

---

BANDO DIRETTO ALLA CONCESSIONE DI CONTRIBUTI PER  
L'INSTALLAZIONE DI IMPIANTI TERMICI A TRONCHETTO DI LEGNA

**REQUISITI TECNICI PER IMPIANTI A PEZZI  
DI LEGNO DI POTENZA <60kW**

A cura del Dipartimento di Energetica del **Politecnico di Torino**:

Prof. G.V. Fracastoro

Prof. A.M. Barbero

Ing. F. Baccon

# REQUISITI TECNICI PER IMPIANTI A PEZZI DI LEGNO DI POTENZA <60kW

## INDICE

<b>1. INDICAZIONI PER IL DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO</b>	<b>5</b>
1.1 Temperatura esterna di progetto	5
1.2 Fabbisogno termico dell'edificio in condizioni di progetto	6
1.3 Potenza installata dell'impianto	6
<b>2. RENDIMENTI ATTESI ED EMISSIONI PREVISTE</b>	<b>7</b>
2.1 Rendimento utile nominale	7
2.2 Emissioni inquinanti	8
<b>3. CARATTERISTICHE DEL COMBUSTIBILE BIOMASSA</b>	<b>8</b>
3.1 Umidità	8
3.2 Caratteristiche energetiche e di costo di alcuni combustibili	8
3.3. Contenuto energetico della legna	9
<b>4. ACCUMULATORI DI CALORE</b>	<b>11</b>
<b>5. DESCRIZIONE TECNOLOGIE ESISTENTI</b>	<b>13</b>
5.1 Modelli principali di caldaie a pezzi di legno	13
A combustione inversa	13
A combustione orizzontale	13
A combustione inversa e ventilatore per la combustione secondaria	14
Con aspirazione dei fumi	14
5.2 Integrazione con l'impianto a pannelli solari	14
5.3 Regolazione della combustione	15
5.4 Note sulla estrazione delle ceneri	15
<b>6. MANUTENZIONE E INSTALLAZIONE</b>	<b>15</b>
6.1 Il dimensionamento del deposito della legna (stoccaggio)	15
Lo schema del deposito e del locale caldaia	16
I dispositivi di sicurezza dei depositi per il deposito della legna	17
6.2 L'esercizio e la manutenzione	17
6.3 Camino per gas di scarico	18
6.4 Vaso di espansione	19

---

**7. NORMATIVA DI RIFERIMENTO PER L'UTILIZZAZIONE DEL LEGNO  
COME COMBUSTIBILE**

19

### **Premessa**

*Questo documento rappresenta l'allegato tecnico di riferimento per il bando diretto alla concessione di contributi in conto capitale per gli impianti a legna di potenza inferiore a 60 kW indetto dalla Provincia di Torino.*

*E' bene precisare che le informazioni che seguono non devono essere ritenute esaustive circa il panorama tecnologico delle caldaie a legna, bensì devono essere prese come riferimento di massima per gli standard energetici, tecnologici ed ambientali che l'Amministrazione Provinciale ritiene di dover prendere in considerazione nella valutazione delle richieste di contributo.*

*Il documento pertanto si prefigge due obiettivi:*

- *fornire delle linee guida per la progettazione delle centrali a legna e per la compilazione delle domande di contributo,*
- *proporre un panorama tecnologico di riferimento sulle caldaie a legna e le centrali termiche .*

*In risposta al primo obiettivo, nel documento è possibile ritrovare riferimenti alle indicazioni tecniche richieste nell'allegato B del bando, sia in merito a procedure e metodologie da seguire, sia per l'indicazione di parametri da utilizzare nella redazione di analisi.*

## 1. INDICAZIONI PER IL DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO

L'impianto può essere impiegato per il riscaldamento di ambienti, di acqua calda sanitaria, o per altri impieghi del calore a bassa temperatura (ad esempio, riscaldamento piscine, serre). Si forniscono di seguito alcune indicazioni sul dimensionamento del generatore di calore nel caso di riscaldamento degli ambienti.

Per dimensionare la caldaia occorre utilizzare la normativa UNI 7357/74, per il calcolo del fabbisogno termico in condizioni di progetto degli edifici.

Essa prevede i seguenti passi, che verranno riassunti in modo semplificato nei paragrafi successivi:

- determinazione della temperatura esterna di progetto
- calcolo delle dispersioni per trasmissione e ventilazione dell'edificio in condizioni di progetto (fabbisogno termico in condizioni di progetto)
- calcolo della potenza da installare dell'impianto

### 1.1 Temperatura esterna di progetto

Le temperature esterne dei capoluoghi di provincia italiani sono riportate nella norma UNI 5364, assieme ai criteri per estendere tali valori a località non comprese nell'elenco e a situazioni particolari (edifici isolati o collocati in piccoli agglomerati).

Si ricordano brevemente tali criteri:

- si individua la località in elenco più vicina e sullo stesso versante, e la sua temperatura di progetto esterna viene assunta quale riferimento ( $T_{PR}$ )
- si calcola la temperatura di progetto  $T_p$  della località considerata con la formula:

