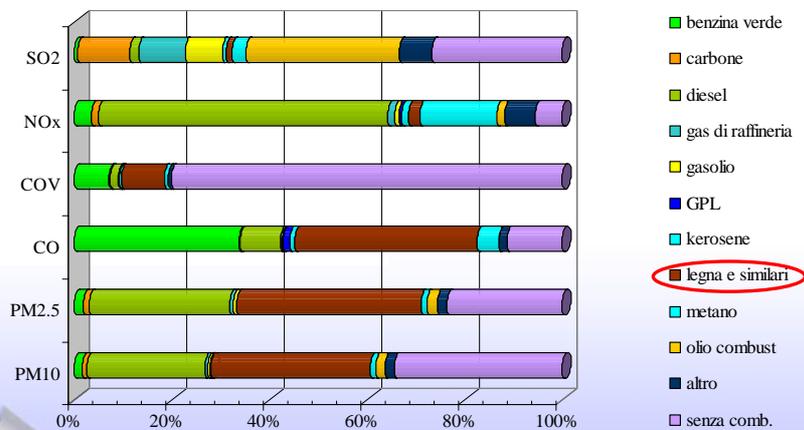


L'impronta della combustione da legna sulla qualità dell'aria

Guido Lanzani
 Responsabile U.O. Qualità dell'Aria
 Arpa Lombardia

g.lanzani@arpalombardia.it

Dall'analisi degli **inventari delle emissioni** il contributo della legna sulla qualità dell'aria è importante:



Distribuzione percentuale delle emissioni in Lombardia per combustibile
INEMAR 2008

Quale è l'evidenza dell'impatto della combustione della legna sull'inquinamento atmosferico a partire dalle misure di qualità dell'aria in ambiente esterno?

Il problema è solo lombardo?

Ci sono evidenze relative ad un impatto della combustione della legna in ambiente indoor?

Il problema è solo recente?



Inquinanti influenzati dalla combustione della legna:

Non solo PM10!

.. le emissioni di particolato sono (anche) di dimensioni ridotte => importante contributo al PM2.5, al numero di particelle

.. Cosa sono i VOC emessi? Quanta è la parte che condensa in PM?

.. Le emissioni di particolato sono in parte costituite dal fuliggine => emissioni di black carbon

.. Brown carbon

.. Considerato il tipo di combustione, emissioni importanti di Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), tra cui il Benzo(a)pirene

.. Diossine



Come valutare l'impatto della combustione della legna sulla qualità dell'aria?

Misurare dei traccianti legati alle emissioni derivanti dalla combustione da legna:

- * il levoglucosano – specifico per la combustione della cellulosa
- * il potassio – non specifico

Valutare il rapporto Carbonio 12 /Carbonio 14 (¹²C/¹⁴C) nel particolato

(il carbonio da combustione da legna è recente e quindi il carbonio 14 è ancora presente mentre nel carbonio da combustibili fossili è estinto o <<)

Modelli di Source Apportionment sulla base di misure di composizione, eventualmente comparate con i profili di emissioni specifici delle diverse sorgenti, legna compresa (es. CMB model; Positive Matrix Factorization)

Etc etc

Alcuni risultati per la Lombardia

Contributo della combustione di biomasse sul PM10 (totale)

	<i>INVERNO</i>	<i>ESTATE</i>
Milano	13%	0,4%
Sondrio	26%	6%
Lodi	18%	4%

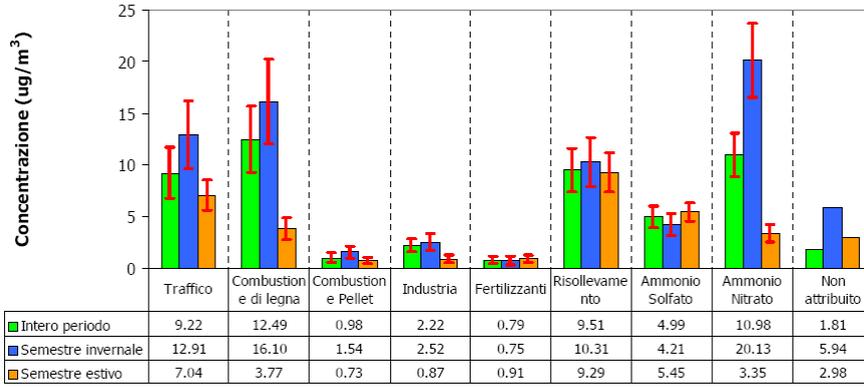
Contributo medio stagionale della combustione di biomasse alla concentrazione di PM10 sulla base di misure di levoglucosano nel particolato raccolto in atmosfera

