



## Studio comparativo sulle emissioni di apparecchi a gas, GPL, gasolio e pellet ed effetto dell'invecchiamento

### Premessa

L'indagine di Innovhub - Stazioni Sperimentali per l'Industria "Studio comparativo sulle emissioni da apparecchi a gas, GPL, gasolio e pellet" parte dalla considerazione che il settore del riscaldamento ha un ruolo significativo nel produrre quelle emissioni inquinanti in atmosfera che generano rilevanti problemi di qualità dell'aria in molte aree italiane con frequenti periodi di crisi, che si collocano sempre durante la stagione invernale, quando gli impianti di riscaldamento sommano il proprio contributo a quelli del traffico e delle emissioni industriali. La rielaborazione delle serie storiche (ISPRA, 2016<sup>1</sup>) delle emissioni totali dei differenti settori ha condotto ad una significativa rivalutazione del peso del riscaldamento domestico, in particolare modo per quanto riguarda il particolato (PM), gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e le diossine (PCDD-PCDF). Uno studio modellistico (ENEA, 2015<sup>2</sup>) ha evidenziato l'impatto negativo che le attuali politiche di decarbonizzazione basate, tra l'altro, sull'incentivazione dell'utilizzo delle biomasse hanno sulla qualità dell'aria. La validità di queste stime e di questi risultati si basa sull'attendibilità dei dati relativi alle emissioni utilizzate nei calcoli; emissioni che devono essere sperimentalmente determinate e periodicamente aggiornate sulla base dell'evoluzione tecnologica degli impianti e della qualità dei combustibili.

### Lo Studio Innovhub – SSI

Lo studio ha come principale oggetto la **comparazione delle caratteristiche emissive (PM, CO, NOx, SOx, IPA) di piccoli apparecchi per utenze domestiche** per il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria alimentati con diversi combustibili; esso si è focalizzato per la prima parte sui seguenti punti:

- Misurazione sperimentale delle emissioni di macro e micro inquinanti prodotte da caldaie murali a condensazione alimentate a gas naturale e a GPL
- Individuazione dei fattori di emissione di riferimento per tutti i combustibili da riscaldamento utilizzati in Italia (gas naturale, GPL, gasolio, pellet, legna da ardere)<sup>3</sup>.
- Confronto delle **emissioni delle stufe a pellet in relazione alla qualità degli apparecchi ed alla qualità del combustibile utilizzato**; sono state oggetto di prova due stufe a pellet, una di gamma medio-alta classificabile nella **categoria 4 stelle** secondo il DGR 5656 (Regione Lombardia), fra le più vendute in Italia, l'altra di tipo economico venduta nella grande distribuzione, classificabile nella **categoria 3 stelle** secondo il DGR 5656 (Regione Lombardia). Ciascuna di queste stufe è stata testata sia con **pellet di classe A1** (la qualità più elevata disponibile sul mercato) sia con **pellet di classe A2** (pellet di minor qualità)<sup>4</sup>.

I principali risultati della prima parte dello studio, espressi in termini di fattori di emissione sono riassunti in Tabella1.

<sup>1</sup> Italian Emission Inventory 1990-2014- Informative Inventory Report 2016 – ISPRA Istituto Superiore per la protezione e la Ricerca Ambientale

<sup>2</sup> Gli impatti energetici e ambientali dei combustibili nel settore residenziale – ENEA, 2015

<sup>3</sup> Gli intervalli dei fattori di emissione individuati in letteratura sono consultabili nell'Extended Summary Report pubblicato del presente studio

<sup>4</sup> La classificazione del pellet segue la norma UNI EN ISO 17225-2:2014