$$T_p = T_{PR} - \Delta T_{corr}$$

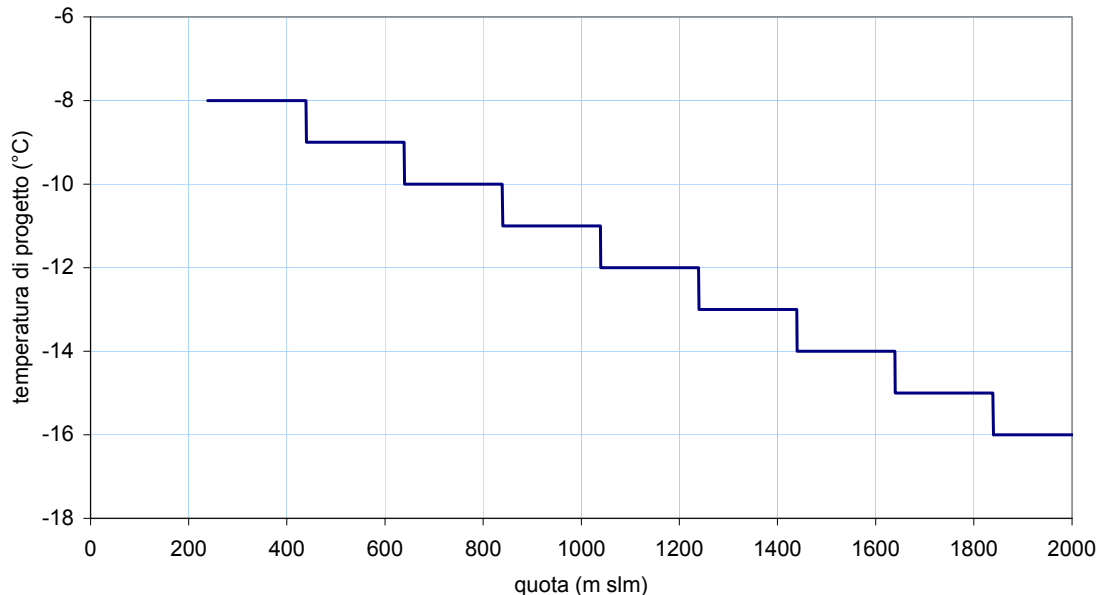
dove  $\Delta T_{corr}$  è la somma di due correzioni, una dovuta al dislivello fra la località considerata e quella di riferimento, l'altra dovuta alla particolare ubicazione dell'edificio.

La prima correzione è pari ad 1 °C per ogni 200 metri di dislivello  $\Delta h = h_L - h_R$  fra la località considerata e quella di riferimento.

La seconda correzione è pari a 0,5 – 1,0 °C per edifici situati in piccoli agglomerati e di 1-2 °C per edifici isolati.

In base a tali indicazioni, per le località situate nella Provincia di Torino si può desumere la temperatura di progetto dal diagramma seguente, ricavato assumendo come riferimento Torino ( $T_{PR} = - 8$  °C, quota 240 m s.l.m.). Essa non tiene conto dell'ulteriore correzione dovuta all'ubicazione dell'edificio.

Temperature di progetto nella Provincia di Torino



## 1.2 Fabbisogno termico dell'edificio in condizioni di progetto

Una volta nota la temperatura esterna di progetto, occorre conoscere le seguenti caratteristiche dell'edificio:

- volume lordo riscaldato (V)
- area (S) della superficie che contiene il volume lordo riscaldato

Noti tali parametri, il fabbisogno di potenza termica in condizioni di progetto  $Q_p$  (in kW) è data da:

$$Q_p = (0.175 V + U_m S)(20 - T_p)/1000$$

in cui il parametro  $U_m$ , **trasmissione termica media dell'involucro**, può essere, in prima approssimazione, desunto dalla tabella seguente.

**Valori di  $U_m$  (in  $W/m^2\text{°C}$ ) in funzione di destinazione d'uso e epoca di costruzione**

Destinazione d'uso dell'edificio	Epoca di costruzione		
	<i>ante 1945</i>	<i>1945-1976</i>	<i>post 1976*</i>
residenze	1.0	1.2	0.8
uffici	1.2	1.5	0.8
edifici commerciali	1.3	1.5	1.2

\* con tale datazione si intendono edifici realizzati a norma delle leggi 373/76 e 10/91, e dei relativi decreti attuativi.

## 1.3 Potenza installata dell'impianto

Per tener conto del regime di funzionamento dell'impianto e del relativo fattore di intermittenza  $f_i$ , del rendimento di distribuzione  $\eta_d$ , di regolazione  $\eta_c$  e di emissione  $\eta_e$  dei corpi scaldanti, la potenza utile della caldaia va maggiorata rispetto al fabbisogno dell'utenza, secondo la formula

$$P_u = \frac{Q_p}{\eta_c \eta_d \eta_e f_i}$$

In prima approssimazione si può assumere  $P_u = 1.3 Q_p$ . A sua volta la taglia dell'impianto è solitamente espressa attraverso la potenza spesa in condizioni nominali, ovvero al carico massimo,  $P_n$ . Essa è detta anche *potenza massima al focolare* ed è data da:

$$P_n = \frac{P_u}{\eta}$$

in cui  $\eta$  rappresenta il rendimento nominale utile della caldaia, su cui si forniscono indicazioni al capitolo seguente.

