



## Caratterizzazione delle emissioni inquinanti da riscaldamento a biomassa

Marco Torre  
CNR-IIA



Per una decarbonizzazione del riscaldamento degli edifici in Italia.  
Quali priorità e strategie

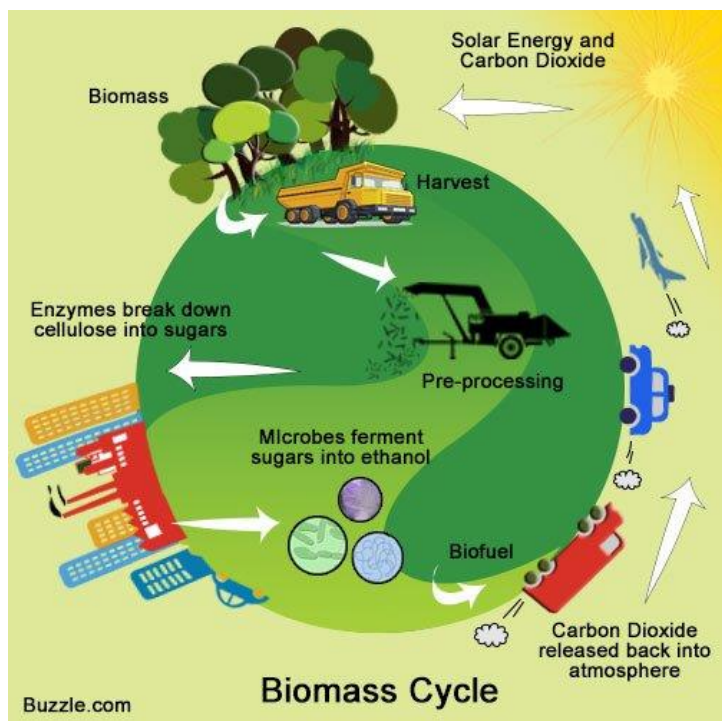


## Biomasse tra energia e ambiente

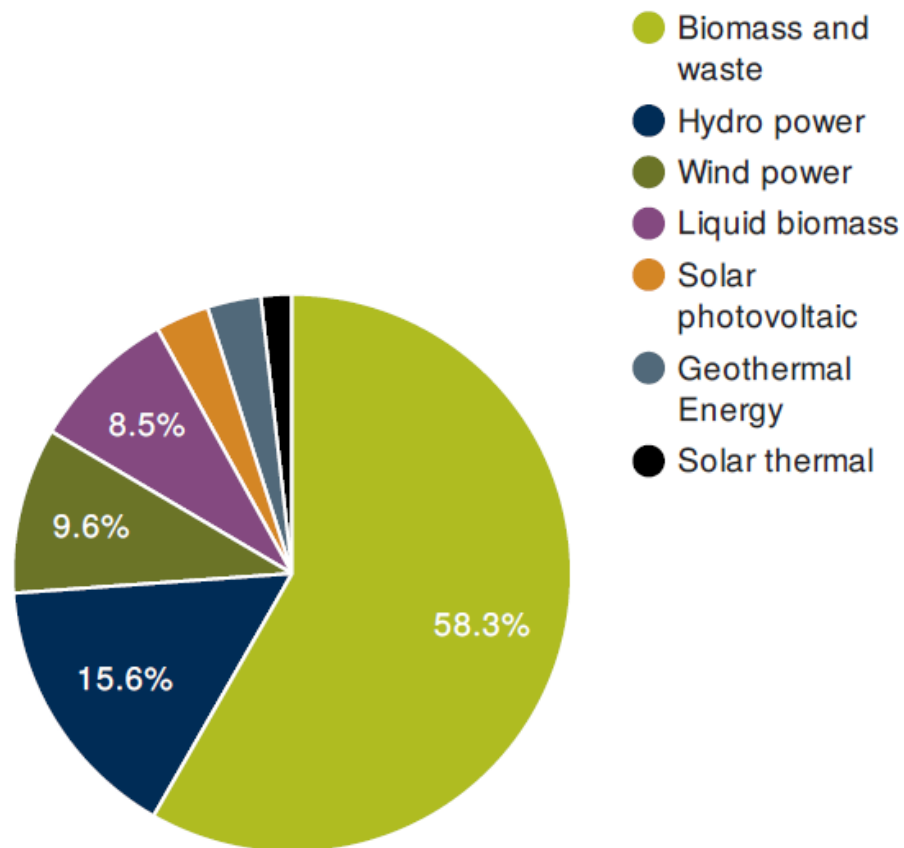
- Biomasse e energie rinnovabili
- Ruolo delle biomasse nel mix energetico europeo
- FER termiche
- Fattori di emissione e qualità dell'aria
- Un caso di studio in ambiente montano: progetto SELVA
- Uso dei PAH fingerprints