Fonte: progetto PARFIL – media 2005 – 2006 – 2007

Alcuni risultati per la Lombardia

Contributo della combustione di biomasse sul PM10 (totale)

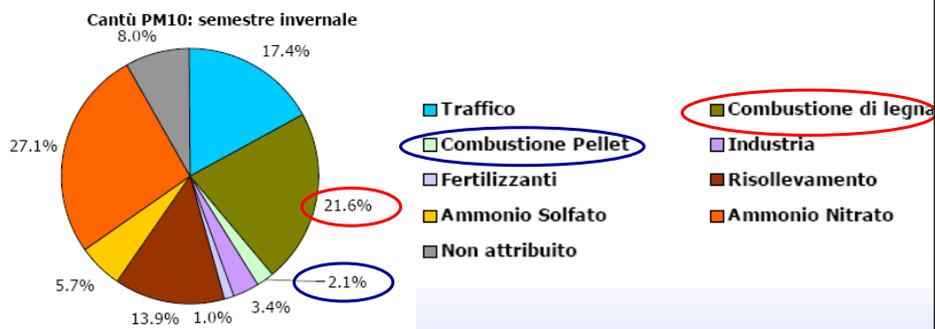
Cantù PM10: Source apportionment



Contributo medio stagionale (2005 – 2007) della combustione di biomasse alla concentrazione di PM10 – CMB model
 Fonte: progetto Parfil, Colombi et al.

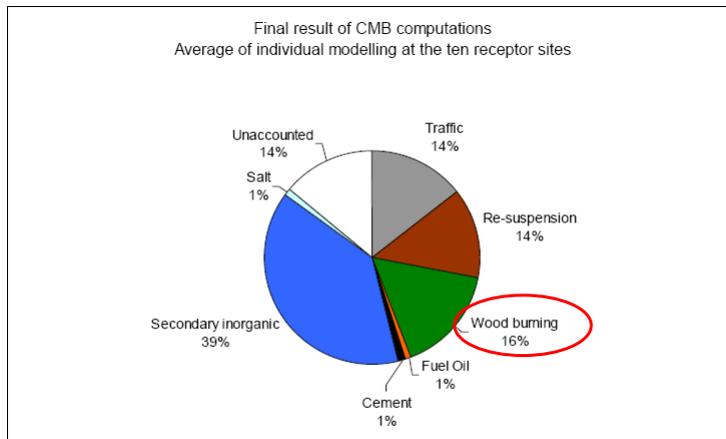
Alcuni risultati per la Lombardia

Contributo della combustione di biomasse sul PM10 (totale)



Contributo medio stagionale (2005 – 2007) della combustione di biomasse alla concentrazione di PM10 – CMB 8.2 model
 Fonte: progetto Parfil, Colombi et al.

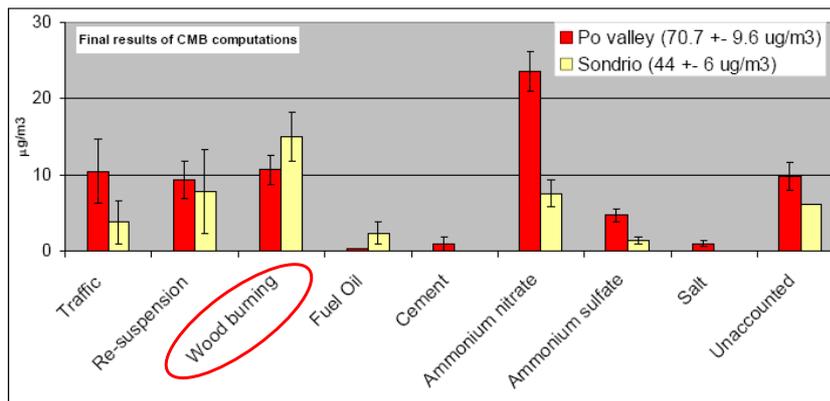
Alcuni risultati per la Lombardia



Source contributions to PM₁₀ during winter (Feb-Mar. 2007) computed as average of the chemical mass balance model (CMB) results of the ten sites.