## 2. RENDIMENTI ATTESI ED EMISSIONI PREVISTE

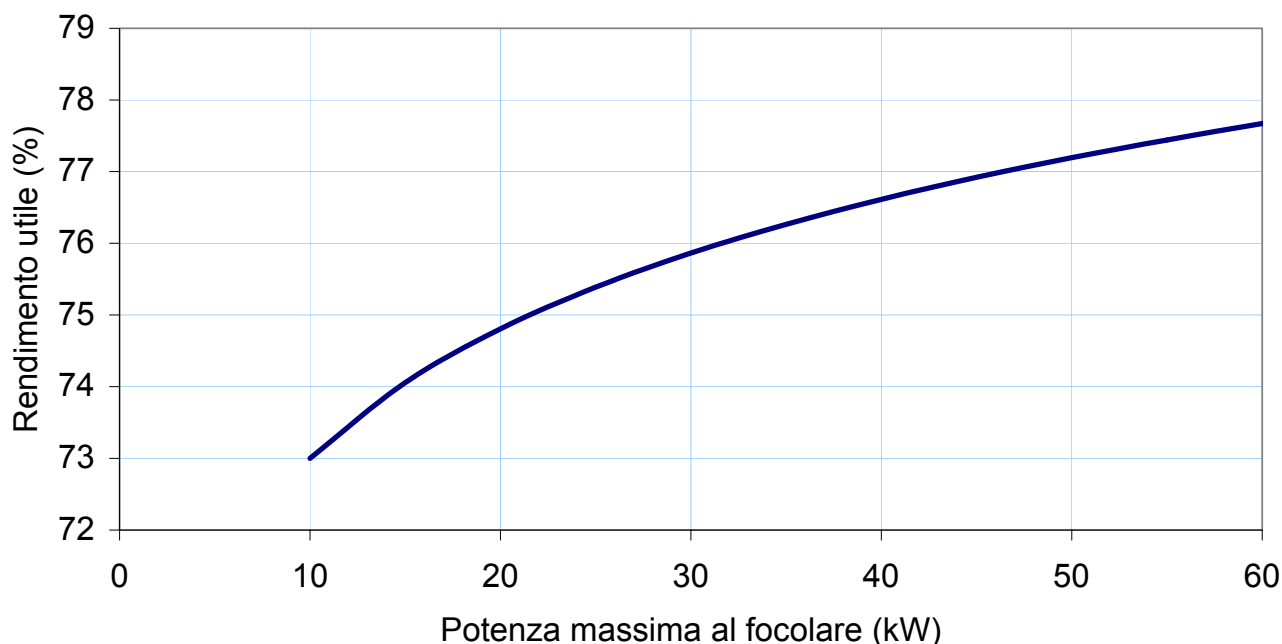
### 2.1 Rendimento utile nominale

Gli impianti devono garantire un rendimento utile nominale minimo  $\eta$ , in funzione della taglia dell'impianto (potenza massima al focolare  $P_n$ , in kW), dato dall'espressione, desunta dalla norma EN303-5

$$\eta = 67 + 6 \log_{10} P_n$$

e riportata nella figura qui sotto.

Rendimento utile nominale minimo  
per caldaie a legna di potenza inferiore a 60 kW



## 2.2 Emissioni inquinanti

A differenza dei normali combustibili di origine fossile, la combustione di biomassa ha un impatto nullo sul ciclo di produzione di anidride carbonica. Per quanto riguarda le altre emissioni (ossido di carbonio, polveri, composti organici gassosi – COG) è opportuno rispettare i valori limite riportati nella norma En 303-5 per le caldaie di classe 3, in funzione della potenza nominale e del tipo di alimentazione, come evidenziato nella seguente tabella. Si noti che i valori delle emissioni di polveri riportati in tabella ( $150 \text{ mg/m}_n^3$ ) sono più vincolanti di quelli stabiliti dal recente DPCM 8/3/2002 ( $200 \text{ mg/m}_n^3$ ).

**Limiti di emissione in  $\text{mg/m}_n^3$  al 10% di  $\text{O}_2$ , secondo EN 303-5/99.**

	CO	COG	polveri
alimentazione manuale	5000	150	150
alimentazione automatica	3000	100	150

## 3. CARATTERISTICHE DEL COMBUSTIBILE BIOMASSA

### 3.1 Umidità

La biomassa normalmente non si trova allo stato anidro (secco), ma ha un contenuto di umidità variabile. Questo può essere espresso attraverso l'umidità  $U_s$  sul secco e l'umidità sul tal quale  $U_{tq}$ , definite in percentuale come

$$U_s = \frac{M_u - M_{\text{secco}}}{M_{\text{secco}}} 100 [\%]$$

$$U_{tq} = \frac{M_u - M_{\text{secco}}}{M_u} 100 [\%]$$

in cui

$M_u$  = massa della legna umida

$M_{\text{secco}}$  = massa della legna anidra

La relazione fra le due umidità è data da:

$$U_{tq} = \frac{U_s}{100 + U_s}$$

Il valore di umidità sul tal quale  $U_{tq}$  è normalmente compreso tra il 35% e il 50%, a seconda del tipo di legname, del tempo trascorso dalla produzione del biomassa (quello appena prodotto è naturalmente più umido) e del tipo di stoccaggio.

### 3.2 Caratteristiche energetiche e di costo di alcuni combustibili

I valori tipici del Potere calorifico inferiore  $H_i$  e del costo dei principali combustibili sono riportati in tabella.

combustibile	H <sub>i</sub>		Costo			Rendimento tipico
	MJ/kg	MJ/m <sup>3</sup>	€/kg	€/m <sup>3</sup>	€/GJ	
gasolio	42.7		0.85		20.0	85%
metano		34-35**	-	0.53	15.4	85%
olio BTZ	41.0		0.23	-	5.6	80%
legna in pezzi	12.6		0.1		7.9	80%
pellets	16.9		0.3		17.7	85%
cippato	16.7*		0.05		3.0	85%

\* sul secco, valore medio generale.

\*\*riferito a un metro cubo Standard (a 1 atm e 15 °C).

### 3.3.Contenuto energetico della legna

Il potere calorifico di una specie legnosa dipende dal suo contenuto in lignina (che è pari a circa 25 MJ/kg), in cellulosa (16.7 MJ/kg) e in resina.

Anche la percentuale di corteccia incide sul potere calorifico, in quanto questa ha basso potere calorifico.

Nella tabella qui sotto sono riportati i valori medi indicativi di H<sub>i</sub> per le latifoglie e le conifere. Valori riferiti specificamente ad una specie possono essere adottati nei casi in cui si abbia la certezza di utilizzare quest'ultima in purezza.

