione delle dimensioni, o più precisamente, delle sue superfici di irraggiamento. Queste saranno inevitabilmente legate a due fattori:

- fabbisogno energetico degli ambienti da riscaldare
- numero di accensioni giornaliere del fuoco.

Entrambi i fattori influiscono, anche se in maniera diversa, sulle dimensioni della camera di combustione e del girofumi, e quindi sugli ingombri complessivi della stufa nonché sul suo peso.

---

#### DIMENSIONAMENTO DELLE SUPERFICI RADIANTI IN BASE AI FABBISOGNI ENERGETICI

Poiché una stufa ad accumulo cede calore all’ambiente prevalentemente (dal 75 all’85%) sotto forma di emissione di raggi infrarossi, la superficie di scambio radiante della stufa (cioè la sua superficie esterna) verrà determinata in fase di progettazione in base alla quantità di calore che essa dovrà fornire.

Solitamente si ipotizza un utilizzo della stufa con due fuochi giornalieri, in maniera tale da garantire un rilascio di calore pressoché costate nell’arco delle 24 ore.

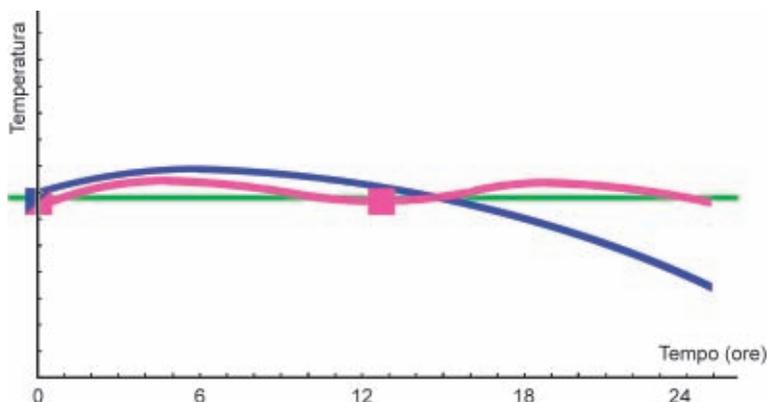


Figura 11.1. Grafico illustrante la temperatura ambiente nell'arco di 24 ore a partire dal primo fuoco. I quadrati rappresentano le accensioni dei fuochi o l'immissione di nuova legna.

In verde = temperatura ideale.

In blu = temperatura legata ad una gestione con un solo, ma potente fuoco al giorno.

In fucsia = temperatura ottenibile con due fuochi giornalieri di minore intensità.

Una prima progettazione di massima può essere sviluppata considerando un valore medio di potenza di rilascio della stufa pari a  $700 \text{ W/m}^2$  di superficie. Ciò vuol dire ad esempio che  $1 \text{ m}^2$  di superficie di maiolicata (nel caso di stufa in maiolica) rilascia 700 Watt.

Nel caso di una solo carico di legna al giorno, il calore rilasciato da ogni metro di superficie radiante sarà inferiore dopo mezza giornata circa; pertanto, se si prevede tale tipo di gestione, sarà necessario provvedere ad un sovradimensionamento della stufa e mettere in conto una certa variabilità di temperatura nell'arco delle 24 ore.

Nel fare ulteriori considerazioni bisogna tener conto che, in realtà, il calore rilasciato in ambiente per irraggiamento è variabile non solo nel tempo, ma anche in base ad altri fattori, fra i quali si indicano sommariamente i principali nella tabella 11.1.

**Tabella 11.1. Principali fattori che influiscono sulla quantità di calore rilasciato dalla superficie di scambio radiante della stufa**

Fattore	Scambio radiante della stufa
Temperatura dei fumi	Poiché durante il suo percorso il fumo cede calore alla massa della stufa, il calore rilasciato da un metro quadro di stufa sarà massimo in prossimità della camera di combustione ( $900\text{-}950 \text{ W/m}^2$ ) e calerà con l'avvicinarsi al termine del girofumi ( $500\text{-}600 \text{ W/m}^2$ )
Nicchie e concavità varie	La presenza di nicchie e concavità varie aumenta la superficie di scambio radiante della stufa senza incrementarne l'ingombro complessivo
Materiale di rivestimento	A parità di altre condizioni, maiolica, intonaco, pietra ollare, ecc. rilasciano calore con tempi e quantitativi differenti

Valori medi calcolati sulle prime 12 ore successive all'accensione del fuoco con carico a piena potenza.