# Biomasse: energie rinnovabili



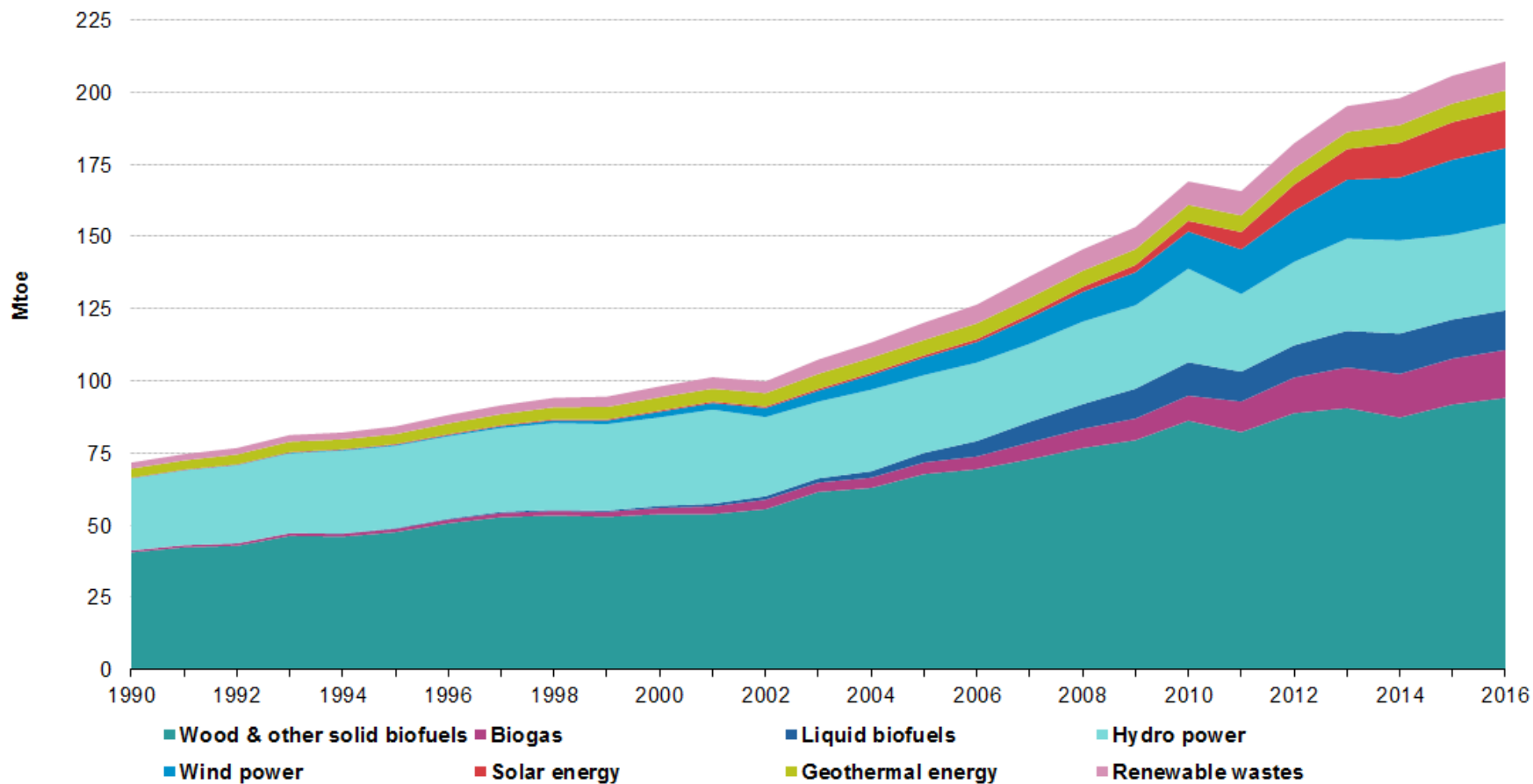
Rappresentazione grafica: [buzzle.com](http://buzzle.com)