#### Potere calorifico inferiore del legno con U<sub>tq</sub> = 11-13%, espresso in diverse unità di misura.

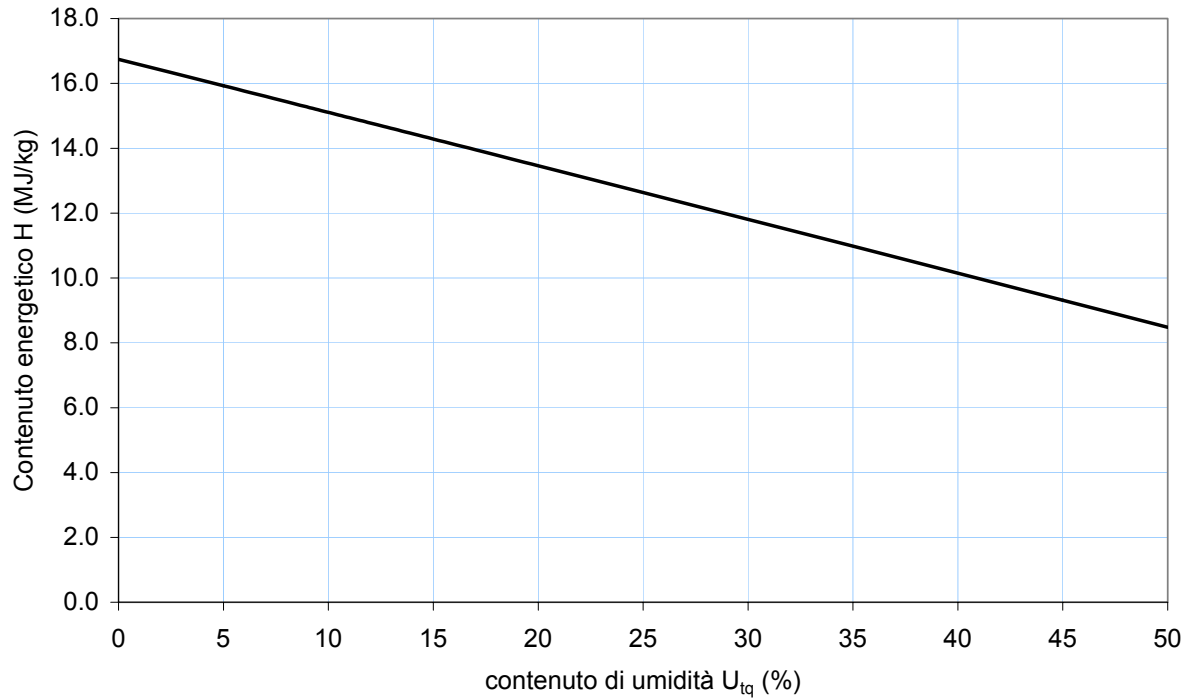
Potere calorifico inferiore	MJ/kg	kcal/kg	kWh/kg
conifere	15.9	3800	4.42
latifoglie	15.1	3600	4.19
Medio generale	15.5	3700	4.30

Il potere calorifico inferiore del legno diminuisce all'aumentare della sua umidità, non solo perché diminuisce la quantità di sostanza secca effettivamente presente nell'unità di peso considerata, ma anche perché una parte dell'energia liberata nel processo di combustione viene assorbita dall'evaporazione dell'acqua e quindi si rende indisponibile per l'uso termico desiderato. Per la biomassa, caratterizzato da una potenziale forte variabilità di composizione, si fa riferimento al contenuto energetico H rispetto al tal quale ricavato a partire da H<sub>i</sub> sul secco con una formula correttiva, che tiene conto dell'umidità della massa espressa come percentuale sul tal quale:

$$H = \frac{H_i(100 - U_{tq})}{100 - 0.025U_{tq}}$$

Applicando tale formula a legna con H<sub>i</sub> = 16.7 MJ/kg sul secco (U<sub>tq</sub> = 0) si ottiene il grafico di figura, che dà una chiara idea di come decresca il contenuto energetico di un kg di legna al crescere dell'umidità dello stesso.

## Contenuto energetico della legna al variare del contenuto di umidità



## 4. ACCUMULATORI DI CALORE

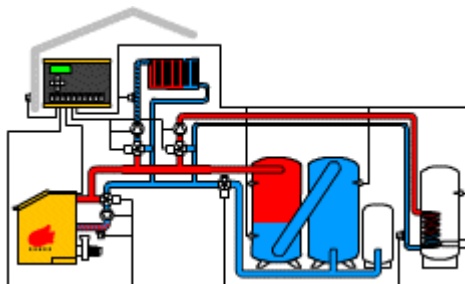
Per le caldaie a legna è conveniente predisporre un sistema di accumulo termico per i seguenti motivi:

- accumulare il calore quando la domanda dell'utenza è inferiore alla potenza erogata dall'impianto senza dover interrompere la combustione del carico di legno
- limitare il numero di cariche della caldaia
- consentire di utilizzare la funzione antigelo
- produrre acqua calda nei mesi estivi

Come conseguenze dirette di un tale sistema si ottiene:

- migliore rendimento
- maggiore durata della caldaia
- apporto di calore più omogeneo

A titolo di esempio si riporta uno schema di impianto a legna dotato di accumulo:



Nella figura seguente si illustrano alcuni componenti per realizzare un impianto a legna con accumulo di calore:



Per il dimensionamento del serbatoio di accumulo (in acqua) si fa riferimento alla formula, tratta dalla norma EN 303-5:

$$V_{sp} = 15 T_B P_u [1 - 0.3(Q/P_{min})]$$

in cui

$V_{sp}$  = capacità del serbatoio di accumulo (litri)

$P_u$  = Potenza termica nominale utile erogata dalla caldaia (kW)

$T_B$  = periodo di combustione (h)

$Q$  = carico di riscaldamento *medio* dell'edificio (kW), pari, in prima approssimazione, alla metà del fabbisogno termico di progetto  $Q_p$  (vedi par. 1.2).

$P_{min}$  = potenza termica minima utile erogata dalla caldaia (kW)

