

Convegno  
Le emissioni dalla combustione della legna  
in piccoli impianti domestici e la qualità  
dell'aria

*Emissioni dalla combustione della  
legna in Italia e in Europa:  
situazione attuale e prospettive*

Stefano Caserini  
ARPA Lombardia

## Indice

- Inemar e gli inventari delle emissioni
- Il contributo della legna alle emissioni in atmosfera in Lombardia
- Punti critici nelle stime - i consumi di legna
- Punti critici nelle stime - i fattori di emissione
- Sviluppi futuri

## INVENTARI DELLE EMISSIONI

Inventari a scala globale (es. UNFCCC)

Inventari a scala europea (es. European Environmental Agency)

Inventari nazionali (es. ISPRA)

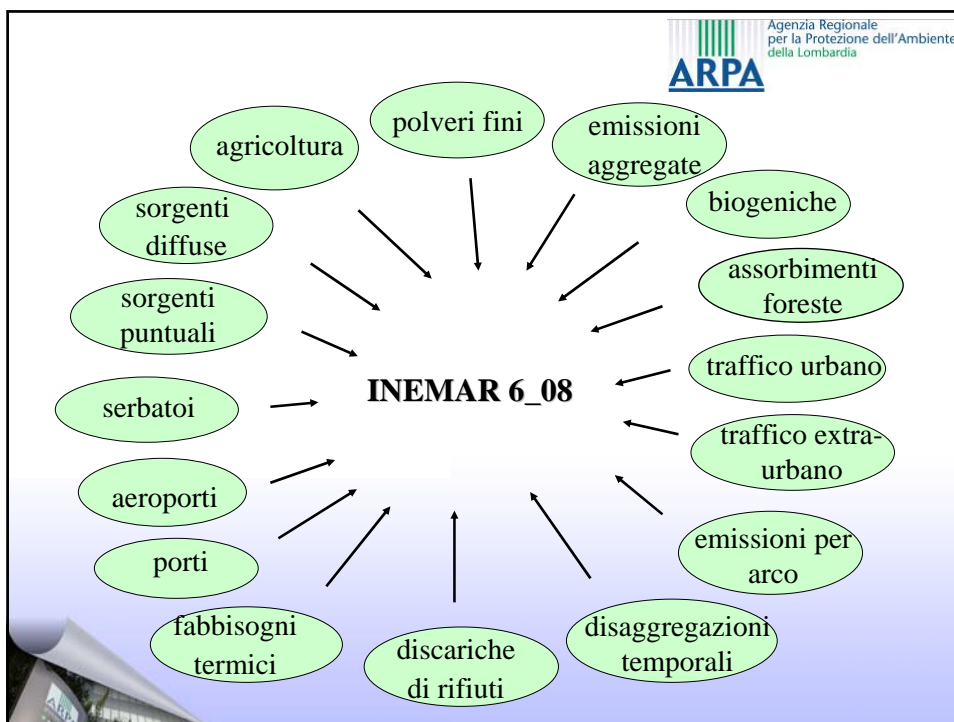
Inventari regionali

Inventari provinciali


Inventari alla scala urbana

### **Inventari regionali delle emissioni CONDIVISIONE DEL SISTEMA "IN.EM.AR."**

- INEMAR: sviluppato da Regione Lombardia (dal 2000), con la collaborazione della Fondazione Lombardia per L'ambiente e della Regione Piemonte; gestito da ARPA Lombardia dal 2003.
- Convenzione per il suo utilizzo fra 8 regioni (al 2011): Lombardia (Regione, ARPA), Piemonte (Regione, CSI), Emilia Romagna (Regione, ARPA), Friuli Venezia Giulia (ARPA), Veneto (Regione, ARPA), Puglia (Regione, ARPA), Trentino Alto Adige (Province di Trento e di Bolzano, CISMA), Marche (Regione)
- Piani di lavoro triennali (2006-2008 e 2009-2011)
- Collaborazione con il JRC di ISPRA e Terraria srl
- Numerosi inventari realizzati, condivisione di metodologie e dati
- Inquinanti considerati: SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, COV, CH<sub>4</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, PM2.5, PM10, PTS, CO<sub>2</sub>eq, Precursori O<sub>3</sub>, Totali acidificanti (in corso: PCDD/Fs, IPA, As, Cd, Cr, Ni, Hg, Pb)



## Emissioni da sorgenti diffuse


 Agenzia Regionale  
per la Protezione dell'Ambiente  
della Lombardia

- Emissioni **stimate** attraverso l'utilizzo di **dati statistici**
- **Parametri di calcolo:**
  - **Indicatore di Attività (A):** (consumi di combustibile, produzione di materiali, superficie coltivata, consumo di materie prime, numero di capi, etc.)
  - **Fattore di emissione (FE):** emissione riferita all'unità di attività della sorgente (quantità di inquinante emesso per unità di combustibile consumato, per unità di superficie, etc.)

*Emissione = A · FE*

## Emissioni da sorgenti diffuse

- **Fonti dei fattori di emissione:**

- EEA Guidebook: ultima versione 2009
- Dati ISPRA
- U.S. EPA Air CHIEF
- CEPMEIP (Co-ordinated European Programme on Particulate Matter Emission Inventories, Projections and Guidance)
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)
- Review di dati di letteratura
- Fattori di emissione medi stimati sulla base di dati locali

## Emissioni da sorgenti diffuse

- **Fonti degli indicatori di attività:** produzioni e consumi ricavati da diversi enti e associazioni di categoria (50 circa) tra cui:

- CESTEC per i dati del bilancio energetico
- Federchimica, Federacciai, Andil, Aipe, Federalimentare, Assovetro, Assocarta, Farindustria etc.
- ISTAT, EUROSTAT (dati PRODCOM)
- Indagini ad hoc (es: consumi di legna in piccoli impianti)

- **Variabili proxy:** servono per disaggregare un dato aggregato a livello provinciale e/o comunale

- popolazione residente (ISTAT), addetti (ASIA 2007), - numero di capi (RL)
- dati di fabbisogni energetici stimati da un apposito modulo di Inemar

## Emissioni da sorgenti diffuse

### • Disaggregazione delle emissioni a livello comunale:

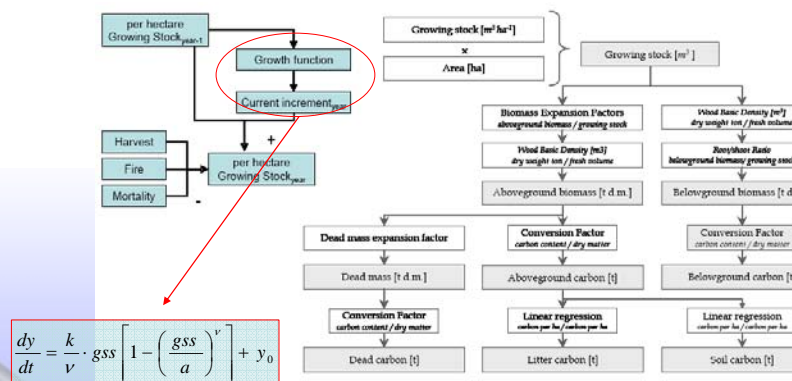
- Si utilizzano "variabili surrogate", o "**proxy**", ovvero degli indicatori ritenuti in grado di rappresentare la distribuzione del "peso" delle diverse emissioni sul territorio

$$E_{loc} = E_{tot} \cdot \frac{V_{loc}}{V_{tot}}$$

- $E_{loc}$ : valore dell'emissione locale
- $E_{tot}$ : valore dell'emissione totale
- $V_{loc}$ : valore locale della "variabile surrogata"
- $V_{tot}$ : valore totale della "variabile surrogata"

### Altre metodologie sono più complesse e faticose

- Traffico (Copert IV e Artemis)
- Emissioni da discariche di rifiuti
- Aeroporti
- Serbatoi
- "Assorbimenti" di CO<sub>2</sub> dal settore forestale



## IN.EM.AR – Lombardia



Sono state realizzate le seguenti edizioni:  
1997 2001 2003 2005 2007 2008

### IN.EM.AR 2008

- ➡ 17 Metodologie di stima delle emissioni (INEMAR 6\_08)
- ➡ circa 300 Tabelle
- ➡ Oltre 1 Gb di dati e di risultati

I risultati sono disponibili divisi per:

- Attività (nomenclatura SNAP97, 249 tipi)
- Combustibile (33 tipi)
- Regione - Province (11) - Comuni (1546)

## Risultati disponibili sulla pagina web di INEMAR

accesso da [www.inemar.eu](http://www.inemar.eu)



**INEMAR**

**INventario EMISSIONI ARia - Regione Lombardia**

### INEMAR LOMBARDIA

In Lombardia è attualmente disponibile l'inventario delle emissioni di SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, COVNM, CH<sub>4</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> e PTS nell'anno 2008, realizzato da ARPA Lombardia. I dati sono disponibili per la revisione pubblica da parte degli esperti del settore e in generale degli utenti.

Cos'è Inemar Lombardia

Scarica i dati dell'inventario 2008 - (public review)

Risultati principali dell'inventario 2008

Area utenti: [InemarWiki](#) e [FontiEmissioni](#)

Sono scaricabili i dati riassuntivi regionali e provinciali già in forma tabellare, grafica e di mappe

ARPA Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Lombardia

ARPA Regione Lombardia

## INEMAR INventario EMissioni ARia - Regione Lombardia

Ricerca  
Cerca... GO

Quick Links  
Home  
Scarica dati  
Cos'è INEMAR  
Metodologia  
L'Inventario 2008  
La revisione pubblica  
Lettura dei dati  
L'inventario 2007  
L'inventario 2005

InemarDatiWeb. InemarDatiWeb > Principali risultati Inventario 2008 > Risultati Regionali Inventario 2008 (public review)

### Principali risultati Inventario 2008 (public review)

In questa sezione sono rappresentati in forma grafica i principali risultati dell'inventario delle emissioni relativo al 2008 (public review). Si ricorda al lettore che i dati dell'inventario sono scaricabili qui.

- Risultati Regionali (dati tabellari, mappe)
- Risultati Provinciali (dati tabellari)

### Risultati Regionali 2008 (public review)

In questa sezione sono presenti i grafici riassuntivi delle emissioni regionali dei macroinquinanti. Si possono altresì scaricare i dati in forma tabellare e visualizzare le mappe.

#### Ripartizione percentuale emissioni di SO<sub>2</sub> in Lombardia

1.3% 0.2%

- 1 - Produzione energia e trasform. combustibili
- 2 - Combustione non industriale

Scaricamento elaborazioni personalizzate

ARPA Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Lombardia

ARPA Regione Lombardia

## INEMAR INventario EMissioni ARia - Regione Lombardia

### Selezione MSA

Percorso: Home | Elaborazioni personalizzate | Selezione MSA

Scarica dati di emissione - Seleziona i macrosettori, settori e attività

**MSA selezionabili**

- 1 - Produzione energia e trasformazioni combustibili
- 2 - Combustione non industriale
  - 1 - Impianti commerciali ed istituzionali
  - 2 - Impianti residenziali
  - 3 - Impianti in agricoltura silvicoltura e acquacoltura
- 3 - Combustione nell'industria
- 4 - Processi produttivi
- 5 - Estrazione e distribuzione combustibili
- 6 - Uso di solventi
- 7 - Trasporto su strada
- 8 - Altre sorgenti mobili e macchinari
- 9 - Trattamento e smaltimento rifiuti

S ELEZIONE  
D ESELEZIONE  
S ELEZIONE TUTTO  
D ESELEZIONE TUTTO

**MSA selezionati**

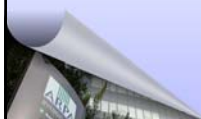
- 2 - Combustione non industriale
  - 2 - Impianti residenziali
    - 6 - Camino aperto tradizionale
    - 7 - Stufa tradizionale a legna
    - 8 - Camino chiuso o inserto
    - 9 - Stufa o caldaia innovativa
    - 10 - Stufa automatica a pellets o cippato o BAT legna
    - 11 - Sistema BAT pellets

