

Le emissioni da piccoli apparecchi a legna in Lombardia: analisi e prospettive

Le stime di ARPA Lombardia dimostrano che il rinnovo degli apparecchi domestici può comportare una riduzione delle emissioni di PM10

Alessandro Marongiu, Elisabetta Angelino, Silvia Bellinzona, Guido Lanzani
Settore Monitoraggi Ambientali, Arpa Lombardia

Secondo quanto riportato dagli esperti della task force europea sugli inventari delle emissioni (TFEIP, 2014), la combustione di biomassa legnosa in piccoli apparecchi domestici costituisce una sorgente rilevante delle emissioni di particolato in numerosi inventari nazionali. Il contributo della combustione della legna è importante anche per le emissioni di composti tossicologicamente rilevanti, quali il Benzo(a)pirene (B(a)P).

In Lombardia, i più recenti dati evidenziano come il 39% delle emissioni di PM10 derivi dal comparto riscaldamento. Di questo contributo, la gran parte (più del 98%) è stimata provenire proprio dalla combustione della legna in piccoli apparecchi, che in Regione contribuiscono anche al 65% delle emissioni annue di B(a)P.

Tali dati sono confermati dalle misure di qualità dell'aria. Le massime concentrazioni di B(a)P non si rilevano nelle stazioni da traffico delle grandi città, ma nei fondovalle alpini o, comunque, nelle aree dove è stimato essere maggiore l'uso della legna (Gianelle et al., 2013).

Gli studi, che ricostruiscono il contributo delle diverse sorgenti alla concentrazione di PM10 rilevata in aria mediante la ricerca di specifici traccianti (quali ad esempio il levoglucosano per la pirolisi

o combustione incompleta della cellulosa), confermano un ruolo rilevante della legna sulla massa totale del particolato presente in atmosfera.

Secondo il progetto Life AIRUSE, ad esempio, il 20% del PM10 medio annuo rilevato a Milano può essere ricondotto a questa sorgente (<http://airuse.eu/it/>)

EMISSIONI DIVERSE

La combustione di biomassa produce tre differenti tipologie di aerosol primario con dimensioni granulometriche inferiori a 10 µm: sali inorganici, fuliggine e composti organici condensabili (COC). Queste tre tipologie sono caratterizzate da differenti proprietà chimico-fisiche, caratteristiche tossicologiche, comportamenti nell'applicazione di misure primarie e secondarie di riduzione delle polveri e sono riconducibili ad altrettanti differenti regimi di combustione.

Una prevalenza di aerosol caratterizzato da sali inorganici è caratteristica di una combustione completa della biomassa in condizioni ottimali: alta temperatura e corretto apporto di ossigeno. Una combustione incompleta ad alta temperatura, ma con carenza di ossigeno in prossimità della fiamma, determina emissioni di particelle di fuliggine ad elevato contenuto di carbonio.

I COC, anche chiamati tar, sono riconducibili invece a una combustione incompleta a bassa temperatura e condizioni pirolitiche in prossimità della zona di combustione. Oltre all'emissione di aerosol primario, la combustione di biomassa contribuisce in atmosfera alla formazione di aerosol organico secondario (SOA) e aerosol inorganico secondario (SIA). I composti organici volatili (COV) e non condensabili, derivanti da condizioni di combustione incompleta, sono riconducibili agli stessi meccanismi di formazione dei COC e costituiscono i precursori dei SOA. SO_x ed NO_x sono precursori nella formazione in atmosfera di nitrati e solfati dei SIA.

In Lombardia, la combustione di materiale ligno-cellulosico è anche la sorgente più rilevante di idrocarburi policiclici aromatici, IPA, tra cui il Benzo(a)Pirene. La combustione di materiale ligno-cellulosico può inoltre contribuire, in misura via via maggiore, all'aumentare di eventuali contaminanti, alle emissioni di diossine.