Fonte: Bo Larsen et al., 7th intermediate technical / scientific report
Collaborative Research Project for Air Pollution Reduction in Lombardy Region (2006- 2010)
Regione Lombardia – Joint Research Center EU Commission

Alcuni risultati per la Lombardia

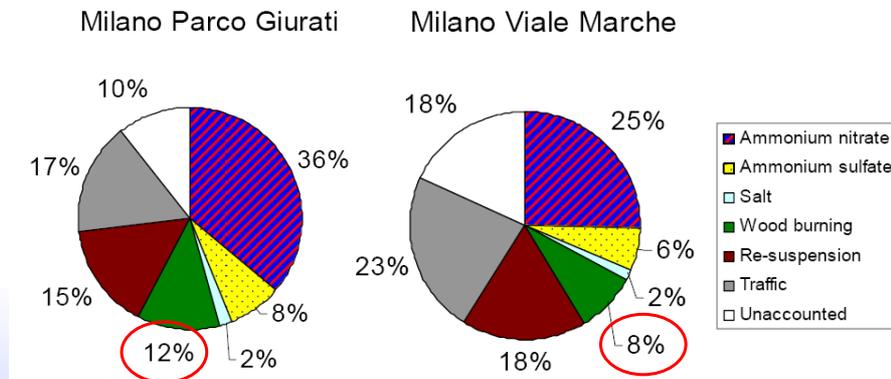


Comparison of the source contribution estimates as average of the stations situated in the Po valley compared to the site in the Valtelline valley.

Fonte: Bo Larsen et al., 7th intermediate technical / scientific report
Collaborative Research Project for Air Pollution Reduction in Lombardy Region (2006- 2010)
Regione Lombardia – Joint Research Center EU Commission

Alcuni risultati per la Lombardia

Source contributions to PM10 – feb mar 2007



Fonte: *Bo Larsen et al.*, 7th intermediate technical / scientific report
 Collaborative Research Project for Air Pollution Reduction in Lombardy Region (2006- 2010)
 Regione Lombardia – Joint Research Center EU Commission

Alcuni risultati per la Lombardia

Non solo PM10:

Il caso del Benzo(a)Pirene

Il valore obiettivo di B(a)P (1 ng/m³) da raggiungersi entro il 31.12.2012 è rispettato a Milano, ma non nelle aree più direttamente interessate dalla combustione della legna (Brianza, vallate alpine e prealpine)

Concentrazioni B(a)P apr 2008 - marzo 2009 ng/m ³	
Milano Senato	0,27
Meda	1,73
Milano Pascal	0,27
BS Villaggio Sereno	0,90
VA Copelli	0,29
Magenta	0,52
Casirate d'Adda	0,75
Soresina	0,84
Darfo	2,09
Moggio	0,08
Sondrio via Mazzini	1,16

Alcuni risultati per la Lombardia Non solo PM10: Il caso del Benzo(a)Pirene

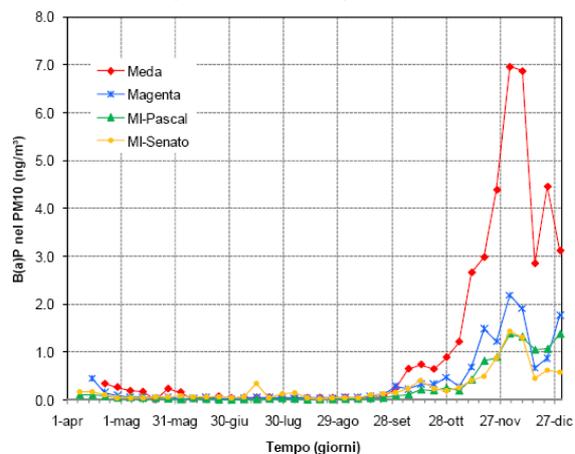
Macrosettore	Combustibile	IPA-TEQ	IPA-Tot
Combustione non industriale (riscaldamento civile)	legna e similari	5.025	217.126
Trasporto su strada	benzina verde	21	23.720
	diesel	121	52.719
	GPL	0	101
	metano		10
Altro	Altri	nd	nd