Fonte: EEA European Environmental Agency 2012



# Quanta energia rinnovabile produciamo?



Fonte: EC Eurostat 2016 [ec.europa.eu/eurostat](http://ec.europa.eu/eurostat)



# Biomasse: energia

## Tecnologie disponibili:

- Compostaggio
- Digestione anaerobica
- **Combustione diretta**
- Gassificazione e pirolisi

## Criticità:

- Barriere non tecniche: sociali, culturali, economiche, normative
- Mancanza di definizione univoca nella normativa nazionale
- Potere calorifico utilizzabile, in alternativa ai combustibili fossili
- Emissioni di gas climalteranti e/o inquinanti

	Calore	Ossigeno	Energia
Combustione	si	si	si
Gassificazione	si	no	si
Compostaggio	no	si	no
Digestione	no	no	si



## FER termiche

La FER più utilizzata è la biomassa, in particolare legna e pellet usate nel residenziale; gli apparecchi in esercizio sono circa 7 milioni, con un mercato annuale di 0,2 - 0,4 milioni di apparecchi

### Energia termica da fonti rinnovabili in Italia (Mtep)

Fonte	2015	2016	2017	Δ 17-16
Solare	0,20	0,20	0,21	0,01
Geotermica	0,10	0,14	0,14	0,00
Bioenergie	7,80	7,59	8,02	0,44
Pompe di calore	2,60	2,61	2,64	0,03
<b>Totale FER-H</b>	<b>10,70</b>	<b>10,54</b>	<b>11,01</b>	<b>0,47</b>

Fonte: GSE dati 2017



# La combustione

*Processo chimico in presenza di ossigeno, in cui la biomassa viene parzialmente o totalmente ossidata*

## Vantaggi:

- Versatilità
- Semplicità

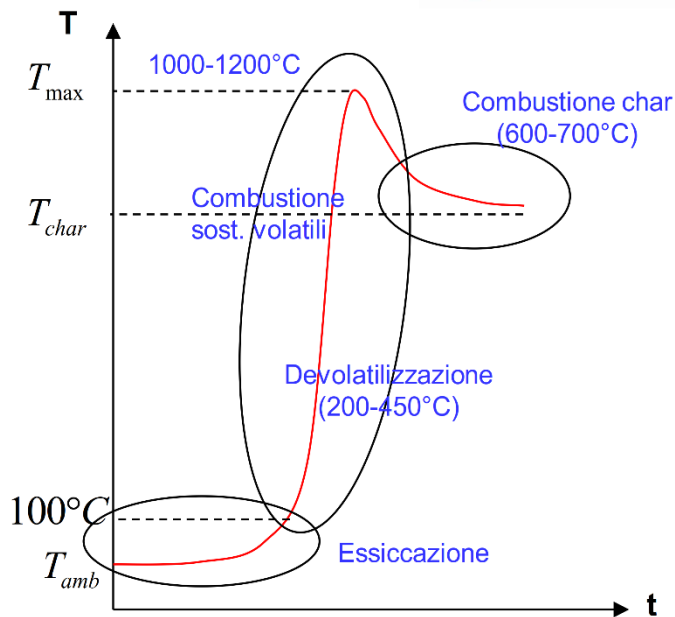
## Svantaggi:

- Emissione di inquinanti
- Effetto della temperatura
- Effetto dell'umidità





# Fasi della combustione



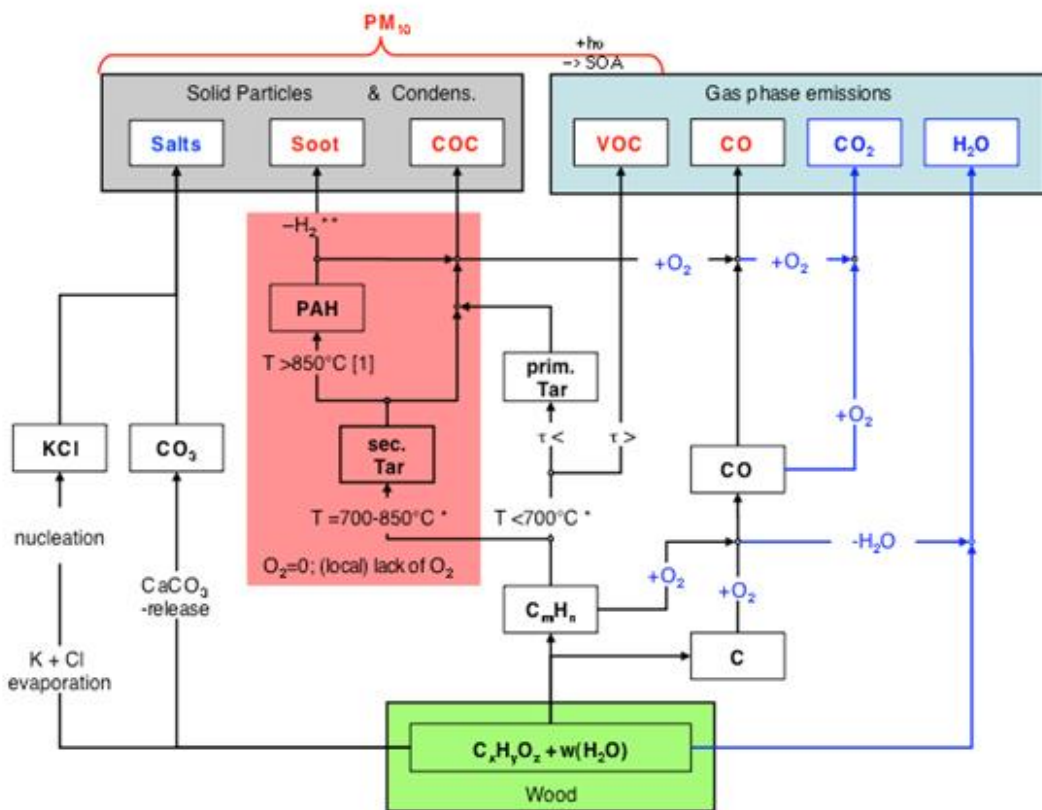
## **Regola delle 3T:**

1. elevate temperatura in camera di combustione
2. elevate turbolenze per favorire omogeneità tra prodotti gassosi e aria comburente
3. tempo necessario alle cinetiche di reazione per ossidazione completa





## Gli inquinanti emessi



Combustione del legno, Nussbaumer (2010)

Per tossicità l'emissione più importante è data dagli idrocarburi policiclici aromatici (PAH) mentre l'emissione di microinquinanti organici clorurati come le policlorodibenzo-p-diossine, i policlorodibenzofurani (PCDD/F) e i policlorobifenili (PCB) sono meno importanti



## Fattori di emissione

1.A.4.b.i "residential plants"	NOx (g/GJ)		PM10 (g/GJ)		BaP (g/GJ)	
	EF	95% confidence	EF	95% confidence	EF	95% confidence
open fireplaces	<b>50</b>	30-150	<b>840</b>	420-1680	<b>121</b>	12-1210
conventional stoves	<b>50</b>	30-150	<b>760</b>	380-1520	<b>121</b>	12-1210
high efficiency stoves	<b>80</b>	30-150	<b>380</b>	290-760	<b>121</b>	12-1210
advanced/ecolabelled stoves and boilers	<b>95</b>	50-150	<b>95</b>	19-238	<b>10</b>	5 - 20
conventional boilers	<b>80</b>	30-150	<b>480</b>	240-960	<b>121</b>	12-1210
pellet stoves and boilers	<b>80</b>	50-200	<b>60</b>	15-60	<b>10</b>	5 - 20