METODI DI VALUTAZIONE

La metodologia utilizzata per valutare le emissioni di questo settore comporta, per ciascun inquinante, un prodotto tra un fattore di emissione medio specifico

Come cambiano i numeri e la ripartizione degli apparecchi

La numerosità di una determinata classe di apparecchi in una località specifica può variare negli anni in funzione della età dell'apparecchio stesso dal momento che:

- gli apparecchi obsoleti sono rinnovati sostituendo quelli più vecchi con sistemi uguali o differenti ma più moderni;
- sono introdotti nuovi apparecchi (o sono rimossi);
- i dispositivi invecchiano con il passare degli anni.

Rispetto alla ripartizione per classe di età degli apparecchi è possibile ipotizzare che gli utilizzatori provvedano alla sostituzione con maggiore probabilità all'aumentare dell'età e quindi quando si avvicina il termine di vita utile del dispositivo.

Queste valutazioni hanno determinato che in Lombardia, nel 2008, il numero di apparecchi sostituibili perché obsoleti è stato circa l'8-9% del numero totale. Questo dato è in linea con quanto adottato dalla bibliografia disponibile (EC DG TREN, 2009) dove il valore del tasso di rinnovo annuo varia tra il 7-8%.

Per individuare la distribuzione tra le diverse classi dei nuovi apparecchi installati, è stata condotta un'analisi dei dati di vendita che ha reso possibile definire a partire dal 2008 uno schema di sostituzione degli apparecchi più obsoleti rispetto alle diverse opzioni di acquisto disponibili. Nell'ultimo periodo è stato anche possibile analizzare i dati del

Tabella A - Ripartizione, su base 100, delle nuove installazioni*

Camino aperto tradizionale	Stufa tradizionale a legna	Camino chiuso o inserto	Stufa o caldaia innovativa	Stufa automatica a pellets o cippato o BAT legna
n.d.	8	22	8	62

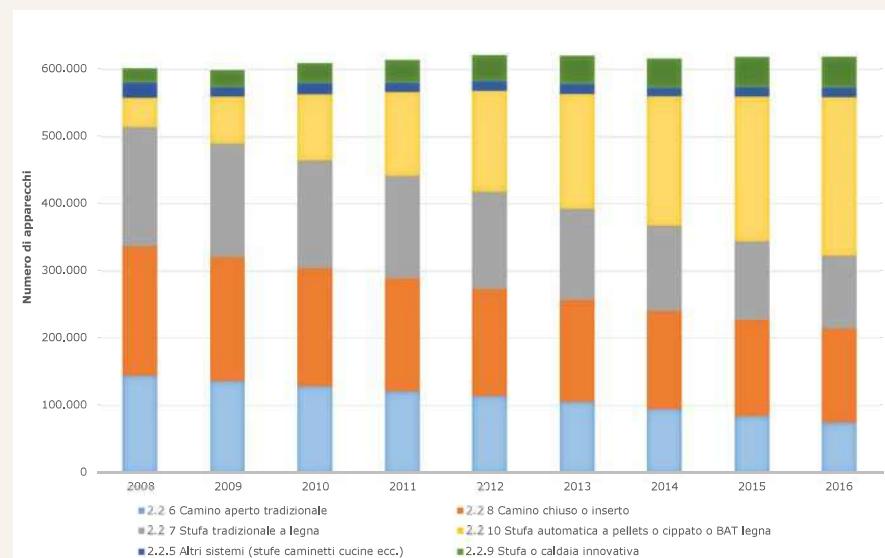
* Periodo 2013-2016, dati CURIT

censimento impianti termici a biomassa nel settore civile in Lombardia introdotto in CURIT, il registro degli apparecchi di Regione Lombardia, che ha portato alla stima per la ripartizione delle nuove installazioni per il periodo compreso tra il 2013 ed il 2016 (RL DG Ambiente ed ILSPA, 2016) riportata in *tabella A*.

Combinando la metodologia di ricambio (Marongiu et al., 2016), le ipotesi di

sostituzione variabili durante il periodo considerato, le ipotesi di partenza al 2008 definite per cella di campionamento delle CATI e applicando le piccole fluttuazioni demografiche sul numero totale di famiglie residenti in Lombardia tra il 2008 e il 2016, è così possibile stimare l'evoluzione della serie storica del numero di apparecchi in regione Lombardia (*grafico A*).