## Emissioni in Lombardia ripartite per macrosettore (2008)



Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Lombardia

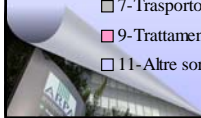
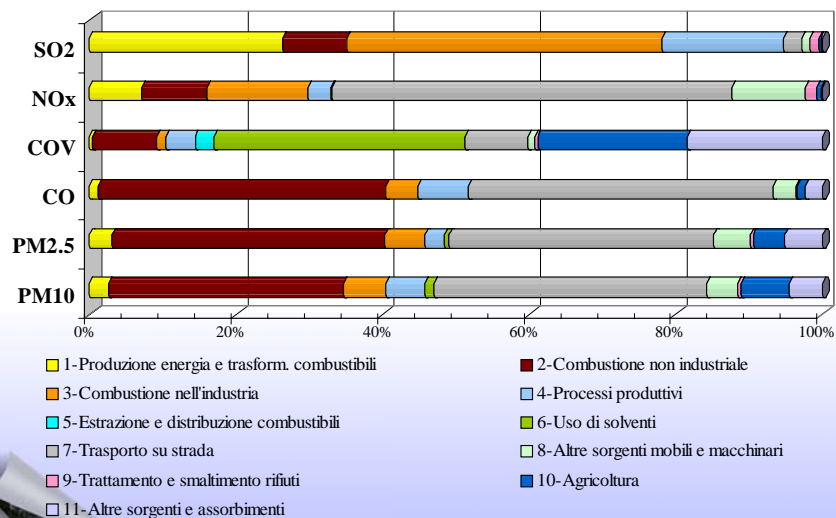
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	COV	CH <sub>4</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>	PM2.5	PM10	PTS	CO <sub>2</sub> eq	Precurs. O <sub>3</sub>	Tot. acidif. (H <sup>+</sup> )
	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	kt/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	kt/anno	t/anno	kt/anno
1-Produzione energia e trasform. combustibili	6.623	11.240	1.398	975	3.334	18.995	268	11	473	482	606	19.098	15.491	452
2-Combustione non industriale	2.203	14.079	28.227	7.499	115.034	17.150	1.479	204	5.649	5.835	6.074	17.766	58.163	387
3-Combustione nell'industria	10.782	21.633	3.910	867	12.628	9.997	706	420	829	1.071	1.628	10.234	31.704	832
4-Processi produttivi	4.171	5.139	13.083	144	20.335	4.517	52	95	403	951	1.135	4.536	21.591	248
5-Estrazione e distribuzione combustibili			8.313	88.078								1.850	9.546	
6-Use di solventi	0,7	89	111.059	0,3	63			14	104	245	307	724	111.175	2,8
7-Trasporto su strada	606	86.181	27.709	1.833	121.620	19.356	623	1.643	5.476	6.787	8.283	19.588	146.253	1.989
8-Altre sorgenti mobili e macchinari	275	15.892	3.097	30	9.198	1.809	66	3,1	753	763	763	1.830	23.497	354
9-Trattamento e smaltimento rifiuti	329	2.439	1.086	99.931	480	771	379	240	70	80	104	2.987	5.513	77
10-Agricoltura	58	896	65.834	226.474	3.049		11.341	105.960	647	1.212	2.294	8.272	70.433	6.254
11-Altre sorgenti e assorbimenti	47	206	59.745	5.014	6.700	-3.040		47	784	806	822	-2.934	60.804	8,7
<b>Totale</b>	<b>25.096</b>	<b>157.793</b>	<b>323.462</b>	<b>430.843</b>	<b>292.442</b>	<b>69.554</b>	<b>14.914</b>	<b>108.637</b>	<b>15.188</b>	<b>18.232</b>	<b>22.016</b>	<b>83.949</b>	<b>554.170</b>	<b>10.605</b>



## Distribuzione percentuale delle emissioni in Lombardia per macrosettore (2008)

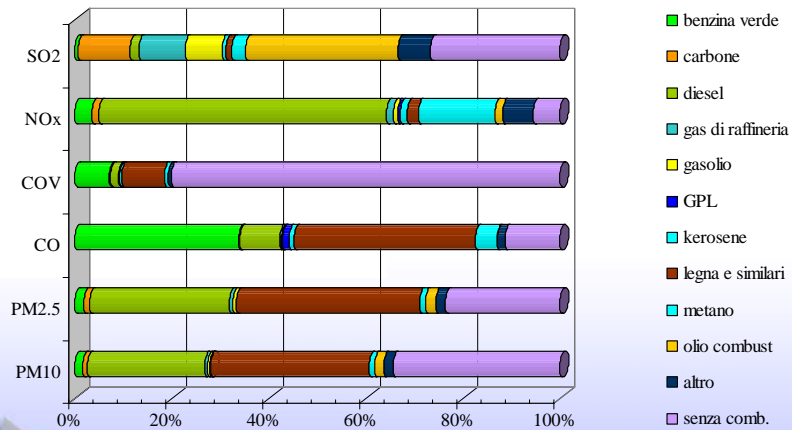


Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Lombardia

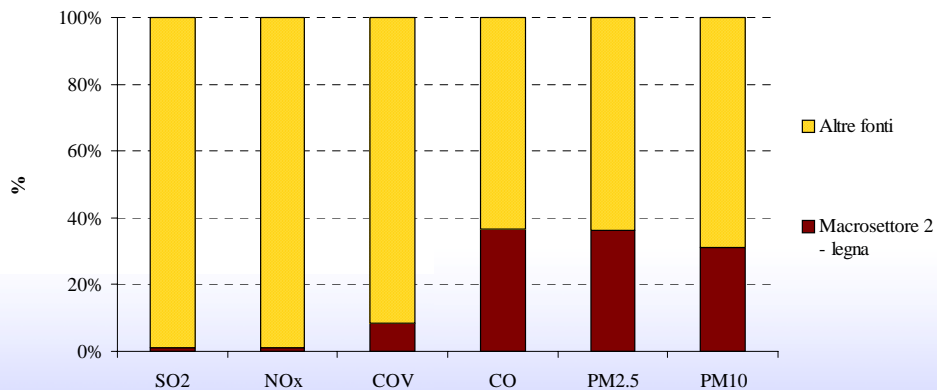




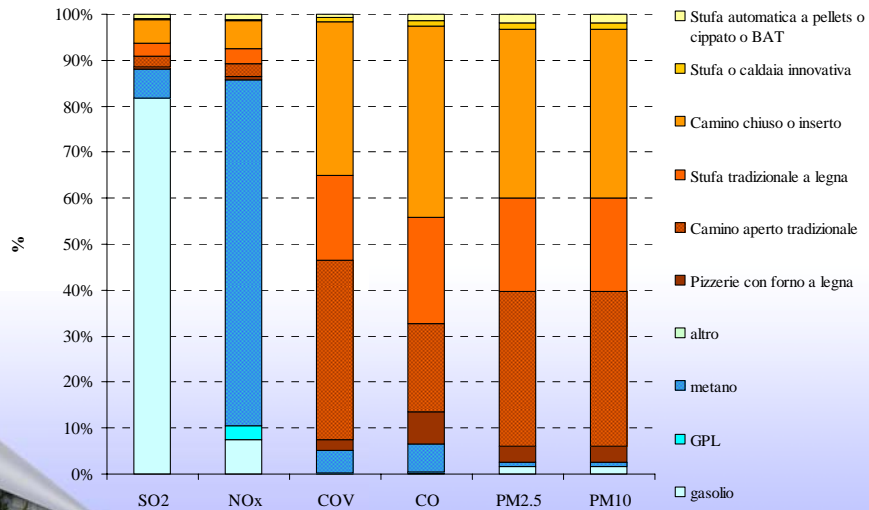
## Distribuzione percentuale delle emissioni in Lombardia per combustibile (2008)



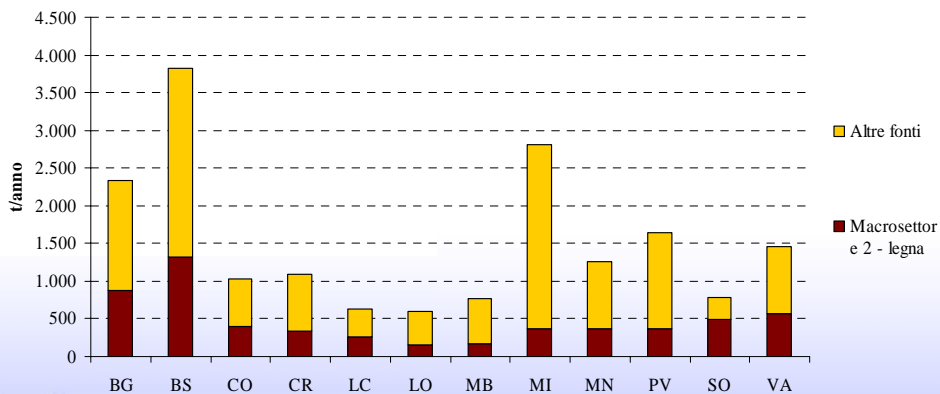
## Contributo alle emissioni annue della combustione in ambito non industriale di legna, anno 2008



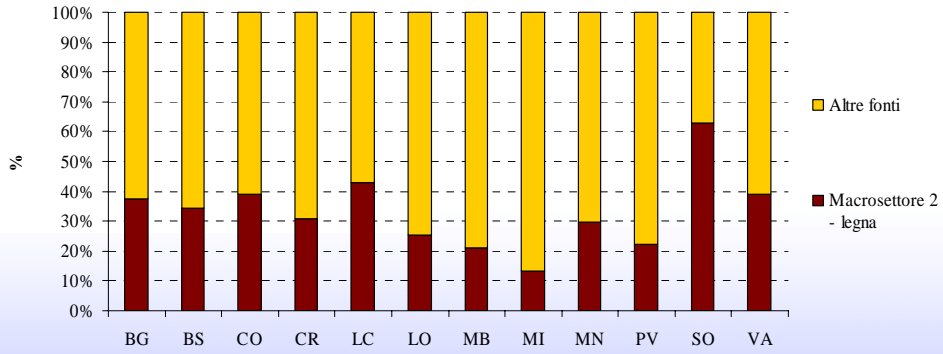
### Contributo di combustibili e tecnologie sulle emissioni del macrosettore 2 - combustioni non industriali (2008)



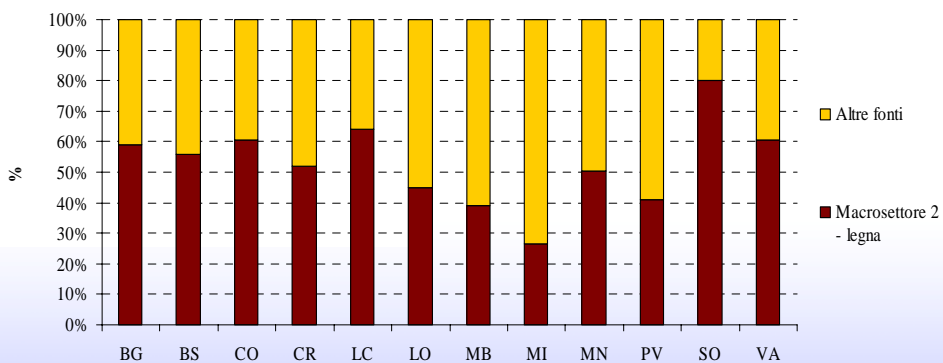
### Contributo delle emissioni da legna da combustioni non industriali sul totale delle emissioni di PM10 primario, ripartite per provincia (2008)



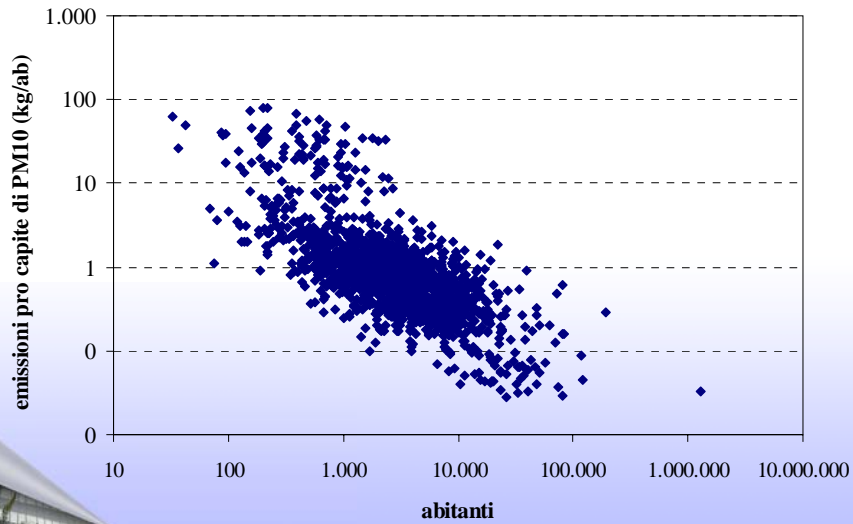
**Contributo delle emissioni da legna da combustioni non industriali sul totale delle emissioni di PM10 primario, ripartite per provincia (2008)**