Fonte: EMEP/EEA emission inventory 2016



# La combustione: controllo degli inquinanti

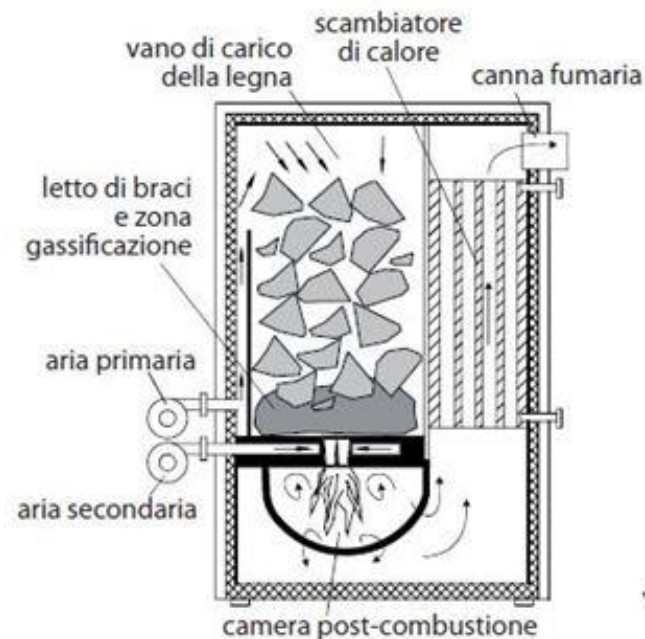
## Controllo primario

Mira a prevenire la formazione dell'inquinante

Interviene sui parametri della combustione:

- temperatura
- aria primaria e secondaria

**Importante per  $\text{NO}_x$  e VOC**  
**Fondamentale per CO**





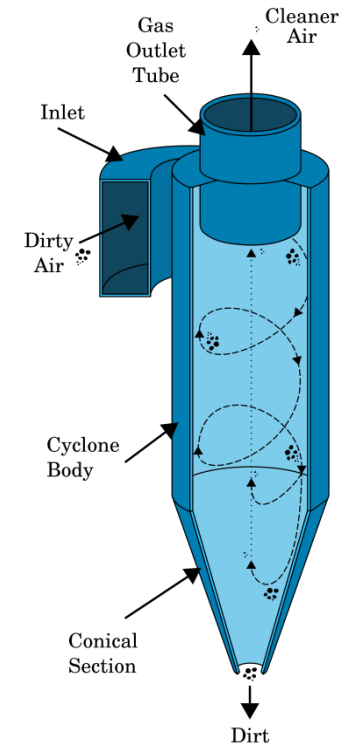
# La combustione: controllo degli inquinanti

## Controllo secondario

Mira a trattenere/degradare l'inquinante emesso  
Interviene sul flusso dell'emissione  
Importante per  $\text{NO}_x$  (catalizzatori)

Fondamentale per le polveri:

- Filtri a maniche
  - Cicloni
  - Elettrofiltri
  - Wet scrubber





# La combustione: controllo degli inquinanti

## Qualità del combustibile

Le raccomandazioni prevedono le caratteristiche minime in termini di contenuti di ceneri, umidità, azoto, zolfo, ma specificano anche la necessità che il legno sia privo di composti organici alogenati o metalli pesanti





## Un caso di studio in ambiente montano

- Luoghi isolati: produzione locale di energia
- Basse temperature e afflusso turistico: picchi invernali di domanda

Riscaldamento domestico:

- **Controllo delle emissioni inefficiente o completamente inesistente (controllo primario e secondario)**
- Emissione areale = difficoltà nella attribuzione delle sorgenti emissive



## Progetto SELVA

- Obiettivo: sviluppare strategie integrate per la produzione di energia da biomassa locale e valutare l'impatto ambientale
- Area di studio: comune di Leonessa (Rieti): < 2500 abitanti; 969 s.l.m.
- Metodologie: inventario delle emissioni, WEB GIS, monitoraggio AQ/emissioni, installazione e monitoraggio di un impianto pilota
- **Campagna preliminare di monitoraggio della qualità dell'aria**







Leonessa: < 2500 abitanti; 969 s.l.m.