Grafico A - Evoluzione della serie storica del numero di apparecchi in Regione Lombardia



per tecnologia e un indicatore di attività relativo al consumo di combustibile.

Per poter procedere con la stima delle emissioni è necessario caratterizzare le differenti tipologie di apparecchi, anche in relazione alla distribuzione spaziale,

rispetto al numero di apparecchi installati, al consumo specifico per apparecchio, al rateo di sostituzione delle differenti tecnologie. Come fonti possibili di dati per gli indicatori è possibile usare le indagini campionarie CATI (Computer

Assisted Telephone Interviewing) e le informazioni dai produttori/venditori e dalle organizzazioni degli spazzacamini. Sebbene la stima sia riconducibile ad un semplice prodotto tra fattore di emissione e indicatore di uso, le variabili

che possono essere determinanti sulla quantificazione delle emissioni sono numerose.

La tipologia di apparecchio deve essere correttamente individuata rispetto al set di fattori di emissione di cui si dispone. Da differenti studi sono emerse notevoli differenze tra le possibili tipologie di apparecchi impiegate nei vari Paesi o utilizzate nella definizione di fattori di emissione medi. In Italia e nello specifico in Lombardia è stato definito un insieme di tecnologie (Ozgen et al., 2014) confrontabili con quanto riportato dalle linee guida europee EMEP EEA per la stesura dell'inventario delle emissioni.

Si identificano comunemente con biomassa la legna a ciocchi, il pellet e il cippato. All'interno di queste categorie il combustibile impiegato può avere caratteristiche determinanti sui livelli di emissione: presenza di ramaglie e sfalci, della corteccia, essenza della legna, potere calorifico e umidità, presenza di contaminazioni o di altri componenti (vernici, coperture, ecc.). La valutazione della presenza di contaminanti o l'utilizzo improprio degli apparecchi sono difficilmente valutabili all'interno dell'inventario.

È rilevante la possibile differente umidità del combustibile. In particolare, questo elemento è importante nella definizione del potere calorifico inferiore (PCI). Nei lavori dell'inventario delle emissioni esso è uguale a 12,5 GJ/t, pari mediamente a un'umidità del legno del 20%, valore della frazione di umidità in legno a ciocchi che, secondo UNI EN-14961-5, rappresenta il discriminante per un combustibile di buona qualità.

CONSUMI ANNUALI

Per ciascuna tecnologia è necessario stimare il consumo annuale utilizzato con il massimo dettaglio spaziale possibile. Il valore può essere ottenuto tramite indagine campionaria periodica che consideri la percentuale di impiego delle tecnologie, l'età degli apparecchi, la tipo-

logia di combustibile, il consumo medio annuale. Un possibile termine di validazione dell'indicatore di consumo di biomassa legnosa può derivare dai bilanci energetici. In questo ambito gli stakeholder (produttori, rete di vendita e spazzacamini) possono fornire indicazioni sui volumi di vendita delle differenti tecnologie, definendo un punto di riferimento per la verifica della consistenza del parco apparecchi.

Nelle indagini campionarie CATI realizzate in Lombardia, come quella condotta dal Joint Research Center con riferimento al 2008, il territorio regionale è classificato in celle provinciali per classe di altitudine e densità abitativa (Pastorello et al., 2010).

A questo proposito sono elaborati gli indicatori di consumo medio per famiglia e numero totale di utilizzatori frequenti. Nella attività di spazializzazione comunale dei consumi di biomassa legnosa, il dato di consumo per cella, non ancora differenziato per tipologia di apparecchio, può essere spazializzato per i comuni interni alla cella tramite i dati del bilancio energetico regionale (BER) grazie alle proxy maggiormente indicative delle possibili realtà comunali non considerate nel campionamento.

Nel 2014 inoltre, l'Istat ha presentato i risultati dell'indagine sui consumi energetici delle famiglie che ha pubblicato gli indicatori relativi ai consumi domestici regionali di biomassa legnosa, raccogliendo informazioni dettagliate sulle dotazioni energetiche delle famiglie e sul loro utilizzo e ricostruendo il quadro complessivo dei consumi energetici annuali e delle relative spese. È quindi emerso che nel 2013, in Lombardia, il consumo di legna a ciocchi è stato pari a 1.461.341 t/anno e il pellet a 250.018 t/anno, corrispondenti a un impiego medio per famiglia di 2,6 t/anno di legna e di 1,3 t/anno di pellet.

