

Produrre calore dai pellet con bassi livelli di emissioni

Misura delle emissioni di caldaie a pellet di potenza termica compresa fra 50 e 500 kW_t funzionanti in condizioni reali

Andrea Piazzalunga, Massimo Baggi, Battista Nicoli (Water & Life Lab)

Paolo Giarda, Edoardo Finzi (Carbotermo SpA)

Introduzione

L'utilizzo della legna ai fini del riscaldamento domestico è una delle pratiche che, soprattutto nei centri urbani, è fortemente messa in discussione a causa del suo impatto sulla qualità dell'aria. Se da un lato questo combustibile è rinnovabile, dall'altro il suo utilizzo è stato dimostrato contribuire in modo significativo all'inquinamento atmosferico anche nei centri urbani delle città lombardeⁱ.

Il Piano Energetico Nazionale prevede che nel 2020 la combustione di biomassa legnosa contribuirà per oltre il 25% della quota di energia rinnovabile termica utilizzata sul territorio nazionaleⁱⁱ, sullo stesso piano si legge infatti: *“rispetto alle rinnovabili elettriche, quelle termiche risultano in generale più efficienti e meno costose per il raggiungimento degli obiettivi europei (in termini di costo per tonnellata di CO₂ evitata o di costo per kWh di energia finale prodotta), e comportano benefici significativi di risparmio combustibile per il consumatore finale (ad esempio attraverso il riscaldamento a biomassa), e per il Paese nel suo complesso (riduzione import di combustibili fossili)”*ⁱⁱⁱ.

Contemporaneamente i governi locali e regionali stanno predisponendo delle specifiche norme per limitare l'utilizzo della combustione della legna ai fini energetici negli impianti civili, il recente accordo siglato dalle regioni del bacino padano, ad esempio, prevede delle limitazioni nell'installazione di generatori di calore alimentati a biomassa legnosa che non garantiscano bassi livelli emissivi, tali limitazioni si inaspriscono nelle aree geografiche caratterizzate da frequenti superamenti dei limiti di inquinamento atmosferico^{iv}.

La stima del contributo della combustione della legna all'inquinamento atmosferico

Per valutare il contributo delle diverse sorgenti di inquinamento atmosferico le Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente hanno sviluppato degli strumenti modellistici denominati “Inventari delle emissioni” che permettono di individuare, per ciascuna fonte, il tipo di inquinante, la quantità emessa e la localizzazione. In Lombardia viene utilizzato INEMAR (INventario EMissioni ARia)^v, in questo numero di Agriforenergy lo staff di ARPA Lombardia fanno una disamina approfondita sul funzionamento di questi strumenti modellistici.

Allo stato attuale le principali tipologie di impianti installati che utilizzano la legna per la produzione di energia termica sono: **piccoli impianti domestici** condotti manualmente che diffondono il calore per irraggiamento con potenza termica inferiore ai 36 kW e **impianti medio/grandi** in grado di generare una potenza termica compresa tra 36 e 500 kW_t.

Come illustrato nell'articolo ARPA Lombardia questa tipologia è caratterizzata da una grande varietà di apparecchiature molte delle quali (> 60%) con un basso livello tecnologico (stufa tradizionale / camino aperto) e con livelli emissivi elevati, in questi impianti le emissioni possono variare da 76 a 870 grammi di particolato per ogni GJ di energia termica prodotta.

La seconda tipologia categoria raggruppa impianti che sono al servizio di edifici pubblici o di piccoli agglomerati di edifici privati, equipaggiati con sistemi di controllo della combustione e dotati di sistemi di accumulo inerziale in modo da limitare il numero di cicli di accensione e spegnimento della caldaia. Questi impianti per poter accedere ai sistemi incentivanti attualmente vigenti devono dimostrare la conformità rispetto ai dei limiti che vanno via via diventando sempre più stringenti. La Regione Lombardia ha recentemente emanato una delibera di giunta (d.G.R. 3/10/2016, n.5656) che fissa i parametri emissivi per la classificazione degli impianti di produzione del calore alimentati con biomassa legnosa (Tabella 1), tale classificazione ad oggi comprende solo gli impianti di potenza termica inferiore a 35 kW ma è ragionevole ritenere che tali limiti in futuro vengano estesi anche agli impianti fino ai 500 kW.