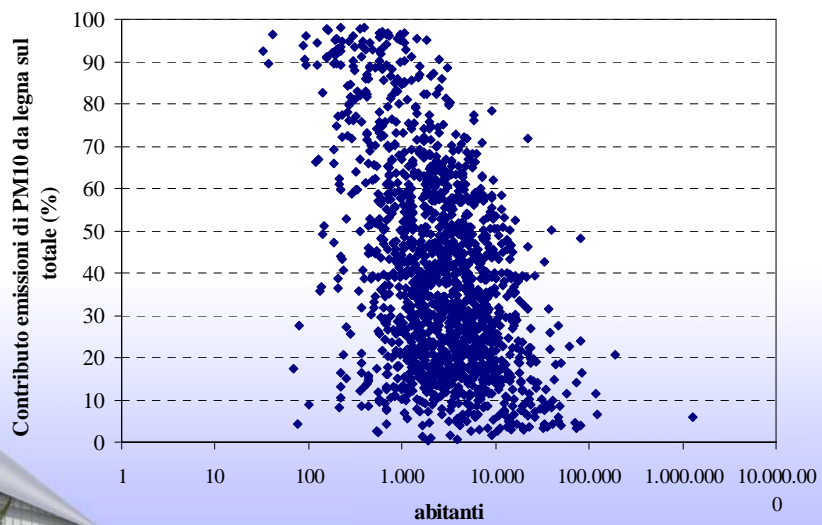
**Contributo delle emissioni da legna da combustioni non industriali sul totale delle emissioni di PM10 primario, ripartite per provincia (gennaio 2008)**



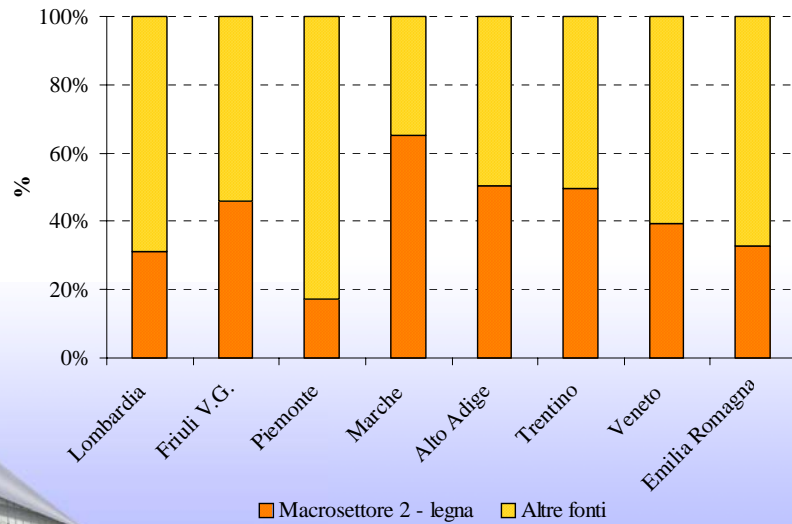
### Emissioni pro capite di PM10 da combustione non industriale di legna (2008)



### Emissioni pro capite di PM10 da combustione non industriale di legna (2008)

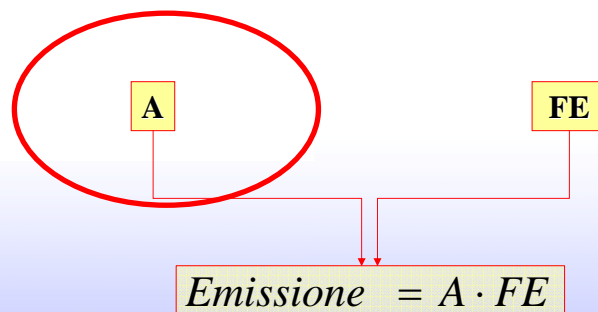


## Contributo delle emissioni da legna da combustioni non industriali sul totale delle emissioni di PM10 primario, in diverse regioni italiane



## Emissioni da sorgenti diffuse – combustione domestica della legna

- Emissione **stimata** attraverso l'utilizzo di **dati statistici**
- **Parametri di calcolo:**
  - **Indicatore di Attività (A):** consumo di legna
  - **Fattore di emissione (FE):** emissione riferita all'unità di combustibile



Stima da effettuare per ogni tipologia di apparecchio a legna

## Consumi di legna da ardere

Come stimare la legna consumata in piccoli apparecchi domestici?

Problemi:

- la legna è acquistata in larga parte da circuiti informali;
- l'utilizzo della legna è molto spesso come integrazione ad un combustibile principale;
- non esiste un sistema di contabilizzazione;



Pescocostanzo (Abruzzo, Agosto 2006)

## Metodologie di stima dei consumi di legna da ardere

- **CATI (Computer Assisted Telephone Interviewing)**

*pro:* rappresentatività campione

*contro:* scarsa conoscenza dei consumi da parte di molti utilizzatori; costi

- **Questionari**

*pro:* facilità

*contro:* rappresentatività campione; scarsa conoscenza dei consumi da parte di molti utilizzatori

- **Questionari con aiuto alla compilazione**

*pro:* maggiore precisione

*contro:* rappresentatività campione

- **Bilancio biomasse (tagli di legna dai boschi + import – export)**

*pro:* facilità, frequenza

*contro:* incertezze stime dei tagli e delle importazione

## Indagini disponibili



- A livello nazionale  
ENEA: indagini nel 1997 e nel 1999 (CATI)  
**APAT-Arpa Lombardia nel 2006 (CATI)**
- A livello regionale  
*Lombardia*
  - Fondazione Lombardia per l'Ambiente (Progetto Kyoto) nel 2004 (30.000 questionari nelle scuole medie)
  - **JRC-ISPRa nel 2008 (CATI)**
  - ARPA Lombardia – Provincia di Milano nel 2007 (CATI)*Piemonte:* indagine IPLA nel 2007  
**Alto Adige: Provincia Tn-Bz/CISMA nel 2009 (questionari guidati)**  
**Emilia Romagna: ARPA Emilia Romagna nel 2010 (CATI)**  
*Veneto:* Dipartimento ARPAV di Belluno nel 2005 (scuole)  
*Liguria:* questionari  
*Puglia:* ARPA Puglia (in corso) CATI (+ pizzerie e panetterie)

## Indagine APAT/ARPA Lomb. 2006



Ha combinato due metodi:

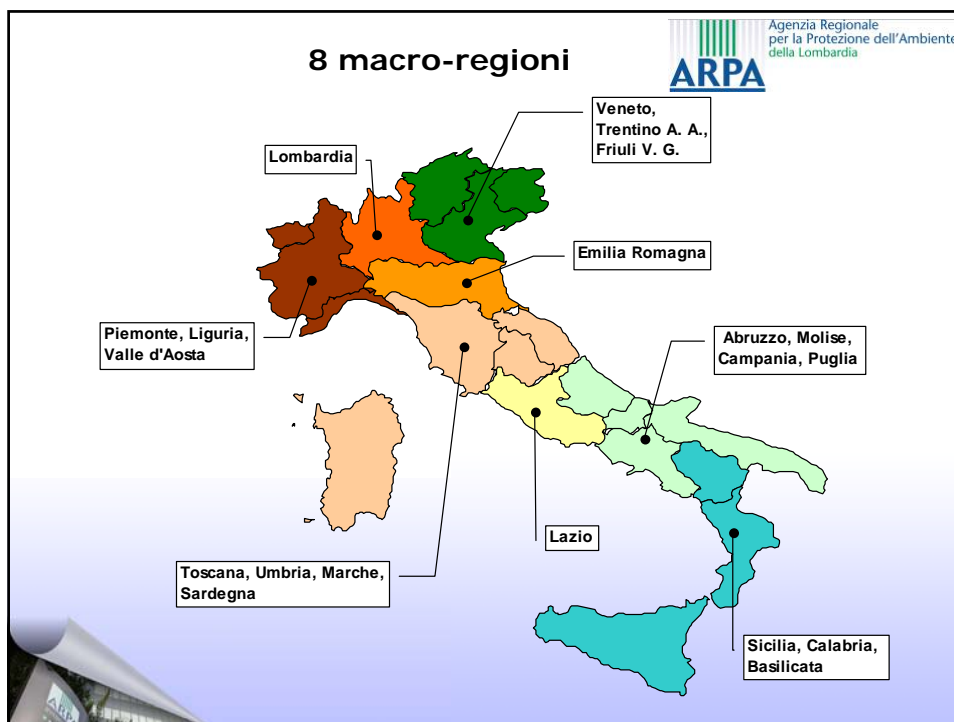
- CATI (Computer Assisted Telephone Interviewing)
- Telepanel (campione rappresentativo della popolazione italiana connessa al data center via PC)

→ 5,000 famiglie

campione suddiviso in quattro strati:

- macro-regioni (8)
- ampiezza centri abitati (5)
- altitudine (3)
- numero dei componenti (5)

Campione analizzato e rapportato all'universo di riferimento (21 milioni di famiglie) attraverso tecniche di inferenza statistica



### Altri strati

Agenzia Regionale  
 per la Protezione dell'Ambiente  
 della Lombardia  
**ARPA**

3 strati di <b>altitudine</b> :	
Pianura (fino a 300 m)	
Collina (da 300 a 600 m)	
Montagna (sopra 600 m)	
5 strati di <b>ampiezza dei centri abitati</b> :	
Fino a 5,000 abitanti	un membro
da 5,001 a 20,000	2 membri
da 20,001 a 50,000	3 membri
da 50,001 a 100,000	4 membri
più di 100,000 abitanti	5 membri e più
	5 strati di <b>numero di componenti</b> :



## Diffusione dell'uso della legna

≅ **26%** delle famiglie italiane usano legna per usi domestici

85% nella casa di residenza

➔ 10% nella seconda casa

5% in entrambe

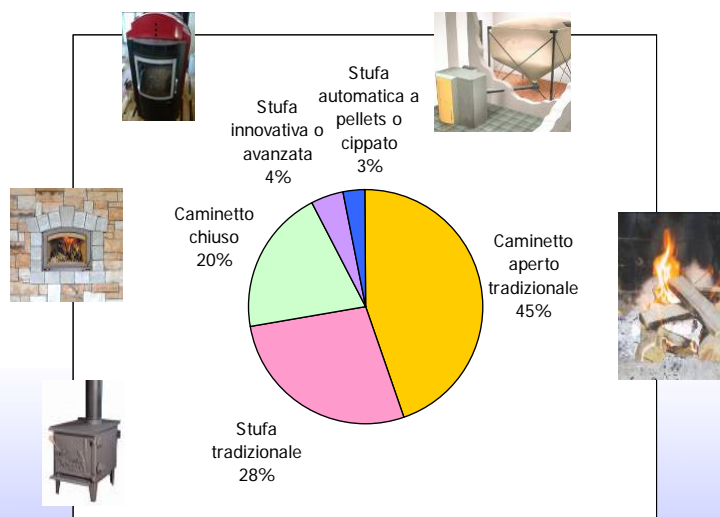
Usano regolarmente legna, cioè più di 4 volte all'anno