Peraltro, il fabbisogno di calore è strettamente correlato all'andamento delle

temperature invernali che si registrano nel corso degli anni. In questo contesto i gradi-giorno sono la variabile impiegata per quantificare la rigidità delle temperature in un determinato luogo (GSE, 2017).

CORRETTO UTILIZZO DEGLI IMPIANTI

La modalità di utilizzo degli apparecchi può influenzare le emissioni degli inquinanti. Oltre alla buona conduzione delle fasi di avvio o di spegnimento, per una migliore gestione della combustione occorre applicare una corretta manutenzione degli apparecchi, l'utilizzo di combustibili appropriati di buona qualità e non contaminati. Nell'ambito degli inventari delle emissioni esistono procedure volte a pesare il contributo della combustione non ottimale rispetto a una conduzione appropriata degli apparecchi.

Lo studio effettuato per l'ambito italiano e lombardo (Ozgen et al., 2014) ha mostrato l'influenza negativa sui livelli di emissione di un ciclo di utilizzo reale, definito sulla scorta di dati rilevati in apparecchi realmente installati, rispetto ai cicli di certificazione.

I fattori di emissione degli inventari sono definiti sulla base della tipologia di tecnologia di combustione. Mostrano una estrema variabilità per lo stesso tipo di apparecchio, suggerendo l'adozione di fattori di emissione mediati su ampie raccolte bibliografiche.

I parametri che possono determinare il grado di variabilità possono essere identificati in alcuni fattori e variabili tra cui, come detto, la qualità del combustibile, la tecnologia dell'apparecchio, le modalità d'uso nonché lo stato di manutenzione.

Va inoltre ricordato come il metodo di misura impiegato per il particolato possa essere un fattore determinante nella differenza delle stime dei fattori di emissione del PM. In questo ambito sono identificabili due approcci principali: campionamento dei gas caldi o misura dei gas di-

Tabella 1
Fattori di emissione di PM10*

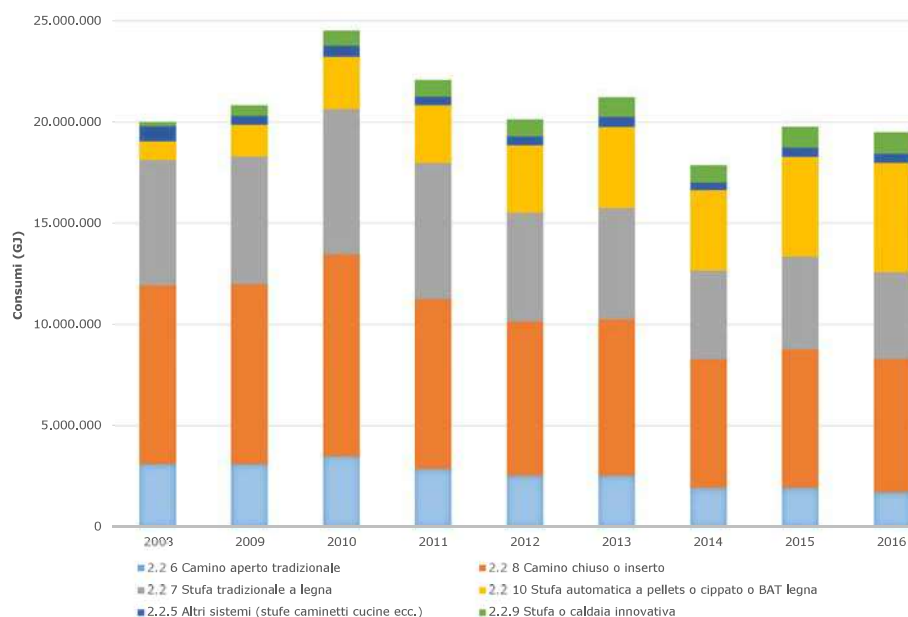
Tipologia di apparecchio	PM10 in g/GJ
Altri sistemi (stufe caminetti cucine ecc.)	860
Camino aperto tradizionale	860
Stufa tradizionale a legna	480
Camino chiuso o inserto	380
Stufa o caldaia innovativa	380
Stufa automatica a pellets o cippato o BAT legna	76