La stessa formula può essere riscritta come

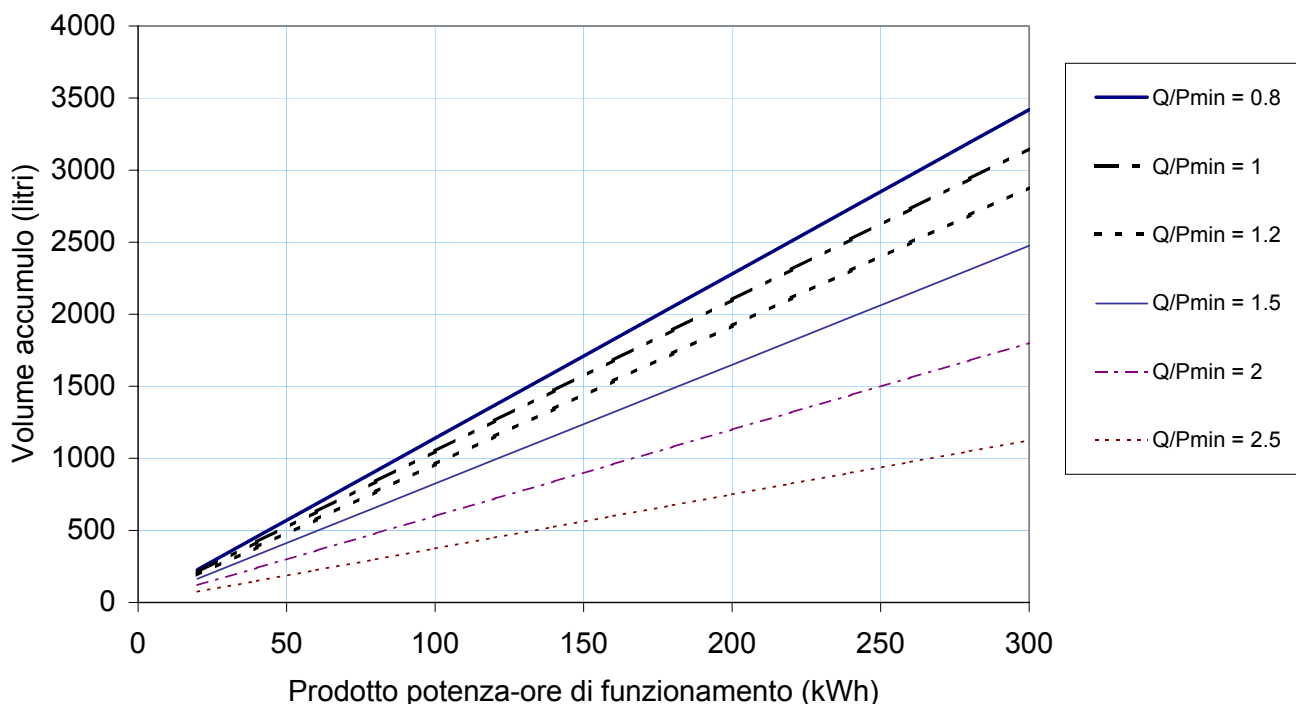
$$V_{sp} = 60 m [1 - 0.3(Q/P_{min})]$$

in cui  $m$  rappresenta la carica massima dell'impianto, in kg.

Nel seguente diagramma è possibile ricavare immediatamente le dimensioni del serbatoio di accumulo partendo dai dati richiesti già per la formula precedente.

A titolo di esempio, si consideri una caldaia con potenza nominale utile  $P_u = 30$  kW che ha un periodo di combustione  $T_B = 6$  ore; essa ha un prodotto potenza-ore di funzionamento di  $6 \times 30 = 180$  kWh, che corrisponde ad una carica massima  $m = 45$  kg. Se la caldaia ha una potenza minima pari al 30 % della potenza nominale utile ( $P_{min} = 0,3 \times 30 = 9$  kW) e la potenza media richiesta dall'utenza è  $Q = 18$  kW, si ha  $Q/P_{min} = 2$  e il volume di accumulo necessario risulta di circa 1100 litri.

Volume di accumulo (litri)



## 5. DESCRIZIONE TECNOLOGIE ESISTENTI

I generatori di calore a legna sono generatori a tubi di fumo, che impiegano l'acqua come fluido termovettore. Sono riportate di seguito alcune indicazioni costruttive e funzionali.

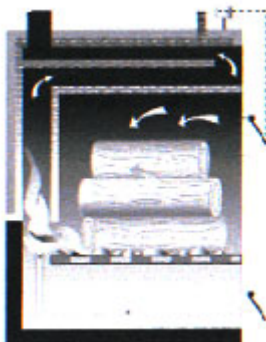
### 5.1 Modelli principali di caldaie a pezzi di legno

#### A combustione inversa

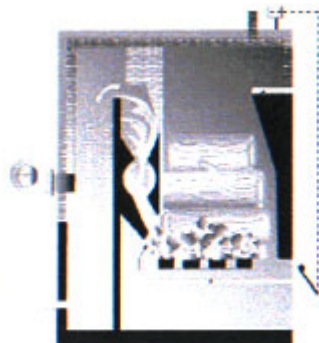
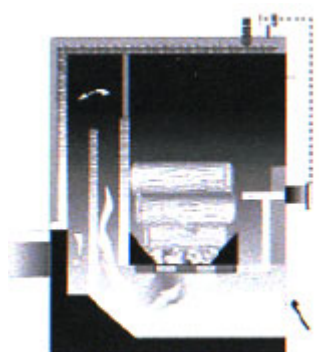


In queste caldaie la combustione non avviene totalmente nel deposito combustibile, ma in un condotto dove i fumi permangono per un tempo sufficiente.

#### A combustione orizzontale



Sono simili alle caldaie a combustione inversa ma in questo caso il condotto dove avviene la combustione secondaria ha un diverso sviluppo.

**A combustione inversa e ventilatore per la combustione secondaria**

**Con aspirazione dei fumi**


Gamma di potenza ottimale:	10-100 kW
Campo di regolazione della potenza:	15-100%
Umidità del combustibile sul tal quale $U_{tq}$	20-40%
Contenuto ceneri	fino a 10%
Rendimento	da 70 a 85%

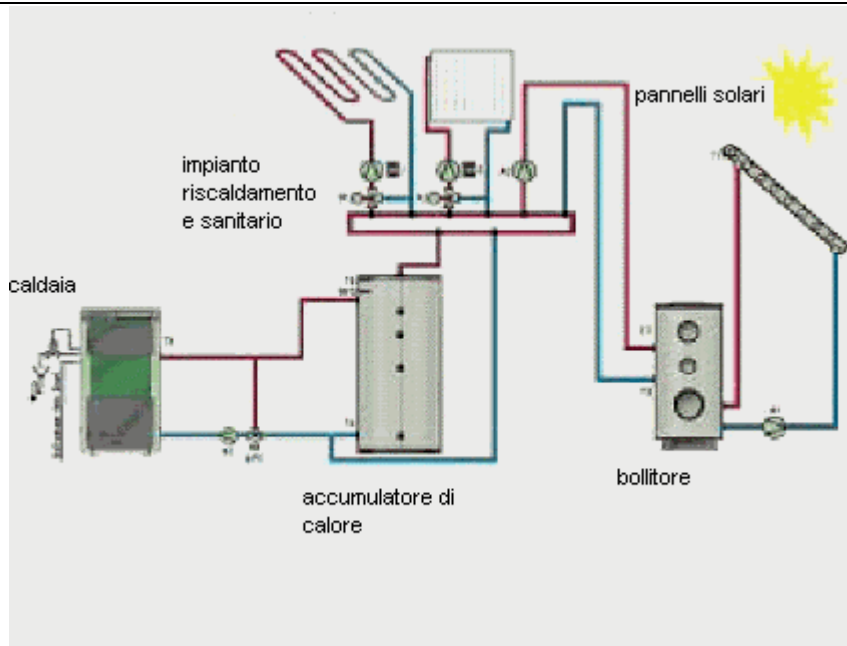
**5.2 Integrazione con l'impianto a pannelli solari**

L'integrazione dell'impianto a legna con uno a pannelli solari che provvede al fabbisogno di acqua sanitaria durante il periodo estivo risulta particolarmente indicata, in quanto permette di evitare di tenere in funzione la caldaia a legna in condizioni di carico molto basso.