Emissioni INEMAR 2005 kg/a

Dato in fase di aggiornamento

Alcuni risultati per la Lombardia Non solo PM10: Il caso del Benzo(a)Pirene

Andamento del B(a)P: concentrazioni medie settimanali
Siti della provincia di Milano: 1 aprile ÷ 31 dicembre 2008

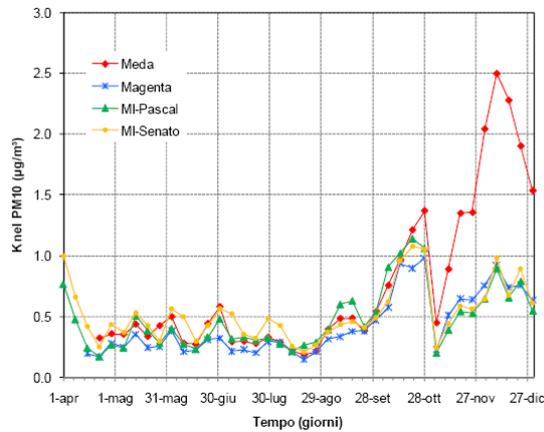


Fonte: **RAPPORTO SULLA QUALITÀ DELL'ARIA DI MILANO E PROVINCIA ANNO 2008**
Angius et al. (www.arpalombardia.it)

Alcuni risultati per la Lombardia Il caso del Benzo(a)Pirene

Concentrazioni di potassio

Andamento del K: concentrazioni medie settimanali
Siti della provincia di Milano: 1 aprile - 31 dicembre 2008



Fonte: **RAPPORTO SULLA QUALITÀ DELL'ARIA DI MILANO E PROVINCIA ANNO 2008**
Angius et al. (www.arpalombardia.it)

Alcuni risultati per la Lombardia Il caso del Benzo(a)Pirene

Concentrazioni di potassio

Andamento del K: concentrazioni medie settimanali
Siti della provincia di Milano: 1 aprile - 31 dicembre 2008



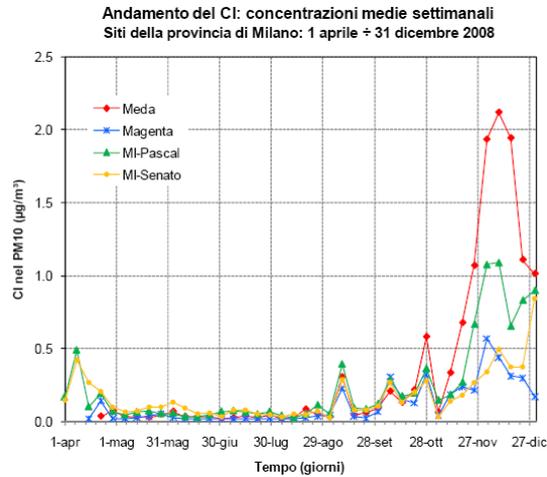
		PM10 (µg/m³)	B(a)P (ng/m³)	B(a)P (ppm)	K (µg/m³)	K (ppk)
Ottobre+dicembre	Magenta	68.1	1.045	16.788	0.694	11.9
	Meda	55.0	3.148	58.834	1.347	22.6
	MI-Pascal	63.3	0.714	12.684	0.664	11.8
	MI-Senato	61.1	0.761	17.655	0.683	11.7
Aprile=settembre	Magenta	31.5	0.069	2.678	0.269	8.7
	Meda	25.4	0.100	4.116	0.352	14.1
	MI-Pascal	28.6	0.034	1.232	0.350	12.1
	MI-Senato	35.7	0.099	3.071	0.413	12.1

Fonte: **RAPPORTO SULLA QUALITÀ DELL'ARIA DI MILANO E PROVINCIA ANNO 2008**
Angius et al. (www.arpalombardia.it)

Alcuni risultati per la Lombardia Il caso del Benzo(a)Pirene Concentrazioni di cloro



Agenzia Regionale
per la Protezione dell'Ambiente
della Lombardia



Fonte: **RAPPORTO SULLA QUALITÀ DELL'ARIA DI MILANO E PROVINCIA ANNO 2008**
Angius et al. (www.arpalombardia.it)



Agenzia Regionale
per la Protezione dell'Ambiente
della Lombardia

Ma è un problema solo lombardo?