➔ **circa 20% delle famiglie**

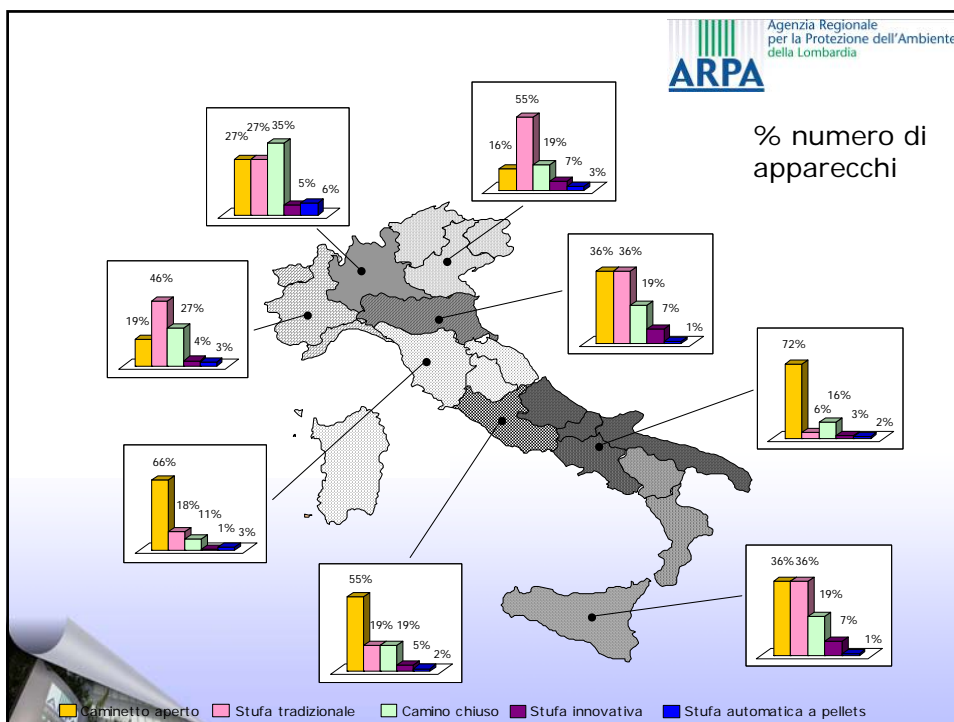
L'uso della legna è più diffuso


- in montagna e collina
- in edifici indipendenti
- in centri con meno di 5.000 abitanti
- per riscaldare (70%) piuttosto che per cucinare (30%)

## Distribuzione dei sistemi di combustione a legna



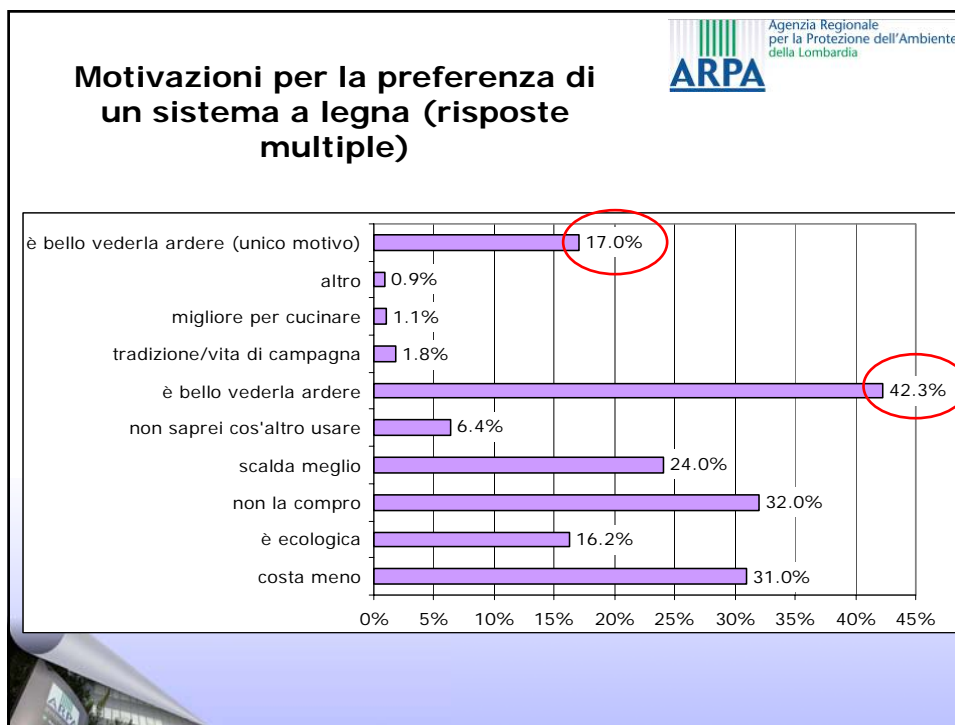
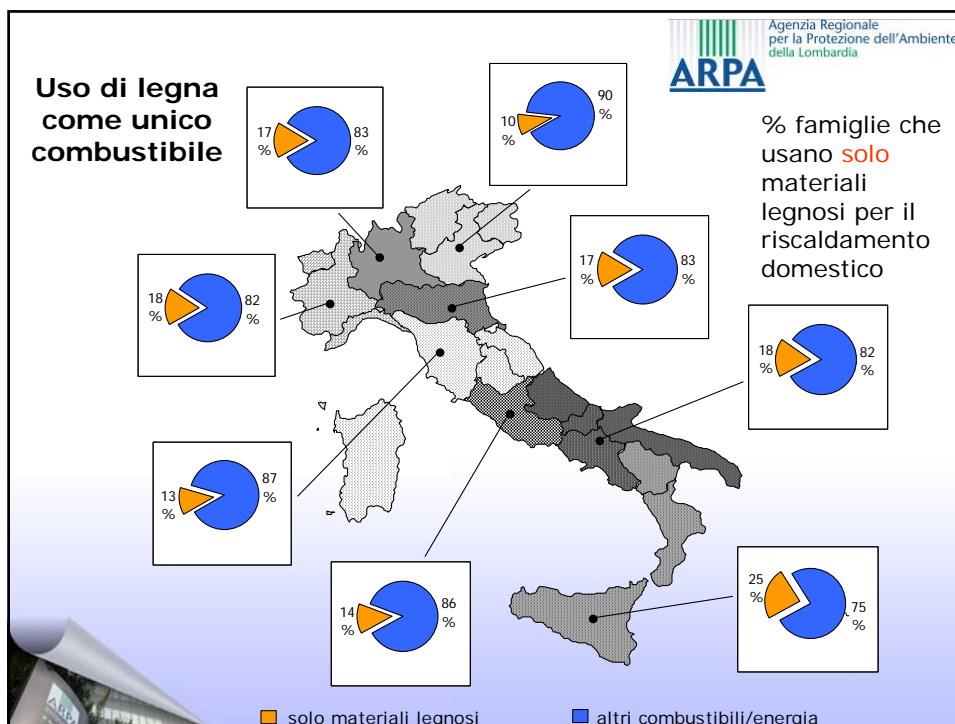
Una media di 1.3 apparecchi / abitazione




 Agenzia Regionale  
per la Protezione dell'Ambiente  
della Lombardia

### Consumi di legna in Italia per macro-regioni

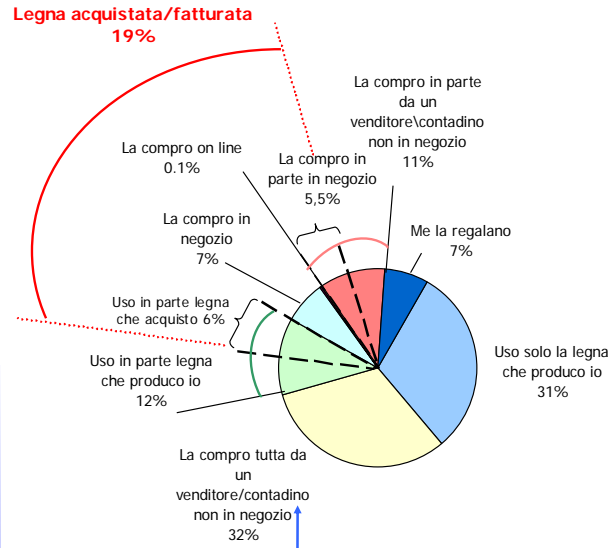
	ABITAZIONI	%	CONSUMI	%	CONSUMI PER ABITAZIONE
			(t)		Media (t)
<b>ITALIA</b>	<b>4,432,419</b>	<b>100</b>	<b>19,119,481</b>	<b>100</b>	<b>4.3</b>
<i>PIEMONTE / LIGURIA / VALLE D'AOSTA</i>	480,115	10.8	2,268,662	11.9	4.7
<i>LOMBARDIA</i>	594,396	13.4	2,034,035	10.6	3.4
<i>TRIVENETO</i>	656,140	14.8	3,112,048	16.3	4.7
<i>EMILIA ROMAGNA</i>	271,260	6.1	932,336	4.9	3.4
<i>TOSCANA / MARCHE / UMBRIA / SARDEGNA</i>	752,458	17.0	3,461,665	18.1	4.6
<i>LAZIO</i>	404,453	9.1	1,707,416	8.9	4.2
<i>ABRUZZO / MOLISE / CAMPANIA / PUGLIA</i>	782,329	17.7	3,350,698	17.5	4.3
<i>CALABRIA / BASILICATA / SICILIA</i>	491,269	11.1	2,252,622	11.8	4.6



## Approvvigionamento

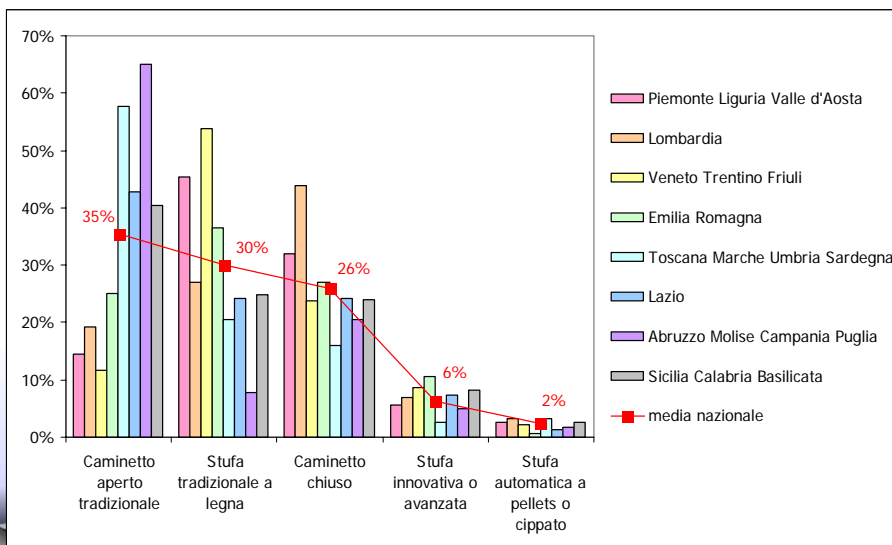
Equilibrio tra autoproduzione e acquisto.

Solo  $\cong$  20% della legna bruciata è "registrata" in statistiche ufficiali, come fatturata o acquistata ( $\cong$  3.8 Mt vs. 20 Mt).



I contadini non danno ricevute...