* Questi fattori di emissione sono utilizzati a partire dall'inventario 2010

luti e raffreddati (Denier van der Gon et al., 2015). Nel secondo approccio i composti semivolatili organici e prodotti dalle cattive condizioni di ossidazione possono condensare incrementando la massa del PM campionato. L'utilizzo di questo approccio, scelto anche per l'inventario lombardo, rappresenta maggiormente il contributo complessivo di tale sorgente sull'ambiente, benché renda più difficile un confronto tra gli apparecchi.

Per l'elaborazione dell'inventario di emissioni regionale, Arpa Lombardia utilizza il sistema IN.EM.AR. (INventario EMissioni Aria, www.inemar.eu), che gestisce e sviluppa dal 2003. È un sistema progettato per realizzare l'inventario delle emissioni in atmosfera ovvero stimare le

Grafico 1 - Consumi di biomassa stimati per tipo di apparecchio



emissioni a livello comunale dei diversi inquinanti, per ogni attività della classificazione Corinair e tipo di combustibile.

I fattori di emissione di PM10 utilizzati a partire dall'inventario del 2010, sono riportati nella *tabella 1*. La nomenclatura utilizzata nella tabella è quella del sistema IN.EM.AR, che mutua i nomi dalle classi presenti nel Guidebook EMEP 2013 in riferimento alla realtà italiana. Gli apparecchi a cui la tabella rimanda nella valutazione dei fattori di emissione sono per ciascuna classe quelli mediamente presenti e rappresentativi del parco lombardo. In particolare, la dizione "stufa o caldaia innovativa" si riferisce, di fatto, in relazione all'installato, principalmente a piccoli apparecchi domestici eventualmente collegati a sistemi di distribuzione del calore, **non a caldaie centralizzate**. Maggiori informazioni sui

fattori di emissione impiegati nel sistema INEMAR possono essere consultate al sito: <http://www.inemar.eu/xwiki/bin/view/Inemar/WebHome>.

I CONSUMI PER CATEGORIA

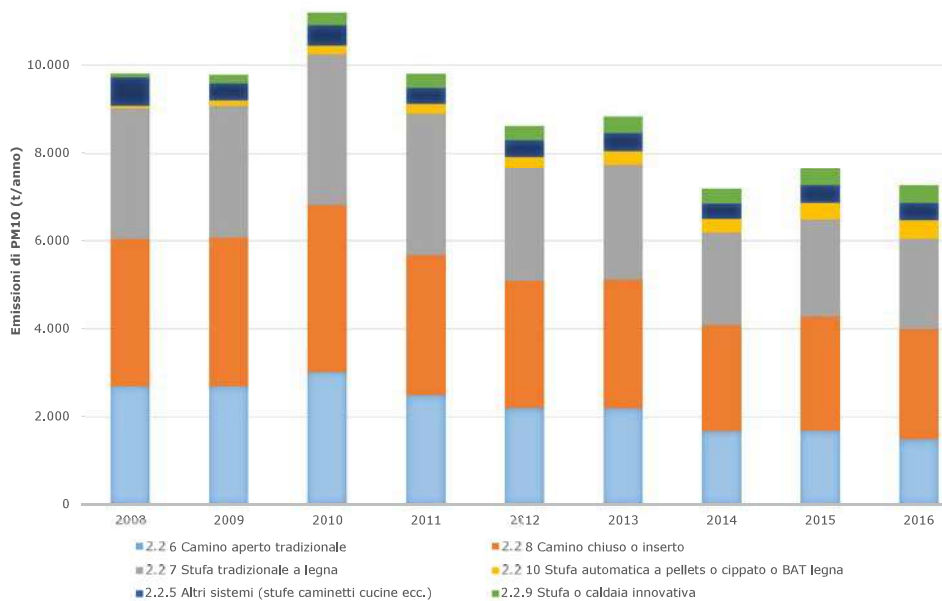
La percentuale di consumo dei singoli apparecchi rappresenta l'effettivo impiego degli stessi ed è ottenuta dalla combinazione tra numerosità stimata per tipologia e il coefficiente di consumo annuale per tipo di apparecchio, che rende conto anche del maggiore rendimento energetico di quelli più recenti. I dati rilevati più simili a questo parametro sono la valutazione dell'Istat effettuata nel 2013 e gli studi di approfondimento condotti sul ciclo di impiego reale degli apparecchi (Galante, 2013) (*tabella 2*).