Tabella 1: classificazione delle caldaie (alimentate a pellet o cippato UNI EN 303-5:2012) contenuta nell'allegato 2 della d.G.R. 3/10/2016, n. 5656

	PP (mg/Nm ³)	COT (mg/Nm ³)	NOx (mg/Nm ³)	CO (mg/Nm ³)	Rendimento (%)
5 stelle	10	5	120	25	92
4 stelle	15	10	130	100	91
3 stelle	20	15	145	250	90
2 stelle	40	20	200	300	90

Allo stato attuale gli inventari delle emissioni non riescono a distinguere all'interno della macro categoria "combustione della legna" quale sia il contributo all'inquinamento atmosferico derivante dai piccoli impianti domestici rispetto a quello dovuto alla presenza di impianti centralizzati di potenza termica superiore ai 50 kW. Nell'ultima revisione pubblica di INEMAR le categorie di impianti considerate, oltre ai piccoli impianti domestici, sono le seguenti:

- "Caldaie con potenza termica minore 50 MW legna e similari"
- "Stufa o caldaia innovativa legna e similari".

Le tipologie di impianti con potenza termica compresa fra 50 e 500 kW è mal rappresentata nelle categorie attualmente in uso negli inventari delle emissioni.

La determinazioni delle emissioni in impianti funzionanti in condizioni reali

Carbotermo SpA è una società che dal 2012 progetta e realizza impianti di riscaldamento al servizio di edifici di medio grande dimensione (condomini da 52 kW a 1 Mw) alimentati a pellet, principalmente nell'area della città di Milano, in sostituzione di vecchi impianti alimentati a gasolio.

Con l'obiettivo di investigare quale siano le emissioni di questi impianti nelle condizioni di funzionamento reale Carbotermo SpA in partnership con KWB Italia ha finanziato degli interventi per monitorare le emissioni dei propri impianti, le determinazioni analitiche sono state affidate alla Water & Life Lab, laboratorio accreditato in conformità alla UNI CEI EN ISO/IEC 17025 specializzato nell'analisi delle emissioni.

BOX

Impianti scelti per la verifica delle emissioni in condizioni di utilizzo reali

(potenza termica compresa fra 50 e 500 kW_t)

KWB 52 kW – Deposito Carbotermo (Pero – MI)

La caldaia è al servizio degli uffici del deposito Carbotermo di 1.200 m³ lordi, è dotata di accumulo di acqua da 1200 litri.

KWB 115 kW – Via Melegnano 2 (Siziano – PV)

La caldaia è al servizio di un condomino da n°22 appartamenti (5000 m³), è dotata di accumulo di H₂O da 2500 litri.

KWB 135 kW – Via Arena 25 (Milano)

La caldaia è al servizio di un condomino da n°52 appartamenti pari ad un volume riscaldato 18.000 m³ lordi, è dotata di accumulo di H₂O da 6000 litri. 2 caldaie da 135 KW cadauna. Circuito primario dotato di valvola tre vie. Scambiatore a piastre e circuito secondario miscelato.

Le due caldaie presenti confluiscono in un unico condotto fumario, durante il campionamento è stata fatta funzionare solo una delle due caldaie presenti.

Hertz 500 kW – Ospedale di Mortara (PV)

La caldaia è al servizio dell'Ospedale di Mortara con un volume riscaldato pari a 54.791 m³ lordi e dotata di accumulo di acqua da 10.000 litri.



Figura 1: verifica delle emissioni in una caldaia a pellet

Per verificare anche l'utilità di un sistema di trattamento delle emissioni per l'abbattimento degli inquinanti su questa tipologia di impianti, l'intervento sull'impianto da 52kW di potenza è stato ripetuto dopo l'installazione di un filtro a maniche. Durante tutti i test il combustibile utilizzato è stato pellet certificato di classe ENplus-A1 secondo la norma ISO 17225. Questa tipologia di pellet è quella normalmente utilizzata da Carbotermo S.p.A. in tutti i suoi impianti.

In assenza di una normativa tecnica di riferimento per il controllo delle emissioni sono state applicate le linee guida che AIEL in collaborazione con la Stazione Sperimentale del Vetro ha redatto per la verifica delle emissioni degli impianti di potenza termica superiore a 500 kW. Per ogni impianto la durata della determinazione analitica è stata di almeno 6 ore, in ogni test è stata campionata anche la fase di accensione che, come noto, è la più critica dal punto di vista emissivo, i parametri determinati sono quelli previsti dalle linee guida AIEL^{vi} e dal D.Lgs 152/2006 per gli impianti a combustione di legna. In aggiunta ai parametri quali: Polveri Totali, Carbonio Organico Volatile, Ossidi di Combustione (NOx, CO, SO₂), sono stati determinati i microinquinanti organici e la caratterizzazione chimica del particolato emesso (Idrocarburi Policiclici Aromatici, Metalli, Carbonio Organico ed Elementare).