## Consumi per tipo di apparecchio (%)



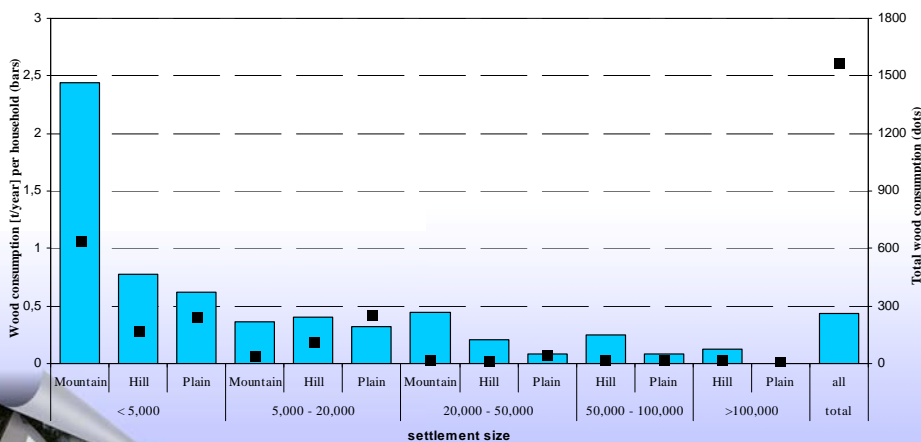
## Consumi regionali per tipo di apparecchio (t)


Regione	Consumi (t)				
	Caminetto aperto tradizionale	Stufa tradizionale a legna	Caminetto chiuso	Stufa innovativa o avanzata	Stufa automatica a pellets o cippato
PIEMONTE	229,847	723,205	508,981	89,031	40,633
VALLE D'AOSTA	6,811	21,432	15,083	2,638	1,204
LOMBARDIA	390,175	547,699	891,394	138,514	66,252
TRENTINO A. A.	51,480	238,532	104,865	38,734	9,308
VENETO	240,393	1,113,856	489,683	180,875	43,467
FRIULI V. GIULIA	69,837	323,586	142,258	52,546	12,628
LIGURIA	90,945	286,154	201,391	35,227	16,078
EMILIA ROMAGNA	234,034	340,851	251,522	99,243	6,686
TOSCANA	975,694	349,480	270,377	42,168	56,435
UMBRIA	219,678	78,686	60,875	9,494	12,706
MARCHE	386,418	138,409	107,081	16,700	22,351
LAZIO	731,401	413,850	414,767	125,458	21,939
ABRUZZO	263,629	31,402	82,736	20,210	7,064
MOLISE	68,415	8,149	21,471	5,245	1,833
CAMPANIA	1,062,048	126,506	333,309	81,417	28,457
PUGLIA	786,776	93,717	246,918	60,314	21,081
BASILICATA	72,266	44,542	42,928	14,504	4,607
CALABRIA	238,310	146,887	141,563	47,829	15,194
SICILIA	599,627	369,592	356,196	120,346	38,229
SARDEGNA	411,846	147,517	114,128	17,799	23,822
<b>ITALIA</b>	<b>6,758,616</b>	<b>5,722,894</b>	<b>4,966,975</b>	<b>1,218,353</b>	<b>452,642</b>

## Lombardia: Indagine JRC-ISPRA, inverno 2007/2008

Campione di 18.085 famiglie lombarde

Clusterizzazione dei consumi di legna per tipo di apparecchio, dimensione centro abitato e posizione geografica





 Agenzia Regionale  
per la Protezione dell'Ambiente  
della Lombardia

Atmospheric Environment 45 (2011) 2869–2876


---

Contents lists available at ScienceDirect



## Atmospheric Environment

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv)




---

Importance of activity data for improving the residential wood combustion emission inventory at regional level

Cinzia Pastorello<sup>a</sup>, Stefano Caserini<sup>b,\*</sup>, Silvia Galante<sup>b</sup>, Panagiota Dilara<sup>a</sup>, Fabio Galletti<sup>c</sup>

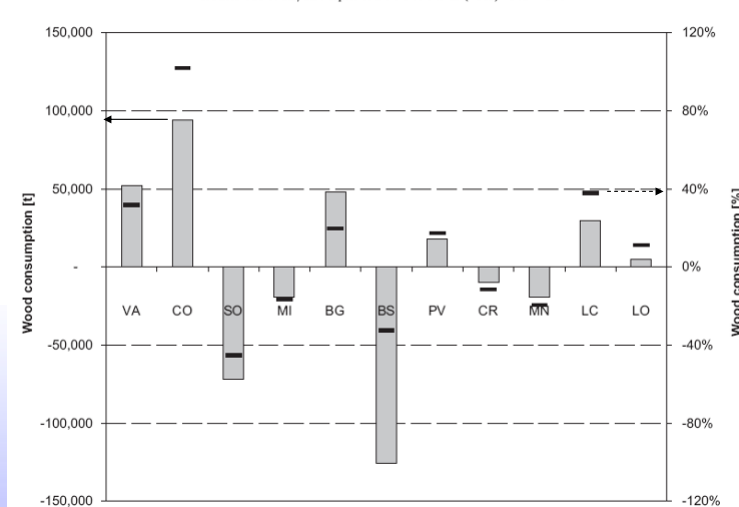
### La precisione nella stima dei consumi a scala locale influisce pesantemente sulla stima delle emissioni di PM10


 Agenzia Regionale  
per la Protezione dell'Ambiente  
della Lombardia

Il maggior dettaglio dell'analisi ha cambiato nettamente le emissioni a scala provinciale

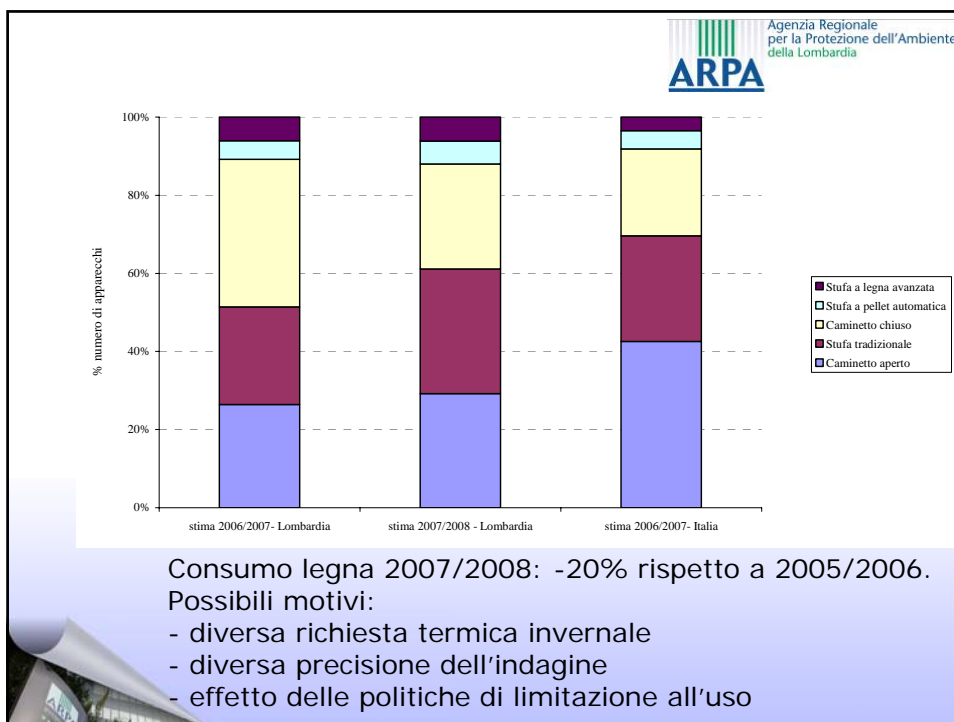
C. Pastorello et al. / Atmospheric Environment 45 (2011) 2869–2876

Differenza normalizzata\*  
indagine  
2005/06 -  
2007/08







Province	Wood consumption [t] (approx.)	Wood consumption [%] (approx.)
VA	50,000	33%
CO	95,000	63%
SO	-70,000	-47%
MI	-20,000	-13%
BG	45,000	30%
BS	-125,000	-83%
PV	20,000	13%
CR	-10,000	-7%
MN	-15,000	-10%
LC	30,000	20%
LO	10,000	7%

\* a parità di consumi totali regionali



## Indagine estensiva sulle emissioni degli impianti domestici a biomasse in Alto Adige

AUTONOMIE PROVINCE SOUDAN - SUDSUD  
Abkhaz 29 - Landesagentur für Umwelt      PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO - ALTO ADIGE  
Repubblica 29 - Agenzia provinciale per l'ambiente

Censimento statistico impianti a biomassa 1-300 kW

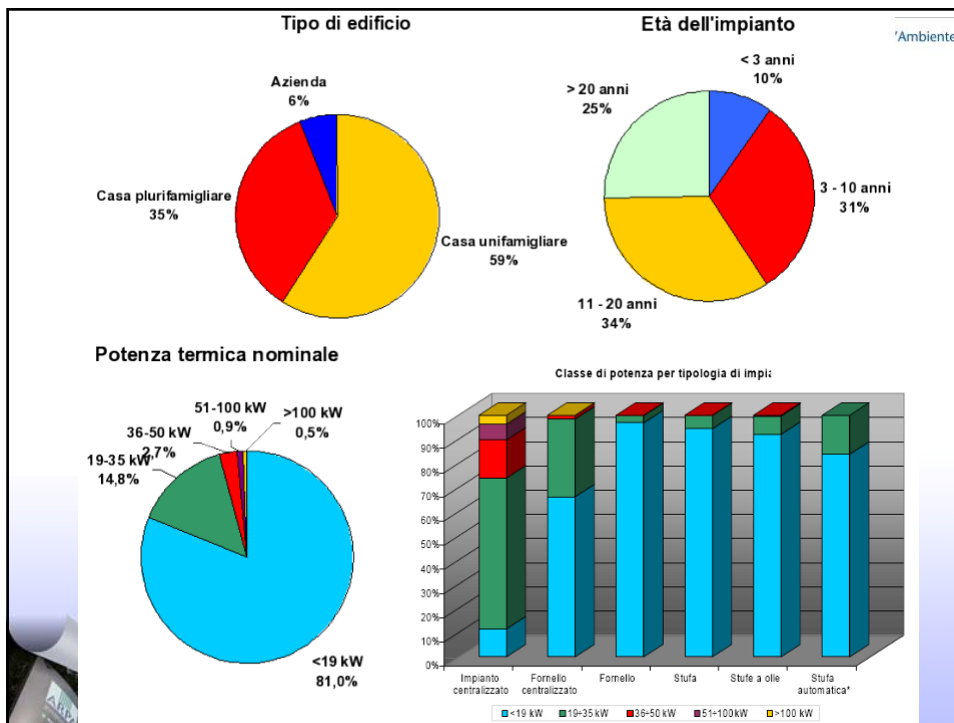
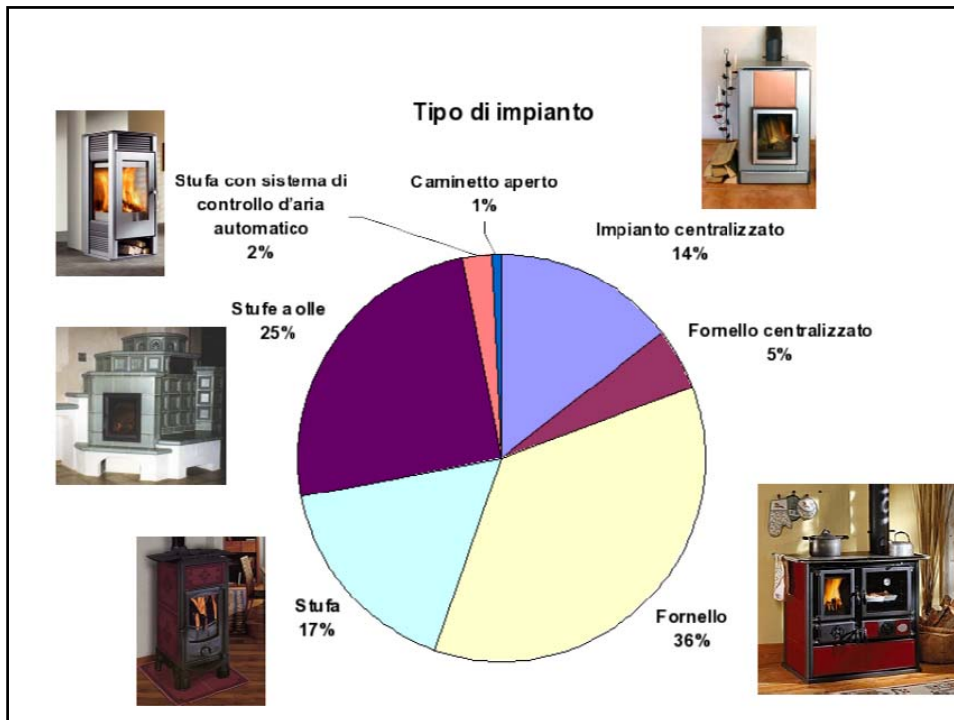
Comune			
Codice Spazzacamino			
Tipo di edificio: <input type="checkbox"/> Casa monofamiliare <input type="checkbox"/> Casa plurifamiliare <input type="checkbox"/> Azienda			
Impianto: <input type="checkbox"/> Impianto centralizzato <input type="checkbox"/> Caminetto aperto <input type="checkbox"/> Stufa con sistema di controllo d'aria automatico (stufa innovativa) <input type="checkbox"/> Stufa a cile <input type="checkbox"/> Fornello centralizzato <input type="checkbox"/> Fornello <input type="checkbox"/> Stufa			
Potenza nominale caldaia [kW]: <input type="checkbox"/> <19 <input type="checkbox"/> 19-35 <input type="checkbox"/> 35-50 <input type="checkbox"/> 51-100 <input type="checkbox"/> > 100			
Caricamento combustibile: <input type="checkbox"/> manuale <input type="checkbox"/> automatico			
Stato di manutenzione dell'impianto: <input type="checkbox"/> ottimale <input type="checkbox"/> discreto <input type="checkbox"/> scadente <input type="checkbox"/> da sostituire			
Eta dell'impianto [anni]: <input type="checkbox"/> < 3 <input type="checkbox"/> 3-10 <input type="checkbox"/> 11-20 <input type="checkbox"/> >20			
Combustibile: <input type="checkbox"/> Ciocche [mq] <input type="checkbox"/> Pellets [quintali] <input type="checkbox"/> Scarti di legna [mq] <input type="checkbox"/> Cippato [mq] <input type="checkbox"/> Carbonella [quintali] <input type="checkbox"/> Segatura [mq] <input type="checkbox"/> Bricchette [quintali]			
derivata da: <input type="checkbox"/> Legno di conifere <input type="checkbox"/> Legno di latifoglie			
Consumo annuale di combustibile (in media): <input type="checkbox"/> <2 <input type="checkbox"/> 2-5 <input type="checkbox"/> 5-10 <input type="checkbox"/> 11-15 <input type="checkbox"/> 16-30 <input type="checkbox"/> 31-60 <input type="checkbox"/> 61-100 <input type="checkbox"/> 101-200 <input type="checkbox"/> 201-500 <input type="checkbox"/> 501-1000 <input type="checkbox"/> >1000			
Periodo di esercizio [mesi]: <input type="checkbox"/> < 4 <input type="checkbox"/> 5-6 <input type="checkbox"/> 7-9 <input type="checkbox"/> 9-12			
Giorni di esercizio per settimana: <input type="checkbox"/> <2 <input type="checkbox"/> >5 <input type="checkbox"/> 6-7			
Residui della combustione (più volte possibili): <input type="checkbox"/> Solo cenere <input type="checkbox"/> Agli di cenere* da pannelli truciolati <input type="checkbox"/> Residui di cartaceo <input type="checkbox"/> Cnodi, vite, e.c. <input type="checkbox"/> Aluminoplastici, e.c. <input type="checkbox"/> Altro			