Non solo Lombardia

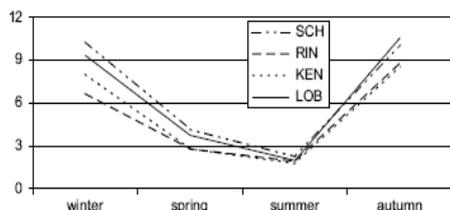


Fig. 1 - Contributo in % della combustione della legna nel PM10 a Vienna nel 2004

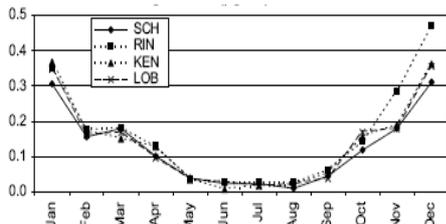


Fig. 2. Concentrazione media mensile del Levoglucosano nel 2004 a Vienna

Studio sull'impatto della legna bruciata sul PM₁₀ in 3 regioni Austriache

Area di ricerca: **Vienna**
Anno: **2004**

Siti di campionamento:

- Schafberg (SCH)** sito di background
- Lobau (LOB)** sito di background
- Kendlerstrasse (KEN)** sito per il traffico
- Rinnbockstrasse (RIN)** sito per il traffico

Fonte: A. Caseiro et al.: Wood burning impact on PM10 in three Austrian regions. Atmospheric Environment 43 (2009) 2186–2195

19

Non solo Lombardia

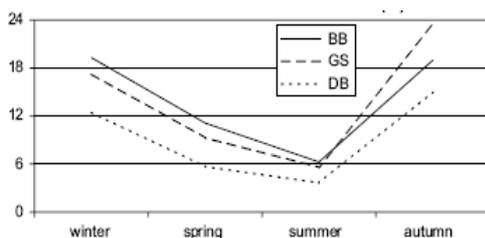


Fig. 3 - Contributo in % della combustione della legna nel PM10 a Graz nel 2004

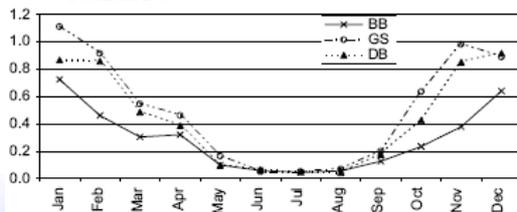


Fig. 4. Concentrazione media mensile del Levoglucosano nel 2004 a Graz

Studio sull'impatto della legna bruciata sul PM₁₀ in 3 regioni Austriache

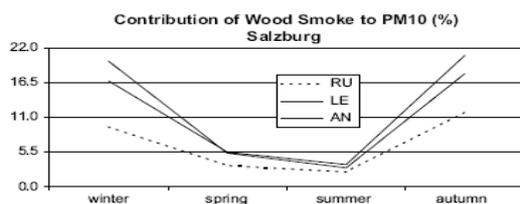
Area di ricerca: **Graz**

Siti di campionamento:

- Don Bosco (DB)** sito per il traffico
- Graz Sud (GS)** sito per il traffico
- Bockberg (BB)** sito di background

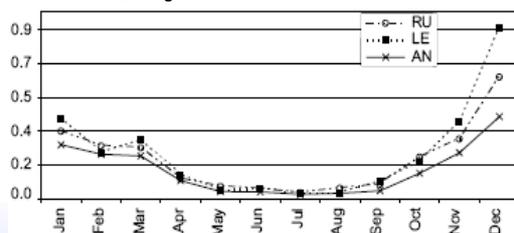
Fonte: A. Caseiro et al.: Wood burning impact on PM10 in three Austrian regions. Atmospheric Environment 43 (2009) 2186–2195

20



Studio sull'impatto della legna bruciata sul PM₁₀ in 3 regioni Austriache

Fig. 5 - Contributo in % della combustione della legna nel PM10 a Salisburgo nel 2004



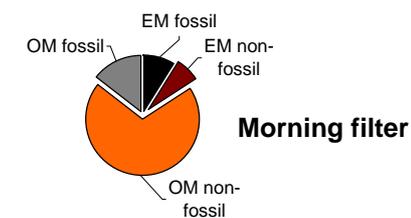
Area di ricerca: **Salisburgo**

Rudolfplatz (RU) sito altamente trafficato.
Lehen (LE) sito residenziale
Anthering (AN) sito fuori dalla città di background