Il calore prodotto nei mesi invernali viene comunque utilizzato per integrare la produzione di calore per riscaldamento.

Nelle località della Provincia di Torino è in genere disponibile, in località ben esposte, una energia solare annua dell'ordine di 1000 kWh sul piano orizzontale.

In figura è rappresentato un impianto a legna integrato per mezzo del bollitore alla caldaia a legna.



### 5.3 Regolazione della combustione

La regolazione riguarda sia la potenza erogata, sia la correttezza dei parametri di combustione (eccesso d'aria, incombusti).

Le moderne caldaie a legna possono essere dotate del dispositivo di ottimizzazione elettronica della combustione e di regolazione della potenza tramite sonda LAMBDA (sistema a regolazione residuo O<sub>2</sub> nei fumi). Questo dispositivo regola costantemente la potenza della caldaia e la produzione di calore.

Un fattore che influisce notevolmente sulla combustione è la forma costruttiva della camera di combustione, in cui deve avvenire la giusta mescolanza dell'aria preriscaldata e la portata, a seconda della potenza regolata, dell'aria primaria ed aria secondaria, che dà la combustione ottimale.

### 5.4 Note sulla estrazione delle ceneri

La quantità di ceneri dipende dalla tipologia di biomassa: il legno di faggio, ad esempio, senza la corteccia, produce lo 0,2% di cenere, mentre la corteccia di frassino ne produce il 7%.

In caso di combustibile con un contenuto di corteccia del 10% bisogna ricordare di aumentare la frequenza con la quale si svuota il contenitore delle ceneri.

## 6. MANUTENZIONE E INSTALLAZIONE

### 6.1 Il dimensionamento del deposito della legna (stoccaggio)

La dimensione del deposito della legna è influenzata da molti fattori:

- domanda di legna prevista,
- sua tipologia,

- affidabilità della distribuzione,
- spazio disponibile,
- dimensione dei mezzi di trasporto, ecc.

Per gli edifici già esistenti la soluzione più economica spesso consiste nell'adattare la modalità di fornitura del combustibile al locale di deposito esistente, invece di creare un nuovo magazzino. Riuscire a riempire più del 70% del volume del deposito disponibile è un compito difficile. Ne consegue che quando si deve procedere con la costruzione di un nuovo locale per lo stoccaggio della legna, questo deve garantire un volume utile che garantisca il fabbisogno di combustibile di almeno due settimane.

Nel caso di locale caldaia integrato in una villetta bi – familiare, poiché la legna da ardere risulta essere generalmente più economica durante la stagione estiva piuttosto che in inverno, potrebbe essere economicamente conveniente prevedere un volume di stoccaggio tale da soddisfare la quantità annuale di legna necessaria. Occorre anche prevedere le modalità di svuotamento del deposito in caso di necessità.

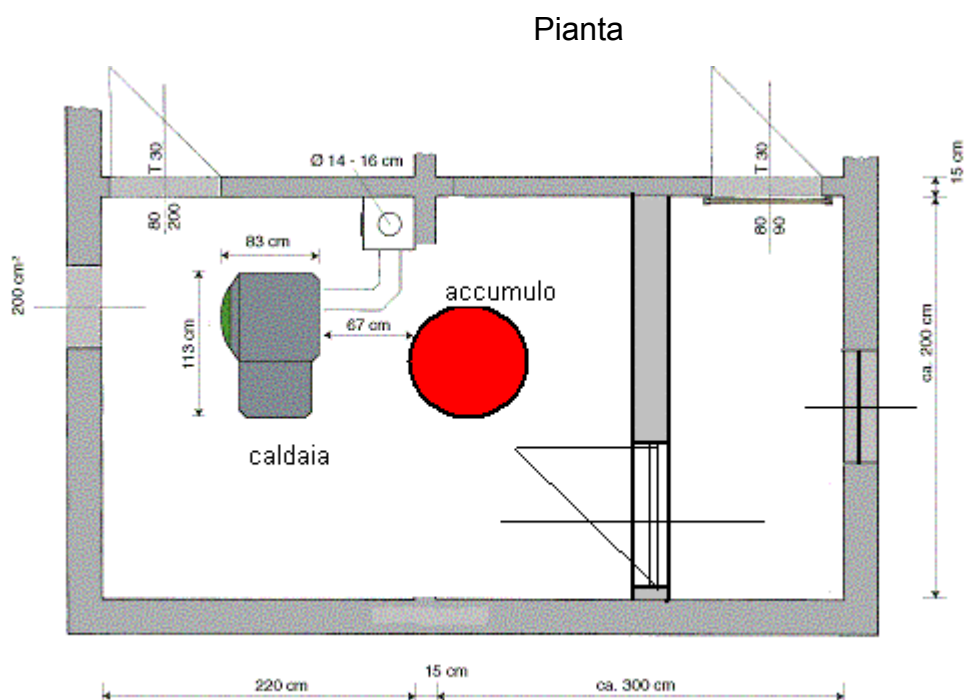
## Lo schema del deposito e del locale caldaia

Il locale caldaia e lo stoccaggio devono essere sempre separati per ragioni legate alla protezione dal fuoco. Si deve essere sicuri di disporre di un adeguato spazio intorno ai vari componenti in modo da consentire gli eventuali interventi di manutenzione e di riparazione.