Firma/ Timbro

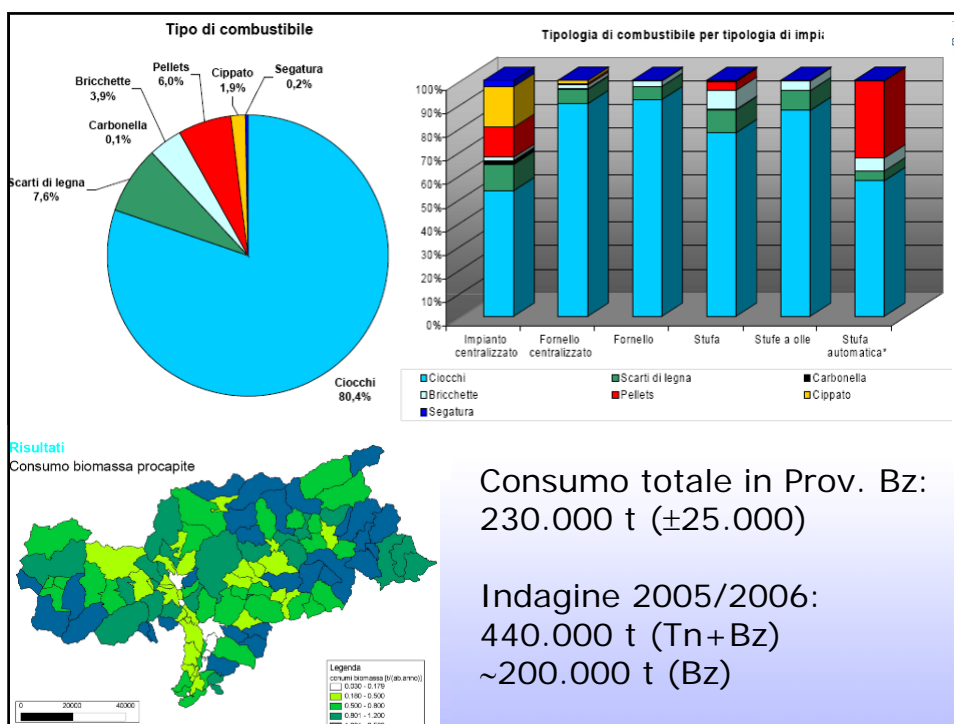
Campagna di censimento novembre 2008 – giugno 2009

Distribuzione di ~15.000 schede questionario agli spazzacamini di zona, con informazioni di tipo:

- tecnico (potenza, tipo edificio, caricamento, ...);
- gestionale (periodo esercizio, tipo / quantità combustibile, residui combustione, ...).







## Indagine ARPA Emilia Romagna - 2009/2010



Consumi nell'inverno 2009/2010  
Campione di 12.150 famiglie utilizzatrici di biomasse legnose nella regione; 1.350 contatti per ognuna delle 9 provincie

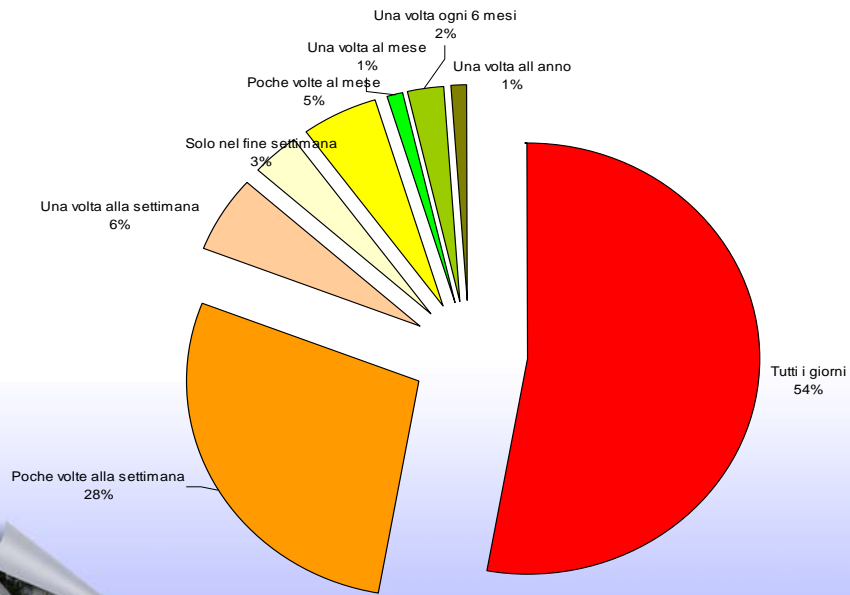
Il campione è stato stratificato secondo:  
*Posizione geografica:*

- Pianura
- Collina
- Montagna

*Zone a diversa densità abitativa:*

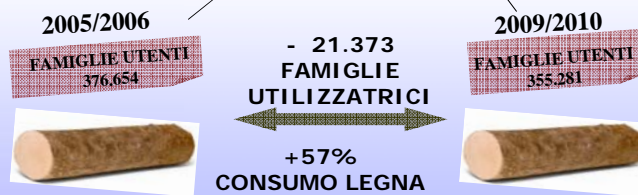
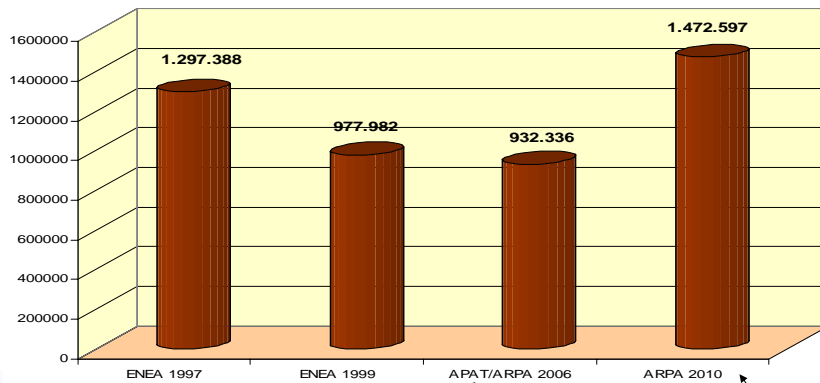
- Alta densità >650 ab/mq
- Media densità 250-650 ab/mq
- Bassa densità <250 ab/mq

# Indagine ARPA Emilia Romagna - 2009/2010



più del 50% degli utilizzatori della biomassa la utilizzano tutti i giorni

# Indagine ARPA Emilia Romagna - 2009/2010



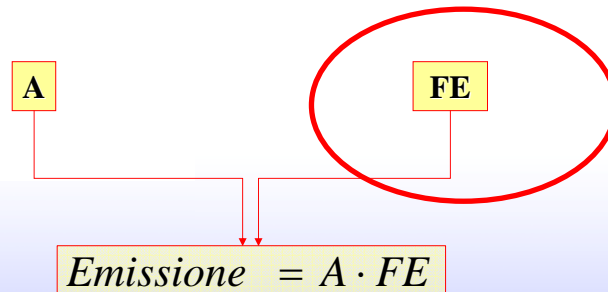
## Conclusioni sulla stima dei consumi di legna: Stime affidabili ma ulteriori approfondimenti utili

### Per il futuro:

- stime CATI almeno a livello quinquennale
- attenzione alla stima dei consumi non dichiarati ma stimati in base alla durata del consumo e/o la superficie riscaldata
- da integrare con stime derivanti da questionari "guidati"
- possibilità di raccolta dati nell'ambito dei programmi di controllo delle canne fumarie?
- collaborazione in corso con ANFUS

## Emissioni da sorgenti diffuse – combustione domestica della legna

- Emissione **stimata** attraverso l'utilizzo di **dati statistici**
- **Parametri di calcolo:**
  - **Indicatore di Attività (A)**: consumo di legna
  - **Fattore di emissione (FE)**: emissione riferita all'unità di combustibile



Stima da effettuare per ogni tipologia di apparecchio a legna

## Fattori di emissione

### Le emissioni in atmosfera dipendono da:

- Tipo di apparecchio
- Tipo di legna
- Modalità di alimentazione / conduzione dell'apparecchio

### I fattori di emissione dipendono anche da:

- Sistema di misurazione (in particolare per PM e COV)

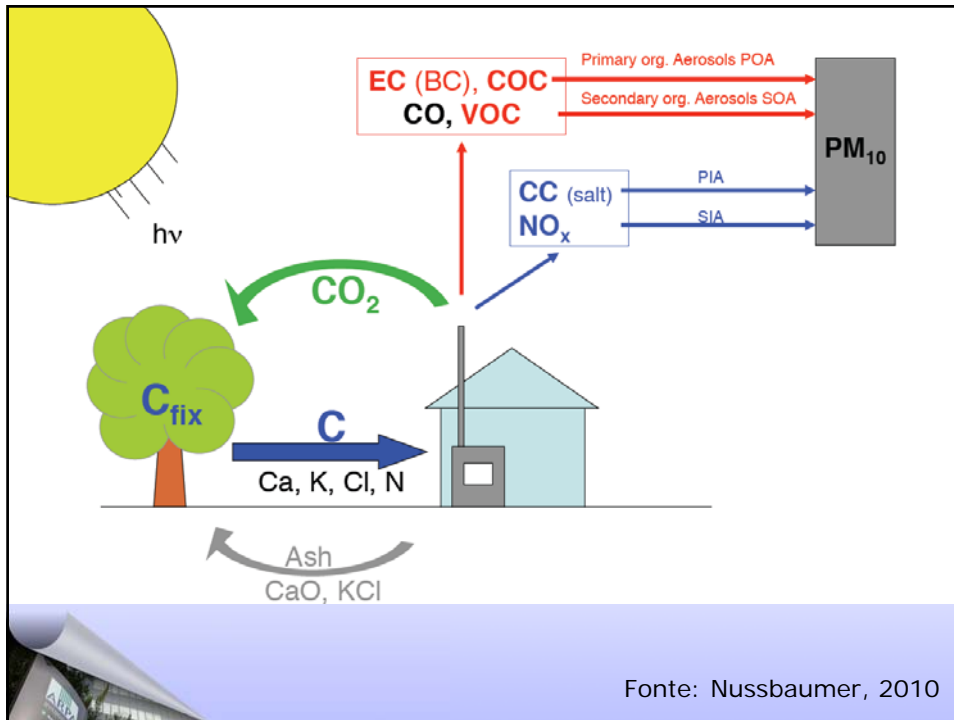
Come è possibile descrivere questa grande variabilità?