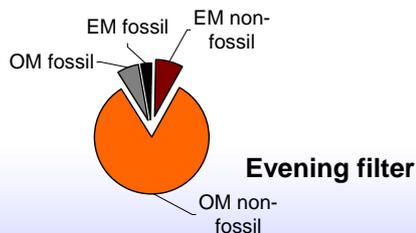
Fig. 6. Concentrazione media mensile del Levoglucosano nel 2004 a Salisburgo

Fonte: A. Caseiro et al.: Wood burning impact on PM10 in three Austrian regions. Atmospheric Environment 43 (2009) 2186–2195

Fossil and non-fossil carbon in the particulate matter in Roveredo winter (Svizzera)

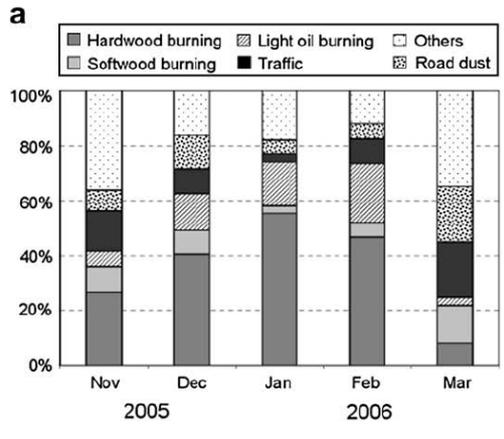


“We observed an overwhelming impact of carbonaceous aerosols from residential wood burning on particulate matter in Alpine valleys during winter-time, which substantially surpassed traffic-related emissions even close to busy motorways. Especially at Roveredo, wood-burning emissions were dominant in spite of considerable transit traffic and aerosol sampling very close to the motorway”



Fonte: Szidat, S., Prevot, et al. Dominant impact of residential wood burning on particulate matter in Alpine valleys during winter. Geophysical Research Letters 34 (5), L05820. doi:10.1029/2006GL028325.

Campioni di PM10 furono raccolti nel Comune di Dettenhausen (6.000 ihab.) vicino a Stoccarda, in Baden del Baden Wurttemberg



Distribuzione delle sorgenti dei composti organici presenti nel PM10

Fonte: A. Bari et al.: Wood smoke as a source of particle-phase organic compounds in residential areas. *Atmospheric Environment* 43 (2009) 4722–4732

23

O. Favez et al.: Evidence for a significant contribution of wood burning aerosols to PM2.5 during the winter season in Paris, France. *Atmospheric Environment* 43 (2009) 3640–3644

➤ Durante l'inverno, il contributo della combustione della legna nel PM2.5 a Parigi è pari al 20% +/- 10% della media di un sito di background della città.

C. Borrego et al.: Contribution of residential wood combustion to PM10 levels in Portugal. *Atmospheric Environment* 44 (2010) 642-651

➤ Il contributo alle concentrazioni di PM10 in aria della combustione della legna per riscaldamento domestico durante il mese di Gennaio 2007 varia per il Portogallo da 0 a 14 ug/m3, con una media di 10 ug/m3 nell'area di Lisbona e di 6 ug/m3 nella regione di Porto

24

Carbon content of atmospheric aerosols in a residential area during the wood combustion season in Sweden

Patricia Krecel^a, Johan Ström, Christer Johansson

Tracers of wood smoke

M.A.K. Khalil^{a*}, R.A. Rasmussen^b

Impact of wood combustion on particle levels in a residential area in Denmark

M. Glasius^{a*,1}, M. Ketzel^a, P. Wählin^a, B. Jensen^a, J. Mønster^{a,b}, R. Berkowicz^a, F. Palmgren^a

Influence of biomass burning on wintertime fine particulate matter: Source contribution at a valley site in rural British Columbia

Cheol-Heon Jeong^a, Greg J. Evans^{a,*}, Tom Dann^b, Mark Graham^c, Dennis Herod^d, Ewa Dabek-Zlotorzynska^b, Dave Mathieu^b, Luyi Ding^b, Daniel Wang^b

Carbonaceous and ionic components in wintertime atmospheric aerosols from two New Zealand cities: Implications for solid fuel combustion