BOX

I risultati completi della verifica delle emissioni effettuata su caldaie a pellet di potenza termica compresa fra 50 kW e 500 kW sono liberamente consultabili sul sito <http://www.carbotermo.com/>

La concentrazione di polveri alle emissioni, durante l'intero ciclo di combustione, in tutti gli impianti sottoposti a verifica è risultata essere prossima a 10 mg/Nm³ (Tabella 2) valore consentito per la "classe 5 stelle" nella classificazione proposta dalla Regione Lombardia (tabella 1), anche le concentrazioni di Carbonio Organico Volatile (OCG) e di monossido di carbonio (CO) sono risultate essere conformi alle "classe 5 stelle".

L'utilizzo del filtro a maniche porta a ridurre la concentrazione delle particelle emesse di circa il 90%. La concentrazione di Particolato Primario (PP) emessa da una caldaia equipaggiata con un filtro a maniche è il 10% rispetto a quello massimo consentito per la "classe 5 stelle" della classificazione della Regione Lombardia. Circa il 20% delle particelle, rispetto al totale emesso, viene generato durante la fase di avvio dell'impianto, questo dato si amplifica ulteriormente quando si utilizza un filtro a maniche, in questo caso oltre il 40% delle particelle viene generato nella prima fase di combustione.

Tabella 2: concentrazioni medie in mg/Nm³ degli inquinanti (nel calcolo della media è stata esclusa la fase di accensione, le concentrazioni sono riferite ad una percentuale di ossigeno libero nei fumi pari all'13%)

		52kW (con filtro a maniche)	52 kW	115 kW	500 kW
Polveri	(mg/Nm ³)	1.0	12.4	11.4	9.2
C.O.T.	(mg/Nm ³)		3.2	3.7	3.5
Monossido di Carbonio	(mg/Nm ³)		6.0	3.6	28
Ossidi di Azoto (NOx)	(mg/Nm ³)		166	141	118

In **Tabella 3** sono riportati i fattori di emissioni del Particolato Totale calcolati per l'impianto di piccola taglia (52 kW) e per l'impianto di media taglia (115 kW), si nota come questa tipologia di impianti garantisca dei fattori di emissione che sono rispettivamente il 75% e l'87% inferiori rispetto a quelli riportati da Marongiu e altri per i piccoli impianti domestici. Questo divario aumenta ulteriormente se si scorpora il contributo della fase di avvio dell'impianto. Per l'impianto dotato di filtro a maniche il fattore di emissione delle polveri è risultato essere circa il 2% rispetto al più basso fattore di emissione mostrato da ARPA Lombardia. Questo significa che servono oltre 650 caldaie (dotate di filtro a maniche) per produrre la stessa quantità di Particolato Primario prodotta da un caminetto, se il confronto con il caminetto può sembrare forviante

è sufficiente notare che 50 caldaie dotate di filtro a maniche producono la stessa quantità di polvere del più avanzato piccolo apparecchio (BAT).

Nel confronto con i fattori di emissione del PP (Particolato Primario) presentati da ARPA Lombardia è necessario considerare che i valori misurati in questo lavoro sono sottostimati della frazione condensabile che invece è compresa nei valori presentati da ARPA. La frazione che può condensare è compresa nei OCG , ipotizzando lo scenario peggiore con la condensazione della totalità di questi composti le considerazioni fatte continuerebbe ad essere valide.

Tabella 3: fattori di emissioni per le polveri totali.