## Fattori di emissione

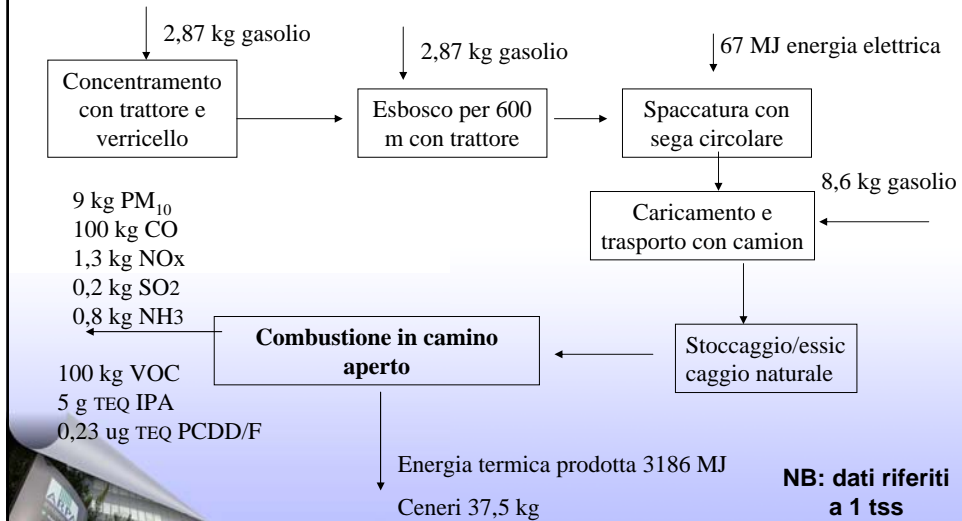
### Principali inquinanti di interesse per gli inventari

- PM10, PM2,5 (primario)
  - COVNM
  - CO
  - IPA
  - Diossine
  - Black Carbon
  - (CO<sub>2</sub>)
  - (particelle ultrafini) → relazione prof. Cernuschi
- relazione  
 Ing. Galante

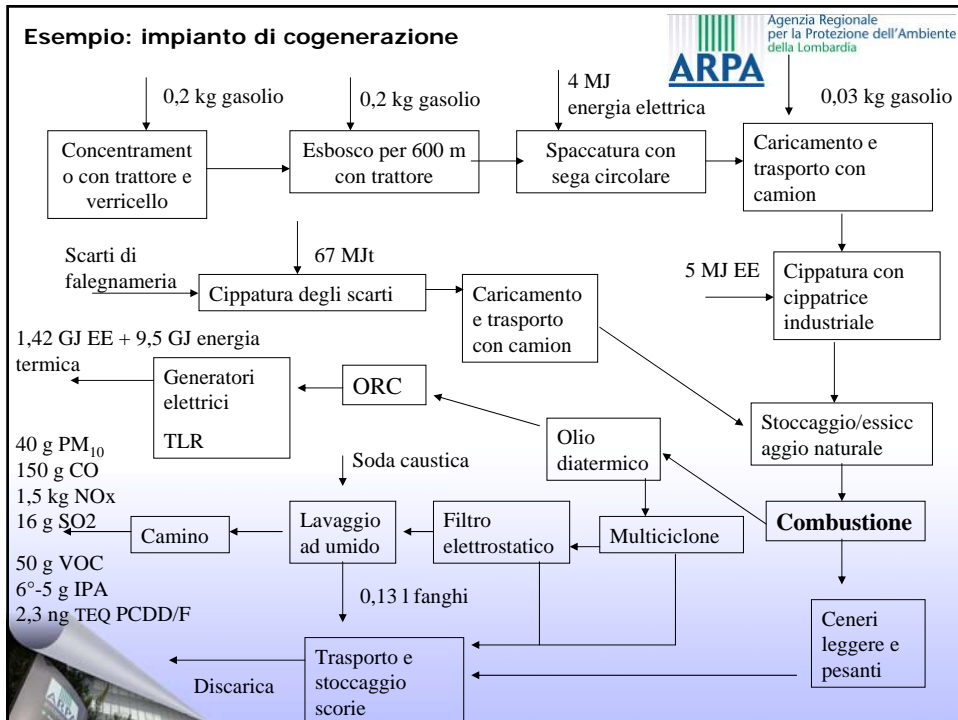


## Gli studi LCA condotti sulla combustione della legna hanno mostrato le minori emissioni di gas serra

Esempio: combustione in camino aperto di scarti di manutenzione boschiva (Fonte: DIIAR Polimi- Progetto Kyoto)



## Esempio: impianto di cogenerazione

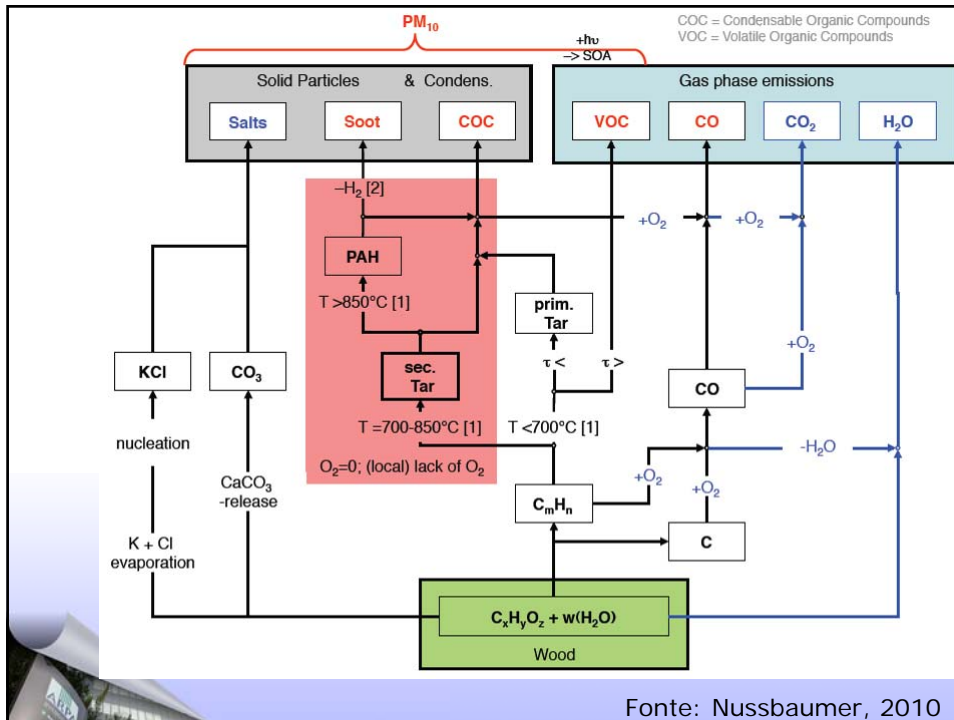


# LCA - RISULTATI

	Effetto serra	Tossicità umana	Acidificazione	Produzione di smog fotochimico
	kg CO <sub>2</sub> eq/ts	kg 1,4-DB eq/ts	kg SO <sub>2</sub> eq/ts	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq/ts
Camino aperto	-80,4	2870	3,05	44,5
Stufa tradizionale	-698	2801	2,26	11
Stufa innovativa	-932	2782	1,17	5,17
Stufa a pellet	-1010	105	1,82	1,45
Sistema BAT a pellet	-1080	96,3	1,63	0,762
Teleriscaldamento 10 MW	-1020	-106	-2,28	-0,305
Teleriscaldamento 100 MW	-914	-116	-2,68	-0,227
Teleriscaldamento 10 MW + SRF	-745	-78,8	-1,67	-0,117
Teleriscaldamento 100 MW + SRF	-849	-67,6	-0,686	-0,147

(valori negativi per le categorie di impatto significano risparmio rispetto all'utilizzo di combustibili fossili, valori positivi indicano emissioni aggiuntive)

Fonte: S. Caserini, S. Livio, M. Giugliano, M. Grosso, L. Rigamonti -  
 LCA of domestic and centralized biomass combustion: The case of  
 Lombardy (Italy) – Biomass and bioenergy 2010, 474-482



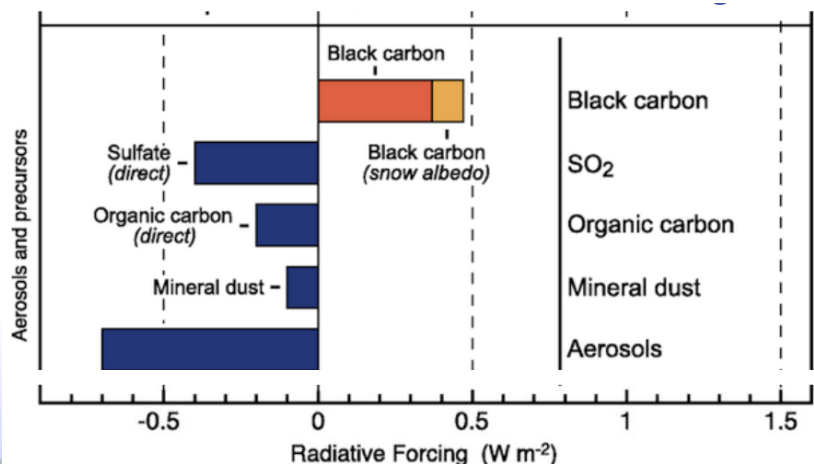
Fonte: Nussbaumer, 2010

## Il "Black Carbon" (BC)

- Il "Black Carbon" (BC) assorbe la radiazione solare e ha un forte effetto riscaldante: la luce assorbita è convertita in calore e questo è trasferito all'atmosfera
- Il BC ha piccole dimensioni (sono grappoli di piccole sfere) e molta superficie specifica.
- Il nome "Black Carbon" deriva dal fatto che assorbe tutta la luce: chimicamente è grafite.
- C'è inoltre un effetto secondario sul clima: il BC depositato sul ghiaccio o sulla neve favorisce la fusione e cambia l'albedo della superficie.
- È un assorbitore potente: 30 grammi di black carbon bloccano la radiazione solare che c'è su un campo da tennis.