Haobo Wang^{a,*}, Kimitaka Kawamura^a, David Shooter^b

Spatial variability and population exposure to PM2.5 pollution from woodsmoke in a New South Wales country town

D.L. Robinson^a, J.M. Monro, E.A. Campbell

ATMOSPHERIC
ENVIRONMENT
www.elsevier.com/locate/atmosenv

Ambient PM₁₀ concentrations from wood combustion – Emission modeling and dispersion calculation for the city area of Augsburg, Germany

Christian Brandt^{a,*}, Robert Kunde^a, Bernhard Dobmeier^a, Jürgen Schnelle-Kreis^c, Jürgen Orasche^c, Gerhard Schmoedel^d, Jürgen Diemer^d, Ralf Zimmermann^{c,e}, Matthias Gaderer^{a,b}

Evidenze analoghe in studi danesi, svedesi, finlandesi,
ma anche
canadesi, statunitensi, neozelandesi,
relative (ovviamente) alla stagione fredda
in particolare in aree con disponibilità di legna da ardere

Ci sono evidenze relative ad un impatto della combustione della legna in ambiente indoor?

27

Uso della legna e qualità dell'aria indoor

Comune di Hagfors, 5600 abitanti, Svezia.

Due gruppi di persone che vivevano nella stessa area, a distanze comparabili da strade trafficate, con lavori senza esposizione importante all'inquinamento atmosferico.

Il primo gruppo (wood burners) riscaldava la casa a legna, il secondo aveva riscaldamento elettrico.

Escluse le stufe a pellets (non comuni in Svezia) ma erano compresi diversi tipi di stufe, tra cui alcune certificate dal punto di vista ambientale dallo Swedish National Testing and Research Institute,

Sono stati confrontati i livelli di inquinamento outdoor, indoor (in casa) e l'esposizione personale dei 2 gruppi di persone

Sono stati oggetto di studio il PM2.5, il black smoke oltre a alcuni elementi (S Cl K Ca Mn Fe Cu Zn Br Rb Pb)

Fonte: P. Molnar et al.: Domestic wood burning and PM2.5 trace elements: Personal exposures, indoor and outdoor levels *Atmospheric Environment* **39** (2005) 2643–2653.

28

Alcuni risultati per il black smoke

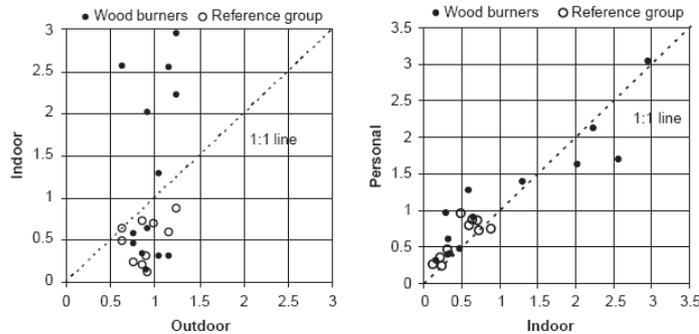


Fig. 1 - Concentrazioni del black smoke per stufe a legna e il gruppo di riferimento: esposizione outdoor vs indoor e indoor vs personal.

Fonte: P. Molnar et al.: Domestic wood burning and PM2.5 trace elements: Personal exposures, indoor and outdoor levels *Atmospheric Environment* 39 (2005) 2643–2653.

29

Complessivamente, confrontando i due gruppi per i livelli di inquinamento indoor:

- le concentrazioni indoor erano significativamente più alte per i “wood burners” rispetto al gruppo di riferimento per K, Ca, Mn, Zn, and Rb.
- Le concentrazioni di Black Smoke e di Cloro, sebbene non statisticamente significative, erano più alte per i “ wood burners”.
- Non si sono viste differenze per PM2.5

Fonte: P. Molnar et al.: Domestic wood burning and PM2.5 trace elements: Personal exposures, indoor and outdoor levels *Atmospheric Environment* 39 (2005) 2643–2653.