		52 kW	52 kW Con filtro a maniche	115 kW
PP (g/GJ)	Intero ciclo di combustione	15	1.8	8.1
	Senza fase di accensione	13	1.1	6.5

Oltre che per l'emissione di PP la combustione del legno emette microinquinanti organici (Idrocarburi Policiclici Aromatici, Diossine) composti pericolosi per la salute umana che si generano in tutti i processi di combustione incompleta di combustibili solidi o liquidi, Valer Francescato affronta il problema con un articolo sullo speciale emissioni di Agriforenergy (riferimento). L'accordo del bacino padano^{iv} pone una particolare attenzione per quelle aree dove si osservano frequenti superamenti del limite di concentrazione del Benzo(a)Pirene, l'Idrocarburo Policiclico Aromatico che viene assunto come "rappresentante" della famiglia dei microinquinanti organici. Per l'impianto da 52 kW è stata eseguita una caratterizzazione approfondita dei microinquinanti organici, mentre per tutte le altre prove sono stati determinati solo i composti presenti in forma solida, i dati completi sono disponibili sul sito <http://www.carbotermo.com/>.

In **Tabella 4** sono riportati i fattori di emissione del Benzo(a)Pirene, l'introduzione del filtro a maniche porta ad una riduzione di oltre il 75% dei microinquinanti organici emessi. Il fattore di emissione per il Benzo(a)Pirene misurato sull'impianto da 52 kW è molto inferiore rispetto a quelli attualmente utilizzati da INEMAR (Figura 2).

Anche per i micro inquinati organici la prima fase della combustione è quella più critica, circa il 50% di questi composti viene infatti emesso durante la prima mezz'ora di funzionamento dell'impianto (Figura 3).

Tabella 4: fattori di emissione per il Benzo(a)Pirene

		52 kW	52 kW Con filtro a maniche
Benzo(a)Pirene (mg/GJ)	Intero ciclo di combustione	0.37	0.05
	Esclusa la fase di accensione	0.22	0.03

Fattori di emissione del Benzo(a)Pirene

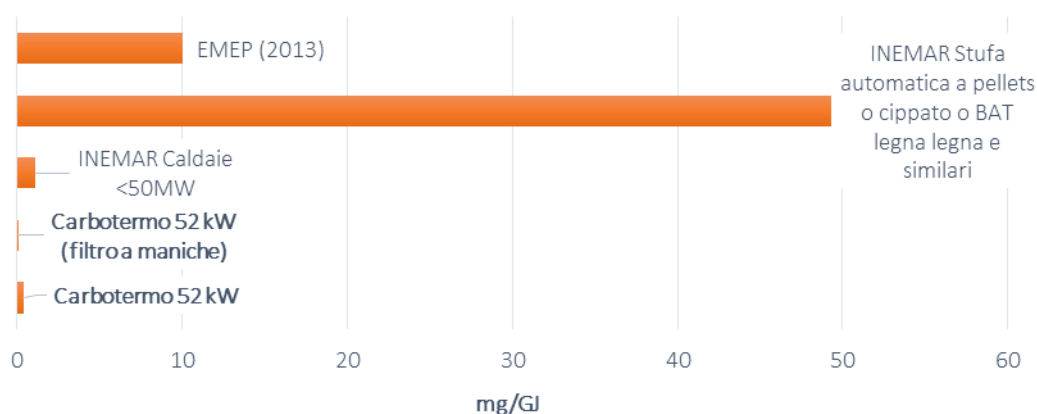


Figura 2: confronto fra i Fattori di Emissione del Benzo(a)Pirene

Emissione di Idrocarburi Policiclici Aromatici

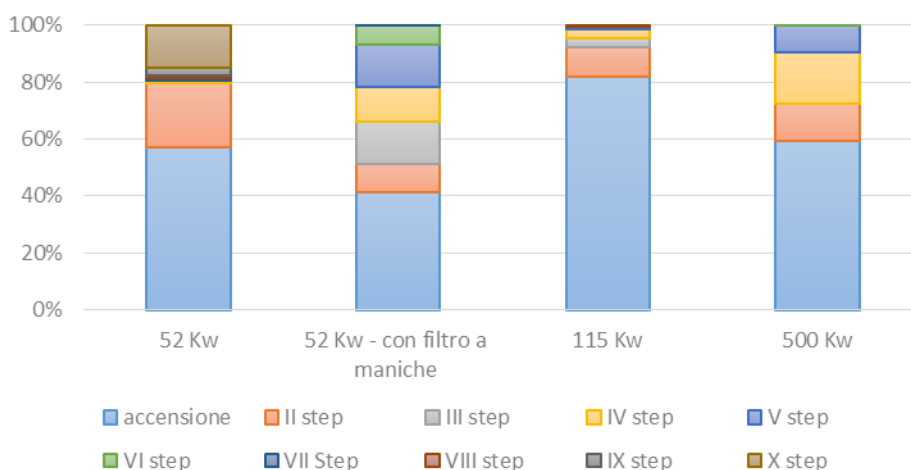


Figura 3: emissioni di Idrocarburi Policiclici Aromatici nelle diverse fasi della combustione