L'operazione matematica da effettuare per questo dimensionamento di massima verrà eseguita adottando la seguente formula:

fabbisogno energetico del locale (dispersioni in Watt) = potenza rilasciata da 1 m<sup>2</sup> di stufa (indicativamente 700 Watt/m<sup>2</sup>) × superficie di scambio termico (superficie di scambio in m<sup>2</sup>)

da cui (invertendo la formula):

(superficie di scambio) = fabbisogno energetico del locale/700

Si consideri, ad esempio, un fabbisogno termico del locale in cui verrà ubicata (dato fornito dal termotecnico in base ad una diagnosi energetica nel caso di edificio esistente o tramite programma di calcolo nel caso di edificio di nuova realizzazione) pari a 4200 Watt. In tal caso la stufa dovrà avere una superficie disperdente pari a 6 m<sup>2</sup> (4200 Watt divisi per 700 Watt/m<sup>2</sup> = 6 m<sup>2</sup>) per coprire pienamente il fabbisogno per 12 ore dall'accensione del fuoco. In seguito, il suo rilascio di calore continuerà ancora per altre ore, ma con intensità calante.

Questa superficie calcolata dovrà essere ripartita fra quella esterna della camera di combustione e quella del girofumi. Da tale calcolo dovranno essere escluse tutte le parti non calde della stufa, come ad esempio il basamento della camera di combustione (solitamente alto 30-40 cm) ed incluse, invece, tutte le nicchie o le concavità della parte calda.

Al fine di un dimensionamento più accurato, si procederà di seguito a considerare non i 700 W/m<sup>2</sup> (valore medio del caso precedente e relativo ad esempio ad una stufa a servizio di un unico locale) ma valori che prendono in considerazione la superficie radiante della camera di combustione (valori di rilascio più alti) o del tratto mediano o terminale del girofumi (valori di rilascio via via più bassi).

Si immagini ad esempio una stufa ripartita fra tre locali con le caratteristiche riportate nella tabella 11.2.

**Tabella 11.2. Esempio di stufa ripartita fra tre locali**

Locale	Fabbisogno energetico (W)	Porzione di stufa a servizio del locale
A	1800	Camera di combustione
B	1400	Tratto mediano del girofumi
C	1500	Tratto finale del girofumi

Si considerino approssimativamente le potenze medie (sulle 12 ore) in fase di rilascio di calore riportate nella tabella 11.3.

**Tabella 11.3. Potenze medie in fase di rilascio di calore**

Porzione di stufa	Potenza rilasciata (W/m <sup>2</sup> )
Camera di combustione	900
Tratto mediano del girofumi	700
Tratto finale del girofumi	500

Si otterrà la ripartizione per locale delle superfici radianti per una stufa da due carichi di legna giornalieri riportata nella tabella 11.4.

**Tabella 11.4. Ripartizione per locale delle superfici radianti**

Locale	Fabbisogno energetico (W)	Porzione di stufa	Metri quadri di superficie radiante necessari
A	1800	Camera di combustione (900 W/m <sup>2</sup> )	2 m <sup>2</sup>
B	1400	Tratto mediano del girofumi (700 W/m <sup>2</sup> )	2 m <sup>2</sup>
C	1500	Tratto finale del girofumi (500 W/m <sup>2</sup> )	3 m <sup>2</sup>

La stufa avrà quindi una superficie radiante complessiva pari a 7 m<sup>2</sup> per una potenza totale di 4.700 Watt.

Sebbene nel dimensionamento si adotti un metodo di calcolo in tutto e per tutto analogo a quello di altri sistemi di riscaldamento radiante (ad esempio, riscaldamento a pavimento) è bene ricordare che non si ha a che fare con valori costanti nel tempo, non essendo presente un generatore di calore in grado di accendersi o spegnersi in base all'occorrenza o un sistema di regolazione del flusso dell'acqua, bensì un carico di legna che avviene una sola volta al giorno (o due), le cui caratteristiche possono anche essere piuttosto variabili. Per via della differente temperatura dei fumi lungo il loro percorso, anche la modalità temporale di rilascio di calore non sarà omogenea per tutta la superficie radiante della stufa. Alcune parti della stufa saranno, infatti, più rapide di altre nel rilasciare calore o nell'esaurire il loro accumulo termico.

#### DIMENSIONAMENTO DELLA CAMERA DI COMBUSTIONE

Una volta nota la potenza complessiva della stufa, il tecnico fumista provvede alla progettazione della camera di combustione, tenendo conto del quantitativo di legna da utilizzarsi per lo sviluppo dell'energia complessiva necessaria a tale erogazione.

Le dimensioni interne della camera di combustione si ricavano a partire da tale quantitativo e tenendo conto di alcuni principi che ne regolano la combustione in maniera ottimale.

In questa sede ci si limita a fornire delle dimensioni indicative degli ingombri esterni (comprensivi quindi di strato di rivestimento) di una camera di combustione per una stufa di media potenza (5-6 kW).

In fase di progettazione architettonica si consiglia l'adozione delle dimensioni massime suggerite, al fine di lasciare al tecnico-fumista maggiore libertà nella progettazione esecutiva della stufa. In tale maniera, in base ai suggerimenti del fumista, alla scelta del materiale di rivestimento, dimensioni dello sportello, ecc.,