Rieti: 48000 abitanti; 405 s.l.m.

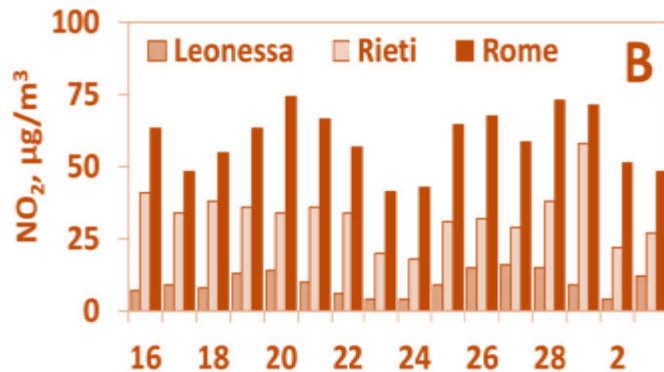
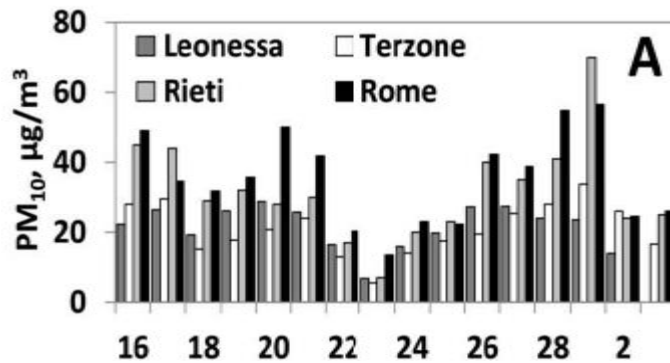
Roma: 2,87 M abitanti; 20 s.l.m.







## Qualità dell'aria in inverno



### PM<sub>10</sub> confronto con Roma

Buona correlazione in inverno ( $R^2 > 0,85$ )

Concentrazione minore (20 vs 35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ma:

- Differenze meno marcate che in estate
- Rieti rimane comparabile a Roma

### NO<sub>2</sub> minore e non correlato con Roma

Ozono: più alto che a Roma (minimi maggiori)

Benzene confrontabile con Roma

(1,3 vs 2,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



## Idrocarburi policiclici aromatici (IPA) in inverno

La concentrazione degli IPA era **maggiore** di quella misurata a Roma:

- Leonessa:  $15,8 \pm 5,1 \text{ ng/m}^3$
- Roma:  $7,0 \pm 1,5 \text{ ng/m}^3$

Inoltre: IPA con 4 anelli sono più abbondanti (31% vs 21%)

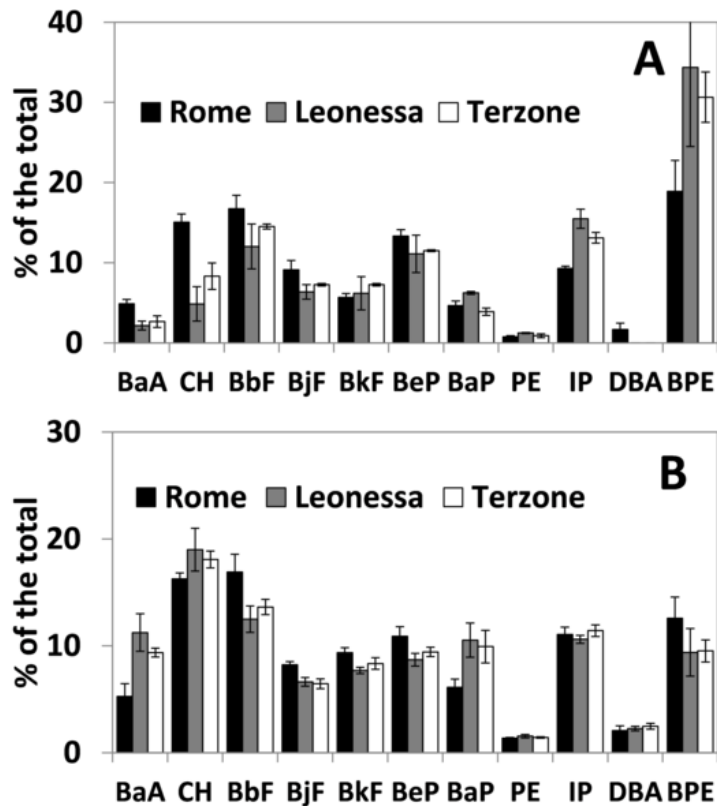
**Benzo(a)pirene** ( $1,68 \pm 0,52 \text{ ng/m}^3$ )