Sia per le polveri che per i microinquinanti inquinanti organici il contributo della fase di accensione è significativo; per diminuire la concentrazione di inquinanti nelle emissioni è importante applicare una corretta filosofia impiantistica, non è sufficiente avere una macchina performante, ma è necessario inserirla in un contesto che le permetta di lavorare al meglio, è necessario ridurre al minimo il numero di accensioni disaccoppiando la dinamica dei consumi energetici dell'utenza finale con l'andamento delle combustione che deve poter funzionare nelle migliori condizioni di stabilità e per il tempo più lungo possibile, per poter ottenere questo risultato è necessario dotare gli impianti di sistemi di accumulo di acqua calda sufficientemente grandi per poter garantire il soddisfacimento delle richieste di energia senza sottoporre a stress la caldaia. Con la corretta progettazione dell'impianto è possibile ottenere 1 ciclo di accensione al giorno nel periodo di maggiore intensità di utilizzo contro 50-70 cicli necessari in un impianto alimentato a gasolio. Dai risultati emersi dal controllo delle emissioni di caldaie di potenza compresa fra i 50 kW_t e i 500 kW_t alimentate a pellet emerge che, questa tecnologia, se utilizzata nel modo corretto, può rappresentare la via "pulita" di generazione del calore da combustione del legno. Vista la potenzialità e le performance di questa tecnologia potrebbe essere utile che questi generatori di calore con camera di combustione adiabatica che utilizzano l'acqua come fluido termovettore alimentati a

pellet trovassero un proprio posto all'interno degli inventari delle emissioni e non finissero inglobati, come accade oggi, nella macro famiglia "combustione del legno".

Incentivare l'utilizzo della legna ai fini energetici significa sviluppo dell'occupazione, tutela del territorio, lotta ai cambiamenti climatici, perché tutto ciò non confligga con la salubrità dei centri urbani è necessaria una politica che premi le tecnologie più promettenti a discapito delle altre. Per poterlo fare il legislatore deve disporre di informazioni che siano veritiere, non è possibile che tecnologie che hanno fattori di emissioni che differiscono per uno o più ordini di grandezza vengano equiparati fra di loro. Sarebbe come considerare equivalenti le auto a metano e le auto diesel semplicemente perché entrambe alimentate da un combustibile fossile.

Per meglio descrivere la sorgente "combustione del legno" è necessario a nostro avviso introdurre all'interno degli inventari delle emissioni una suddivisione fra impianti alimentati a ciocchi di legna e impianti a pellet, fra quelli che trasmettono il calore per irraggiamento e quelli che utilizzano l'acqua come fluido termovettore, considerando non solo il generatore, che rimane un elemento essenziale dell'impianto, ma anche le altri componenti che consentono al generatore di funzionare in modo ottimale.

ⁱ Piazzalunga, A., Belis, C., Bernardoni, V., Cazzuli, O., Fermo, P., Valli, G., Vecchi, R., Estimates of wood burning contribution to PM by the macro-tracer method using tailored emission factors (2011) Atmospheric Environment, 45, 6642-6649

ⁱⁱ Castellani, V., Piazzalunga, A., Sala, S., Research findings and decision making: the case of renewable energy (2013) Environmental Sciences Europe 25, 22 DOI: 10.1186/10.1186/2190-4715-25-22

ⁱⁱⁱ Strategia Energetica Nazionale: per un'energia più competitiva e sostenibile (2013) http://www.sviluppoeconomico.gov.it/images/stories/normativa/20130314_Strategia_Energetica_Nazionale.pdf

^{iv} NUOVO ACCORDO DI PROGRAMMA PER L'ADOZIONE COORDINATA E CONGIUNTA DI MISURE PER IL MIGLIORAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA NEL BACINO PADANO <http://www.regione.lombardia.it/wps/wcm/connect/5f880847-0a8c-4f20-b220-0685af81d03c/allegato+dgr+6675.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=5f880847-0a8c-4f20-b220-0685af81d03c>

^v www.inemar.eu

^{vi} Protocollo Tecnico Misura in opera del rendimento e delle emissioni di impianti termici – AIEL dicembre 2015