30

Risultati simili per il confronto relativo all'esposizione personale

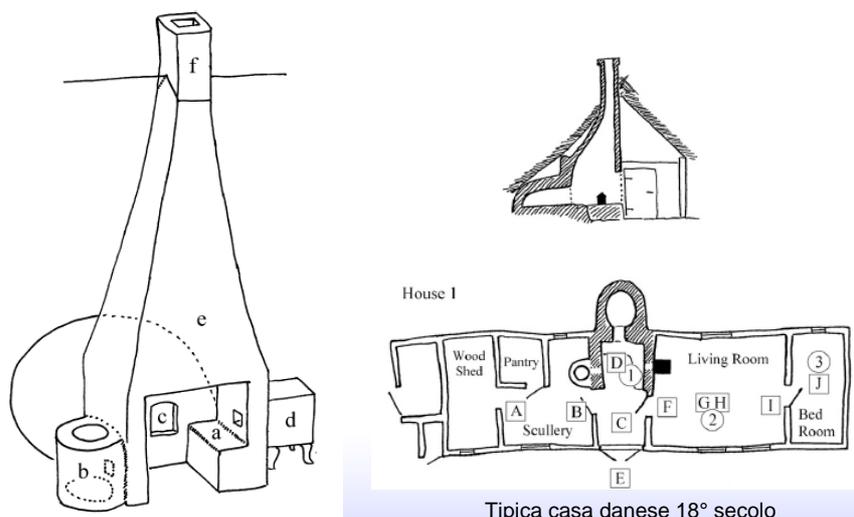
- L'esposizione personale a Cl, K, Ca, Cu, Zn è risultata significativamente più alte per i "wood burners" rispetto al gruppo di riferimento.
- L'esposizione personale a Black Smoke e Piombo è risultata più alte per i "wood burners" rispetto al gruppo di riferimento sebbene in modo non statisticamente significativo.
- Non si sono viste differenze per PM2.5

Fonte: P. Molnar et al.: Domestic wood burning and PM2.5 trace elements: Personal exposures, indoor and outdoor levels *Atmospheric Environment* **39** (2005) 2643–2653.

31

Ma una volta, quando si bruciava la legna
per scaldarsi, cosa si respirava?

32



Tipica casa danese 18° secolo

Fonte: M. Ryhl-Svendsen et al.: Fine particles and carbon monoxide from wood burning in 17th-19th century Danish kitchens: Measurements at two reconstructed farm houses at the LejreHistoricaleArchaeological Experimental Center
Atmospheric Environment 44 (2010) 735-744

33

Table 3

Daily average PM_{2.5} concentrations measured by gravimetric sampling (from noon to noon). The total sampling interval each day was 23 h, during which the pump operated 1 out of 3 min.

Site and location	Average concentration ($\mu\text{g m}^{-3}$)
1st 23-h (episodes 1 + 2)	
House 1, Location 1 (hearth)	158
House 1, Location 2 (living room)	54
House 1, Location 3 (bedroom)	21
2nd 23-h (episodes 3 + 4)	
House 1, Location 1 (hearth)	1650
House 1, Location 2 (living room)	160
House 1, Location 3 (bedroom)	n.a.

Fonte: M. Ryhl-Svendsen et al.: Fine particles and carbon monoxide from wood burning in 17th-19th century Danish kitchens: Measurements at two reconstructed farm houses at the LejreHistoricaleArchaeological Experimental Center
Atmospheric Environment 44 (2010) 735-744

34

Hypothetical “typical day” for the woman of an 18–19th century farm household. The daily routines for a typical working day (summertime) include 5.5 h spent in the hearth area. For each microenvironment the mean exposure concentration of PM_{2.5} and its contribution to the total 24-h exposure was calculated.

Time spent	Location	PM _{2.5} ($\mu\text{g m}^{-3}$)	Contribution to 24-h exposure
5.5 h (22% of day)	Hearth	714	89%
3.5 h (15% of day)	Kitchen and scullery	57	4%
15 h (63% of day)	Rest of house and outdoor	21	7%
24 h (100% of day)	<i>Moving between all locations</i>	196	100%

..risultati analoghi si ottengono oggi in alcune aree del mondo...

Fonte: M. Ryhl-Svendsen et al.: Fine particles and carbon monoxide from wood burning in 17th-19th century Danish kitchens: Measurements at two reconstructed farm houses at the LejreHistoricaleArchaeological Experimental Center
Atmospheric Environment 44 (2010) 735-744

35

Grazie per l'attenzione

36