Possibili cause:

- Temperature differenti:  $DT = -10^\circ\text{C}$
- Ridotto mescolamento verticale
- **Sorgente locale di emissione**



## Sorgente locale di IPA?



La concentrazione relativa di BaP diminuisce con l'invecchiamento del PM, ma il BaP era più elevato a Leonessa

□ Notare che l'O<sub>3</sub> era più elevato nell'area montana



## PAH fingerprints

	Diagnostic ratios for biomass burning*	Leonessa	Rome
BaA/(BaA+CH)	0,39	0,37	0,3
IP/(IP+BPE)	0,52	0,53	0,43
BaP/BPE	1,22	1,14	0,47
CH/(CH+BaP)	0,61	0,65	0,65

\* Cecinato et al (2014 ) Urban Climate 10:630–643



## Altre informazioni dalla frazione organica del PM

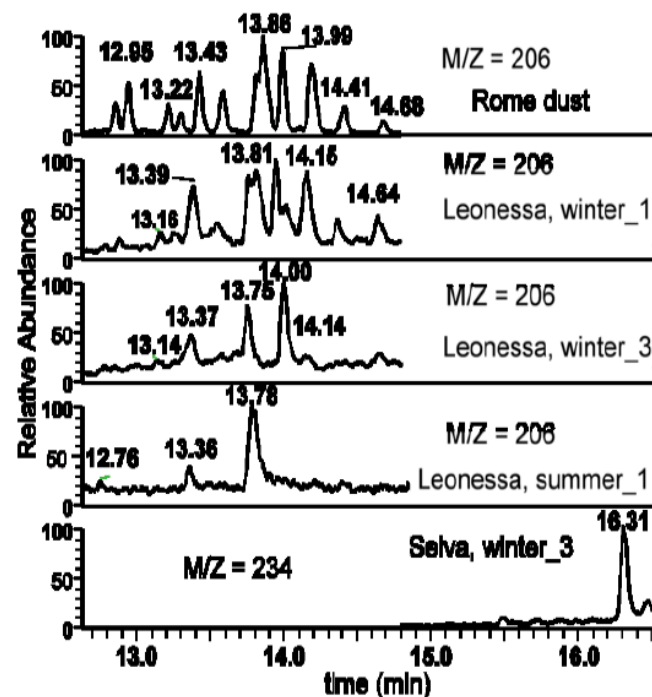
m/z = 206

- dimetilfenantreni
- etilfenantreni

Profili diversi tra Roma e Leonessa nel periodo invernale e uguali nel periodo estivo

m/z = 234

Retene (tracciante della combustione di biomassa)



Petracchini et al (2017) Environ Sci Pollut Res 24:4741–4754



## Conclusioni

- Integrazione della combustione di biomassa nel ciclo della CO<sub>2</sub>
- Contributo della biomassa alla produzione di energia rinnovabile
- Dipendenza dei fattori di emissione dal tipo di impianto

Ruolo della combustione domestica della biomassa sulla QA locale

- Abbondanza relativa del BaP
- Rapporti diagnostici specifici
- Analisi frazioni organica del PM: dimethyl/ethyl-phenantrenes
- Approccio integrato mediante diversi traccianti



**Conoscere e comprendere la qualità dell'aria  
che respiriamo significa credere in uno sviluppo  
sostenibile e agire a tutela delle generazioni  
future**

**GRAZIE PER L'ATTENZIONE**