Tabella 1 Fattori di emissione misurati nello studio Innovhub-SSI

Combustibile	CO g/GJ	NOx g/GJ	SOx g/GJ	COV g/GJ	PM g/GJ	IPA benzo(a)pirene $\mu\text{g}/\text{MJ}$	NOTE
Gas Naturale	56.6	32.3	0.3 <sup>a</sup>	<0.15	<0.04	<0.08	<sup>a</sup> valore medio di letteratura
GPL	47.8	22.6	2.2 <sup>b</sup>	<0.15	<0.04	<0.08	<sup>b</sup> elaborazione ISSI sulla base di dati di specifica
Gasolio	3.7 <sup>c</sup>	34 <sup>c</sup>	19.3 <sup>c</sup>	1.1 <sup>c</sup>	0.1 <sup>c</sup>	0.08 <sup>a</sup>	<sup>c</sup> dati ISSI su caldaie di potenza >150 kW <sup>a</sup> valore di letteratura
Legna	5862 <sup>d</sup>	122 <sup>d</sup>	10.7 <sup>d</sup>	536 <sup>d</sup>	254 <sup>d</sup>	68.7 <sup>d</sup>	<sup>d</sup> dati ISSI
Pellet A1 stufa 4 stelle	175.6	135.9	6.87 <sup>e</sup>	6.7	23.9	0.22	<sup>e</sup> valore teorico sulla base del contenuto di zolfo
Pellet A1 stufa 3 stelle	141.4	118.2	6.87 <sup>e</sup>	40.5	44.1	0.18	<sup>e</sup> valore teorico sulla base del contenuto di zolfo
Pellet A2 stufa 4 stelle	236.1	166.3	12.8 <sup>e</sup>	8.2	83.8	0.1	<sup>e</sup> valore teorico sulla base del contenuto di zolfo
Pellet A2 stufa 3 stelle	625.7	233.2	12.8 <sup>e</sup>	223.8	82.9	0.94	<sup>e</sup> valore teorico sulla base del contenuto di zolfo

La seconda parte dello studio si è incentrata su:

- Effetto dell'invecchiamento e della manutenzione degli apparecchi a pellet sulle emissioni inquinanti da essi prodotte
- Effetti sulla qualità dell'aria locale in prossimità della sorgente

I principali risultati della seconda parte dello studio sono riportati nella Tabella 2 che mostra le concentrazioni di inquinanti espresse in  $\text{mg}/\text{Nm}^3$  al 13% di  $\text{O}_2$  misurate in questo studio sugli apparecchi nuovi (ante), dopo un invecchiamento equivalente ad un anno termico di funzionamento (stag.1) e dopo un ulteriore invecchiamento equivalente ad un altro anno (stag.2) con un intervento di manutenzione intermedio tra il primo e secondo.

Per quanto riguarda il PM, che rappresenta l'inquinante di maggior rilievo, le medesime concentrazioni, mediate per tipologia di combustibile e per tipologia di apparecchio sono messe a confronto nel grafico in Figura1. Nel grafico in Figura 2 sono evidenziate le concentrazioni di Benzo(a)Pirene (B[a]P) per i diversi combustibili e i diversi apparecchi.

Tabella 2 Emissioni misurate nello studio Innovhub-SSI

Combustibile		CO $\text{mg}/\text{Nm}^3$	NOx $\text{mg}/\text{Nm}^3$	COV $\text{mg}/\text{Nm}^3$	PM $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	IPA benzo(a)pirene $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
Pellet A1 stufa 4 Stelle	Ante	209,1	161,8	7,9	28,5	0,26
	Stag. 1	969,0	102,0		67,0	
	Stag. 2	4205,6	112,1	61,2	83,9	16,6
Pellet A1 stufa 3 Stelle	Ante	168,4	140,8	48,2	52,5	0,2
	Stag. 1	5815,0	93,0		265	
	Stag. 2	180,0	139,5	2,3	33,7	1,0
Pellet A2 stufa 4 Stelle	Ante	278,2	195,9	9,6	98,7	0,1
	Stag. 1	791,0	156,0		94	
	Stag. 2	516,2	164,2	5,6	91,9	3,4
Pellet A2 stufa 3 Stelle	Ante	737,1	274,7	263,6	97,6	1,1
	Stag. 1	1357,0	178,0		128,0	
	Stag. 2	8561,7	121,8	1357,3	127,4	101,5

## Conclusioni

Per quanto riguarda gli apparecchi nuovi, cioè prima della fase di invecchiamento, si è potuto dedurre quanto segue:

- Si osserva una marcata differenza fra i vari combustibili, con un incremento progressivo di due ordini di grandezza nelle emissioni di PM passando dai combustibili gassosi e il gasolio al pellet e di un altro passando dal pellet alla legna da ardere (Tabella 1).
- Gli specifici valori di CO misurati nel caso delle piccole caldaie a combustibili gassosi evidenziano emissioni che risultano da tre a sei volte inferiori al pellet e cento volte inferiori alla legna (Tabella 1).<sup>5</sup>
- Nel caso degli ossidi di azoto le differenze sono meno marcate, i valori relativi al pellet sono circa tre volte quelli rilevati per i combustibili gassosi e per il gasolio (Tabella 1).
- Nel caso degli ossidi di zolfo è invece il gasolio da riscaldamento a mostrare un fattore di emissione nettamente superiore a tutti gli altri combustibili, per effetto dello zolfo in esso presente. I valori di ossidi di zolfo ricavati per i combustibili gassosi risultano da 3 a 40 volte inferiori rispetto al pellet e da 10 a 30 volte inferiori rispetto alla legna (Tabella 1).
- Per quanto concerne gli IPA con specifica attenzione al Benzo(a)Pirene come specie di riferimento, i valori più alti, in questo studio, sono stati misurati sul pellet benché valori estremamente più elevati siano riportati per la legna; al contrario la concentrazione nei fumi delle caldaie a gas naturale e GPL è risultata non rilevabile (Tabella 1).
- Le caratteristiche tecniche degli apparecchi nuovi a pellet sono significativamente influenti: nel caso degli apparecchi di bassa gamma sono state misurate concentrazioni di PM più che doppie rispetto a quelli di alta gamma, quando alimentati con combustibile di classe A1 (Tabella 1).
- Ugualmente la qualità del pellet influenza notevolmente le emissioni di PM delle stufe. I valori possono più che triplicare passando dalla classe A1 alla classe A2 (Tabella 1).
- Utilizzando un pellet di qualità inferiore (A2) peggiorano significativamente le emissioni con entrambe le tipologie di apparecchi, senza che si osservino marcate differenze fra un apparecchio e l'altro (Tabella 1).

Per quanto riguarda gli apparecchi che hanno subito la fase di invecchiamento, si è potuto osservare quanto segue:

- L'effetto dell'invecchiamento si è dimostrato più o meno marcato in funzione di fattori non correlabili alla qualità del combustibile o della stufa; i singoli eventi che possono accadere nella gestione quotidiana di un apparecchio sono invece determinanti nell'evoluzione nel tempo delle emissioni prodotte.
- Dopo un certo tempo di utilizzo le stufe hanno mostrato una degenerazione nelle loro prestazioni in termini di CO e parzialmente di PM (Tabella 2; Figura 1-2); incrementi marcati di CO si sono osservati durante la prima o la seconda stagione simulata in tutti e quattro casi studio, mentre per il PM in 3 su 4 casi.
- Molto più marcate sono le variazioni di Benzo(a)Pirene (Figura 3) e degli altri IPA con incrementi da quasi 40 a oltre 80 volte rispetto al valore rilevato inizialmente. In tutti i casi la variabilità delle emissioni, dopo l'invecchiamento è nettamente maggiore.

**Questo studio, pur avendo preso in considerazione anche apparecchi a biomassa di gamma medio/alta, conferma il forte contributo della biomassa solida alle emissioni inquinanti del settore domestico in special modo per quanto riguarda il particolato ed il Benzo(a)Pirene.**

Dallo studio emerge la **fondamentale importanza di eseguire una corretta e completa manutenzione perlomeno annuale** al fine di ripristinare le condizioni di regolare funzionamento degli apparecchi, ciò **indipendentemente dalla qualità del combustibile utilizzato e dal livello tecnologico delle stufe**; infatti **l'insorgere di fenomeni di instabilità e degenerazione delle prestazioni possono presentarsi anche con apparecchi di alta gamma alimentati con pellet di buona qualità.**

---

<sup>5</sup> Il valore di CO relativo al gasolio è un dato riferito a caldaie a gasolio di impianti di taglia nettamente superiore (impianti condominiali centralizzati)