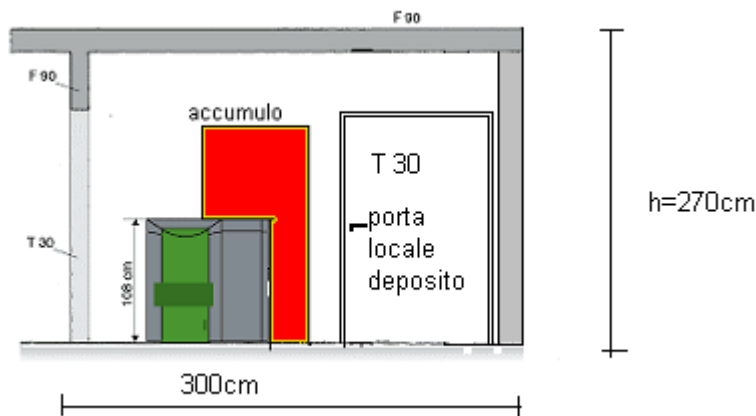
Il progetto del locale caldaia deve includere lo spazio per le normali operazioni sulla caldaia, per la manutenzione e la riparazione dell'impianto. Tra le attività che richiedono maggiore spazio ci sono quelle relative alla sostituzione dei focolari e della carica combustibile. Bisogna anche assicurarsi che ci sia adeguato spazio per la pulizia dei tubi dello scambiatore di calore (a meno che non sia disponibile un sistema automatico).

Il locale caldaia, per impianti del tipo e delle dimensioni esaminate, dovrebbe avere una superficie di circa 20 m<sup>2</sup>.

### Esempio di locale caldaia e deposito per potenza di 30kW



Sezione verticale



### I dispositivi di sicurezza dei depositi per il deposito della legna

I locali per lo stoccaggio della legna devono essere dotati di specifici dispositivi di sicurezza per prevenire problemi quali il danneggiamento dei locali, l'esplosione delle polveri e la degradazione del combustibile.

Un magazzino per la legna deve avere le seguenti caratteristiche:

- essere sempre asciutto;
- avere una porta del magazzino resistente al fuoco ed ermetica con assi di legno che proteggano la porta dalla pressione della legna;
- non avere alcuna installazione elettrica all'interno del deposito;
- avere pareti abbastanza resistenti da sopportare la pressione della legna;
- avere i muri resistenti al fuoco per almeno 90 minuti.

Almeno una volta all'anno bisogna procedere alla rimozione della polvere e dei residui che si accumulano.

### 6.2 L'esercizio e la manutenzione

Una condizione essenziale per la gestione e la manutenzione ottimale dei sistemi di riscaldamento a biomassa è la scelta corretta della taglia della caldaia. Il corretto dimensionamento porta a condizioni operative ottimali e riduce l'esigenza di rimozione delle ceneri, di pulizia della camera di combustione e del numero di avarie dovute carichi troppo bassi.

Il tempo di lavoro di manutenzione richiesto dipende da diversi fattori di controllo, per esempio se il ricevimento del combustibile può essere svolto senza la presenza di personale, se il combustibile causa interruzioni nel sistema di alimentazione, se parte della supervisione può essere effettuata da sistemi di controllo a distanza, dalla tipologia di combustibile utilizzato. Le attività comprendono:

- controllo visivo della caldaia – due volte a settimana;
- regolazioni e interventi di piccola manutenzione;

- acquisto del combustibile;
- gestione e smaltimento delle ceneri.

Il tempo necessario per la gestione e la manutenzione di impianti per il riscaldamento di edifici dipende dalla taglia dell'impianto e dal consumo di combustibile. Mediamente occorre impiegare circa 5 ore a settimana per gli impianti a legna. Conoscendo il consumo, il tipo di combustibile e la taglia dell'impianto è possibile stimarne l'ammontare impiegando la tabella 2.

Combustibile	Tempo di gestione e manutenzione	
	per consumo di combustibile	per capacità installata
Pezzi di legna	5 min/GJ*	20 min/settimana per 10 kW

\* si ricorda che 1 GJ di legna con potere calorifico di 4000 kcal/kg corrisponde a una massa di 60-70 kg.

Ci sono diverse modalità per limitare la richiesta di lavoro. A titolo di esempio si può:

- affidare la gestione e la manutenzione ad una società di servizio energetico;
- dotarsi di sistemi automatici di rimozione delle ceneri e di pulizia degli scambiatori di calore;
- lasciare ai fornitori della legna l'approvvigionamento del combustibile con frequenza determinata dalla conoscenza diretta del fabbisogno;
- affidare a tecnici specializzati la regolare pulizia dell'impianto.

Molti problemi possono essere evitati se la persona responsabile della caldaia riceve adeguate istruzioni dal fornitore dell'impianto, dall'installatore o dal consulente all'avviamento dell'impianto.

Queste istruzioni dovrebbero riguardare:

- gli interventi giornalieri
- le persone da contattare per le consulenze
- gli errori più frequenti
- le modalità di avviamento dell'impianto
- come individuare i guasti
- la regolazione della combustione
- le prescrizioni vigenti sulla manutenzione periodica ordinaria (controllo fumi, verifica del rendimento di combustione).