## Effetti degli aerosol sul clima

### Forzanti radianti (dal 1750 al 2005)

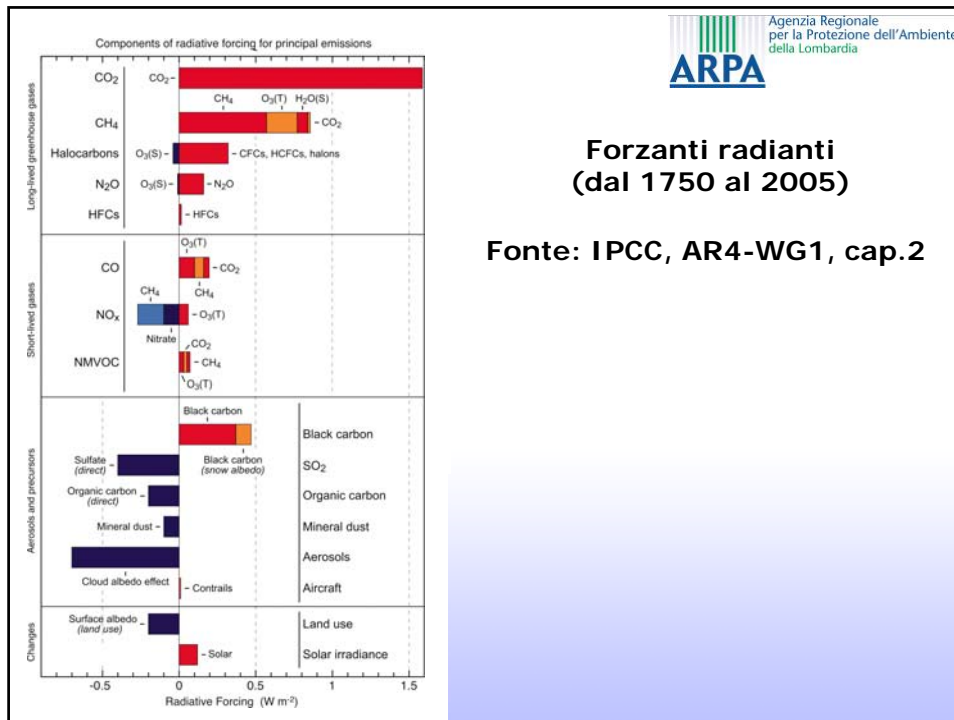


Fonte: IPCC, AR4-WG1, cap.2



## Forzanti radianti (dal 1750 al 2005)

Fonte: IPCC, AR4-WG1, cap.2



La stima del Global Warming Potential su 100 anni (GWP100) del Black Carbon è incerta, e varia fra 210 e 1500, con valori medi di 460 (IPPC, 2007) o 700 (Bond, 2010).

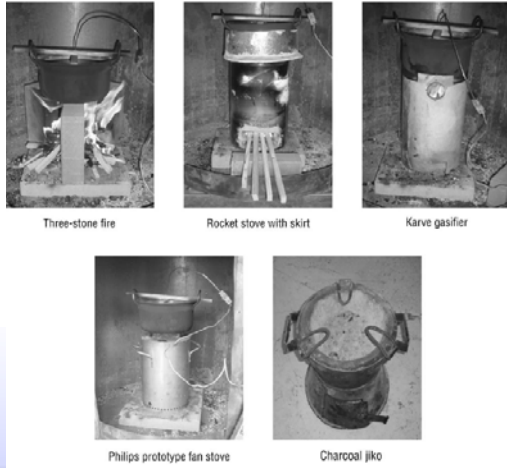
La stima del GWP20 del BC varia fra 690 e 4700.

Il BC è facilmente rimosso in atmosfera (tempo di residenza da pochi giorni ad un paio di settimane). Viceversa, i principali gas serra (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFCs) hanno tempi di residenza in atmosfera molto maggiori: CO<sub>2</sub> è molto stabile (un quinto di quanto viene emesso è presente in atmosfera anche dopo 1000 anni), CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O ha un tempi medio di vita in atmosfera di 12 anni e 114 anni.

Se si considera il breve periodo (es. 20 anni) le sostanze con minori tempi di vita (BC, CH<sub>4</sub>) contano di più; se si considerano tempi lunghi (500 o 1000 anni) le sostanze più stabili (CO<sub>2</sub>) sono più importanti.

→ Grande interesse per le politiche di riduzione dei gas serra su BC e CH<sub>4</sub>

## PM da combustione domestica: paesi in via di sviluppo



Three stone fire: si stima sia usato da **2 miliardi di persone** nel mondo



Fonte: Mc Carty et al., 2008. Laboratory comparison of the GWP of Six Categories of Biomass Cooking Stoves – Energy for Sustainable Environment. XII.

## Brown Carbon

Ultimamente c'è attenzione non solo sul BC, ma anche sul "Brown Carbon", un aerosol organico che si origina da COV e sostanze umiche. L'effetto del Brown Carbon sul clima è ancora incerto e controverso, e viene di norma considerato neutro o leggermente raffreddante.

Da un lato è in grado di assorbire la luce (radiazione UV) e quindi avere un effetto riscaldante per l'atmosfera, seppure nettamente minore del BC; dall'altro non assorbe la radiazione infrarossa, quindi porta ad un raffreddamento della superficie.

L'effetto dei diversi tipi di aerosol è oggi considerata una delle principali fonti di incertezza nella scienza del clima.

L'effetto totale di una sorgente sul clima deve tener conto di tutti gli aerosol e dei gas emessi (es. metano)

- Tenendo conto delle grandi incertezze ancora presenti, stime preliminari indicano che in cattive condizioni operative di combustione (es. camino aperto o una stufa poco efficiente con alte emissioni), il contributo di BC e CH<sub>4</sub> porta ad un bilancio negativo della CO<sub>2</sub> sul breve periodo.
- Per le stufe a pellets o per le stufe che bruciano in condizioni ottimali, il bilancio della CO<sub>2</sub> rimane largamente favorevole.
- In altre parole: la cattiva combustione della legna può far perdere il suo vantaggio di evitare la combustione di carbonio fossile, oltre a generare notevoli quantità di inquinanti.

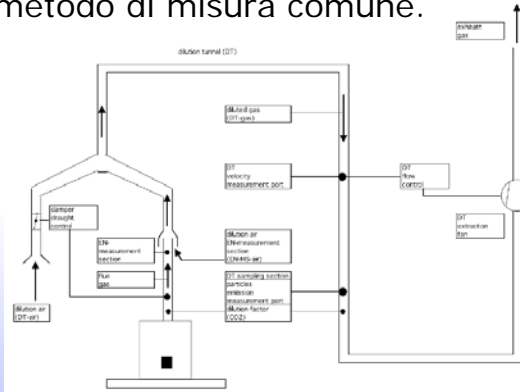
### **Emissioni di particolato (PM10 e PM2,5)**

- Enorme variabilità dei fattori di emissione
- Il tipo di apparecchio gioca un ruolo rilevante
- Le condizioni di effettiva combustione giocano un ruolo molto rilevante
- La definizione di valori medi è difficoltosa e per certi aspetti arbitraria
- La variabilità dei fattori di emissione dipende anche dal sistema di misura adottato
- L'impatto sull'atmosfera deve considerare anche la parte che condensa durante il raffreddamento
- L'assunzione di un FE medio influisce direttamente sull'inventario delle emissioni di PM10 e PM2.5

Il sistema di misura influisce sulla misura della  
 frazione "condensabile" del particolato.  
 I valori più bassi dei fattori di emissione sono spesso la  
 sola frazione "filtrabile a caldo" del particolato.  
 Difficoltà nel definire un metodo di misura comune.

Proposta in  
 discussione a livello  
 europeo:

$$\frac{\text{PMfiltrabile} + 45\% \text{ COV}}{\text{PM totale}}$$



2006 - 09 - 27 CEN/TC 295/WG5 N 70/2006  
 Residential solid fuels burning appliances. Test methods

Fattori di emissione nel settore residenziale usati per  
 l'inventario 2007 e 2008  
 (EEA Emission Inventory Guidebook 2003 + review altre fonti)

	PM10 g GJ <sup>-1</sup>	NO <sub>x</sub> g GJ <sup>-1</sup>	NM VOC g GJ <sup>-1</sup>	SO <sub>2</sub> g GJ <sup>-1</sup>	CO g GJ <sup>-1</sup>	PAH mg GJ <sup>-1</sup>
Open fireplace	500	70	5,650	13	5,650	280
Traditional oven, closed fireplace or insert	250	70	1,130	13	5,650	280
Innovative low emission system and boiler	150	60	560	13	2,260	280
Pellets plant or BAT system burning wood	50	65	85	13	800	0.2
Natural gas	0.2	50	5.0	0.5	25	n.a.
Gas oil	5.0	50	3.0	100	20	75
Fuel oil	40	150	10	150	16	75

FE da gas naturale e gasolio sono molto più bassi  
 degli FE dalla combustione di legna

## Fattori di emissione Guidebook-EEA 2009



Agenzia Regionale  
per la Protezione dell'Ambiente  
della Lombardia

considerando tutto il particolato condensabile (misure "a freddo") e in qualche caso condizioni effettive di conduzione degli impianti

		Consumo di legna (kt/anno)	F.E. PM10 (Guidebook EEA) g/GJ	F.E. PM10 (inventario 2008) g/GJ
Tier 1	Media	1570	695	284
Tier 2 – Media	Camino aperto	309	860	500
	Stufa tradizionale	382	810	250
	Camino chiuso	687	450	250
	Stufa innovativa	47	240	150
	Stufa a pellet	122	76	70

L'adozione dei **fattori di emissione del Guidebook 2009** comporta una stima di PM10 primario in Lombardia di circa 11.000 t/anno (contro le 5.500 stimate nell'inventario 2008).

## La combustione domestica della legna è un problema europeo



Agenzia Regionale  
per la Protezione dell'Ambiente  
della Lombardia



### Science for Environment Policy

DG Environment News Alert Service

European Commission

17 January 2007

### Wood smoke major source of pollution in winter

Over half of organic air pollution in Europe during winter comes not from fossil fuel burning, but from home fires, and burning of agricultural and garden waste products, according to new results published by the EU-funded CARBOSOL<sup>1</sup> project. Restricting these sources of human-made emissions could cut pollution significantly, with immediate benefits to public health and a positive impact on climate change.

La combustione della legna contribuisce in modo importante alle emissioni di PM10 in molti paesi europei, in particolare nei paesi nordici, Austria e Svizzera.

## **La combustione domestica della legna è un problema europeo**

- L'incertezza nella stima dei fattori di emissione dei diversi apparecchi è comune a livello europeo.
- C'è stato ritardo nel capire l'incertezza connessa a queste stime e la rilevanza per gli inventari delle emissioni.
- Il progetto RAINS-Europe ha recentemente cambiato la classificazione degli apparecchi e rivisto i fattori di emissione medi.
- Sono incerte anche le effettive potenzialità di riduzione delle emissioni (es. effettiva convenienza di piccoli elettrofiltri...)

## **Sperimentazione sulle emissioni da combustione di biomasse**

MATT - ENEA – SSC – ARPALombardia - DIIAR Polimi

- in corso
- misure presso la Stazione Sperimentale per i Combustibili di San Donato Milanese
- 84 prove
- 6 tipi di apparecchi
- 5 tipi di legna da ardere
- 2 tipi di pellet
- Polveri, CO, NO<sub>x</sub>, COVNM, SO<sub>2</sub>, IPA, Diox
- prove con cicli reali di combustione
- scelta del sistema di campionamento
- risultati attesi per fine 2011



## Riferimenti



Nussbaumer T. (2010) Overview on Technologies for Biomass Combustion and Emission Levels on Particulate Matter (PM). Report for The Federal Office for the Environment And the Expert Group on Techno-Economic Issues under the Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution CLRTAP.  
[www.citepa.org/forums/egtei/Nussbaumer\\_EGTEI-Report\\_final.pdf](http://www.citepa.org/forums/egtei/Nussbaumer_EGTEI-Report_final.pdf)

Bond T.C. (2010) Testimony for "Clearing the Smoke: Black Carbon Pollution" House Committee on Energy Independence and Global Warming United States House of Representatives. March 16, 2010  
<http://globalwarming.house.gov/files/HRG/031610BlackCarbon/bond.pdf>

ARPA (2007) Stima dei consumi di legna da ardere ed uso domestico in Italia. Ricerca commissionata da APAT e ARPA Lombardia, Rapporto finale, marzo 2007.  
[www.apat.gov.it/site/files/Pubblicazioni/Stima\\_dei\\_consumi\\_di\\_legna\\_da\\_ardere.pdf](http://www.apat.gov.it/site/files/Pubblicazioni/Stima_dei_consumi_di_legna_da_ardere.pdf)

Pastorello C., Caserini S., Galante S., Dilara P., Galletti F. (2011) Importance of activity data for improving the residential wood combustion emission inventory at regional level. Atmospheric Environment, 45, 2869-2876

Scacchi C., Caserini S., Rigamonti L. (2010) Greenhouse gases emissions and energy use of wheat grain-based bioethanol fuel blends. Science of the Total Environment, 408, 5010-5018

Caserini S., Livio S., Giugliano M., Grosso M., Rigamonti L. (2010) LCA of domestic and centralized biomass combustion: The case of Lombardy (Italy). Biomass & Bioenergy, 34, 4, 474-482