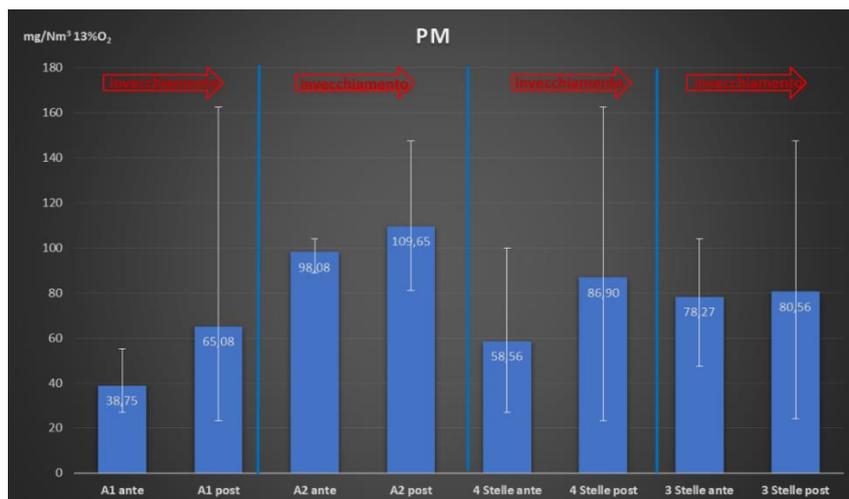


Figura 1. Concentrazioni di PM emesso prima e dopo l'invecchiamento

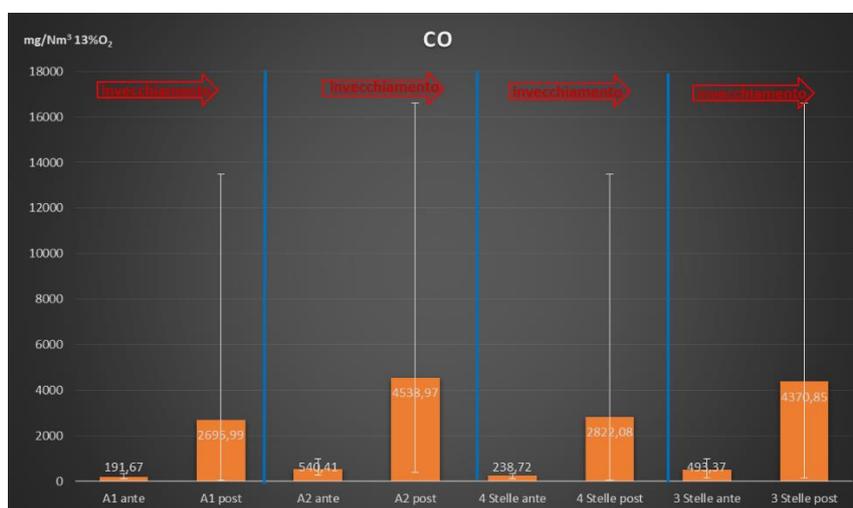


Figura 2. Concentrazioni di CO emesso prima e dopo l'invecchiamento

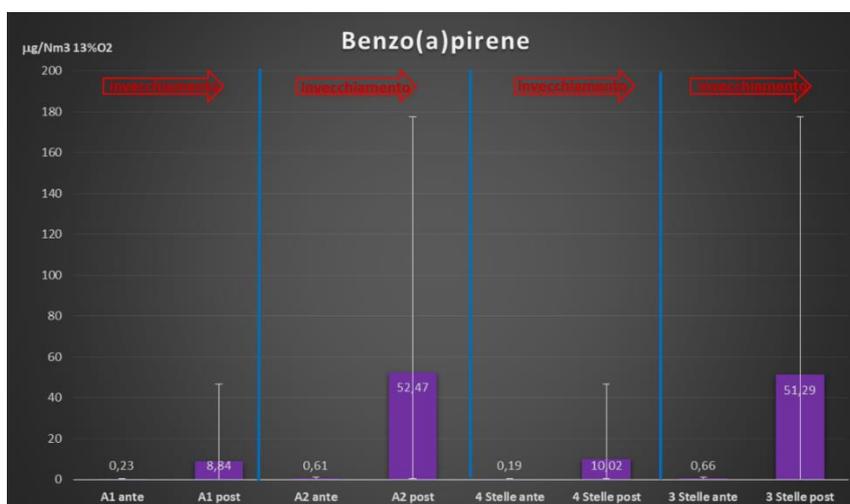


Figura 3 Concentrazioni di Benzo(a)pirene emesso prima e dopo l'invecchiamento