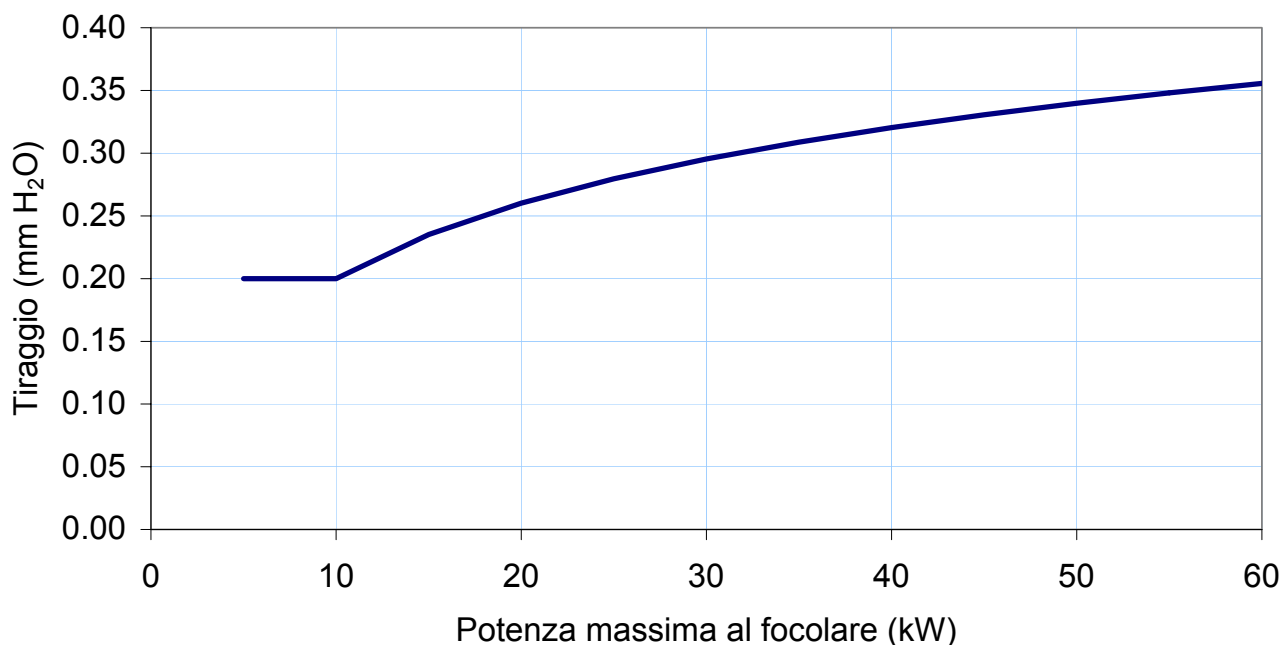
### 6.3 Camino per gas di scarico

Per realizzare un camino a regola d'arte bisogna, sia nel caso di ristrutturazioni di case esistenti che per nuove realizzazioni, garantire una certa capacità di resistere alla corrosione operata dalle condense dei fumi, e inoltre rendere agevole la pulizia dei residui solidi dei fumi.

Particolarmente indicati, specialmente per queste caldaie, risultano i camini realizzati in acciaio e coibentati.

Il camino va dimensionato in modo che il tiraggio, espresso come differenza fra la pressione interna alla base del camino e la pressione esterna, assuma il valore di riferimento riportato nel grafico successivo, come previsto dalla norma EN303-5, e possibilmente non superi tale valore.

Tiraggio massimo  
per caldaie a legna di potenza inferiore a 60 kW



## 6.4 Vaso di espansione

Deve essere interpretato come sistema di sicurezza, in quanto questo dispositivo ha la funzione di rendere possibile lo sfogo per evaporazione superficiale dell'eventuale, non previsto, aumento di temperatura del fluido termovettore e successiva evaporazione.

Da notare che in questa ottica agiscono anche gli accumulatori di calore e i sistemi di scambio termico di sicurezza presenti all'interno delle stesse caldaie.

Serve particolarmente per le caldaie meno regolabili, dove le variazioni di temperatura dipendono molto da quando si è caricata la caldaia e dai sistemi di accumulo del calore.

La presenza nell'impianto è obbligatoria, secondo quanto stabilito dal DM 1.12.1975.

In particolare:

- per impianti con potenza >35 kW si devono installare solo vasi di espansione aperti
- per impianti con potenza <35 kW non vi sono indicazioni specifiche

Sono in fase di realizzazione norme e leggi per adattare queste norme alle esigenze attuali degli impianti, in particolare la raccolta delle norme ISPESL "R".

## 7. NORMATIVA DI RIFERIMENTO PER L'UTILIZZAZIONE DEL LEGNO COME COMBUSTIBILE

- Legno da ardere. Classificazione (UNI 9016/87)
- Legno da ardere. Determinazione delle caratteristiche energetiche (UNI 9017/87)

- Sottoprodotti e residui agricoli. Classificazione e determinazione delle caratteristiche energetiche (UNI 9220/88)
- Forni di incenerimento di rifiuti solidi urbani ed assimilabili con recupero di calore. Determinazione delle prestazioni energetiche (UNI 9246/88)
- Biomasse. Determinazione dell'azoto totale (Unichim-CTI) (UNI 9249/88)
- Biomasse. Determinazione del carbonio e dell'idrogeno (Unichim-CTI) (UNI 9250/88)
- Impianti di gassificazione per combustibili solidi non minerali. Classificazione e prescrizioni per il collaudo (UNI 9254/89)
- Forni di incenerimento per rifiuti speciali ospedalieri. Offerta, fornitura e collaudo (UNI 9720/90)
- Impianti di incenerimento di rifiuti speciali. Offerta, fornitura e collaudo (UNI 9496/91)
- Termocaminetti a legna con fluido a circolazione forzata. Requisiti e prove (UNI 9841/91)
- Combustibili solidi non minerali ricavati da rifiuti (RDF) (UNI 9903/92).
  - o Classificazione e requisiti (Parte I)
  - o Termini e definizioni (Parte II)
  - o Indicazione di base per il campionamento sistematico dei combustibili (Parte III)
  - o Determinazione della pezzatura (Parte IV)
  - o Determinazione del potere calorifico del combustibile (Parte V)
  - o Determinazione del carbonio e dell'idrogeno (Parte VI)
  - o Misura dell'umidità totale in un campione di combustibile (Parte VII)
  - o Determinazione delle sostanze volatili (Parte VIII)
  - o Determinazione delle ceneri nel combustibile (Parte IX)
  - o Determinazione delle varie forme di cloro esistenti nel combustibile (Parte X)
  - o Determinazione dell'azoto totale nel combustibile (Parte XI)
  - o Preparazione dei campioni di combustibile per l'analisi dei metalli (Parte XII)
  - o Metodi per l'analisi dei metalli nei combustibili con la spettrofotometria in assorbimento atomico (Parte XIII)
- Impianti per la combustione della lolla di riso (UNI 10143/92)
- Generatori di calore alimentati con combustibili solidi provenienti dalla lavorazione dei residui agricoli e/o forestali. Definizioni, prove termiche e requisiti (UNI 10201/92)
- Residui di combustione della lolla di riso. Caratteristiche (UNI 10377/94)
- Sistemi di combustione per rifiuti solidi urbani ed assimilabili. Regole per la progettazione, l'offerta, l'ordinazione, la fornitura ed il collaudo. (UNI 10378/94)
- EN 303-5 – Generatori di calore per combustibili solidi fino a 300 kW, 1999.