Combinando questi coefficienti con il numero stimato di apparecchi in un determinato anno e contesto geografico, è possibile ottenere la percentuale di energia bruciata nelle differenti tecnologie. I coefficienti percentuali di utilizzo sono dettagliati per cella di campionamento e sono impiegati per disaggregare a livello comunale i consumi totali imputati al settore del riscaldamento a legna. I dati di consumo comunale annuale totale di

Tabella 2 - Coefficienti di consumo per tipologia di apparecchio (t/anno)

Camino aperto tradizionale	Camino chiuso o inserto	Stufa tradizionale a legna	Stufa automatica a pellets o cippato o BAT legna	Altri sistemi (stufe caminetti cucine ecc.)	Stufa o caldaia innovativa
1,50	2,60	2,60	1,40	2,60	1,40

Grafico 2 - Evoluzione della serie storica delle emissioni di PM10



biomassa legnosa derivano dai lavori relativi alla redazione del bilancio energetico regionale, il cui dato più aggiornato si riferisce al 2014. Per una ricostruzione uniforme della serie storica per gli altri anni è stato possibile impiegare, come suggerito dal Gse, la proxy energetica dei gradi giorno comunali ottenuti dai sistemi diagnostici di Arpa Lombardia. I consumi stimati per tipologia di apparecchi, per il periodo compreso tra il 2008 e il 2016 ed espressi in GJ/anno, sono così riportati nel *grafico 1*.

La ricostruzione delle serie storiche delle emissioni, ottenuta dalla combinazione tra gli indicatori e i fattori di emissione, è riportata nel *grafico 2*, dove le emissioni sono espresse in t/anno.

LE PROSPETTIVE

La combustione della legna in piccoli apparecchi è una fonte significativa di inquinamento atmosferico, in particolare per alcuni inquinanti come PM10 e Benzo(a)pirene. Le evidenze a supporto di tale affermazione derivano sia dalle osservazioni a campo, sia dai dati degli inventari delle emissioni.

Sono state presentate le informazioni, le metodiche e le assunzioni che stanno alla base dell'inventario delle emissioni INEMAR relativo alla Regione Lombardia. Sono altresì stati evidenziati i trend emissivi stimati per il periodo 2008 – 2016 per il PM10.

Pur confermando un apporto importante del settore sulle emissioni complessive

di tale parametro, l'andamento negli anni permette di evidenziare come il rinnovo degli apparecchi, a parità di calore fornito, permette un sostanziale risparmio emissivo. Mantenere invariata nel tempo la quota di riscaldamento coperta dalla combustione della legna, proseguendo con il rinnovo degli apparecchi, permetterebbe ulteriori sostanziali riduzioni delle emissioni.

La strada intrapresa nel Bacino padano, con il Protocollo-aria adottato in Lombardia nella stagione 2016-2017 a cui si è aggiunto l'accordo firmato di recente tra le Regioni del Bacino padano per il contenimento delle emissioni, passa dall'introduzione della classificazione degli apparecchi, dal monitoraggio e dalla cura della qualità del legno e dei pellet oltre che dalla certificazione delle installazioni: l'introduzione della classificazione degli apparecchi permetterà infatti di premiare i migliori e limitare, soprattutto nei periodi più critici, l'uso di quelli a emissione maggiore.

È però importante continuare lo sviluppo di apparecchi tecnologicamente sempre più innovativi e curare un utilizzo corretto e appropriato anche mediante un'informazione sempre più capillare e completa. ●

La bibliografia è disponibile online.

