

Effetti della qualità dei biocombustibili sulla combustione e le emissioni, con approfondimento su Conto Termico, Detrazioni e Moderni impianti



Valter Francescato, direttore tecnico



AIEL ASSOCIAZIONE ITALIANA
ENERGIE AGROFORESTALI

**1° Corso di formazione per rivenditori
professionali di biocombustibili solidi**

20 Novembre 2019 Ore 16.30 **ISCRIVITI**

Presso la sede di AIEL a Legnaro PD, in Viale dell'Università 14

Associazione di filiera (500 imprese) dal bosco al camino





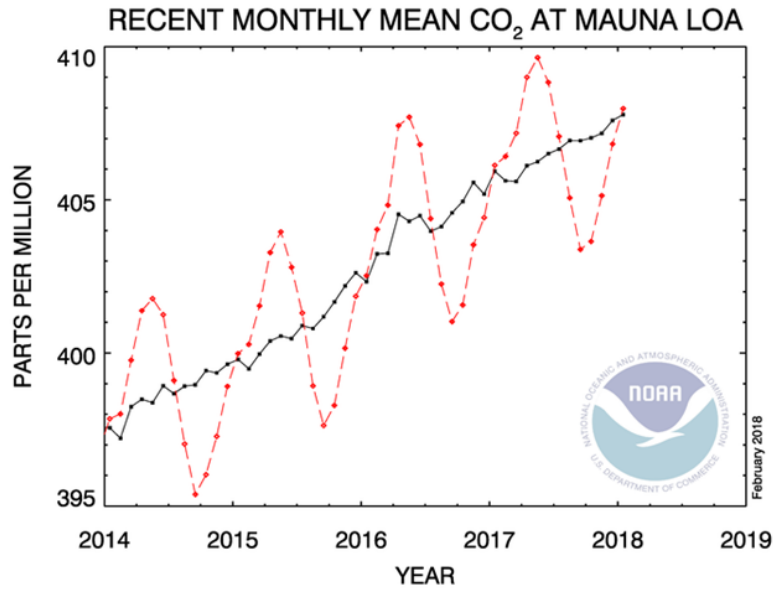
CHI SIAMO

**CREDIAMO NELL'ENERGIA
CHE CRESCE, VIVE, MIGLIORA.**

www.aielenergia.it



January 2018: 407.98 ppm
January 2017: 406.13 ppm
Last updated: February 5, 2018



Ogni anno a livello planetario lo sfruttamento dei giacimenti di **carbone, petrolio e gas** porta in superficie **10 miliardi di tonnellate di carbonio fossile**.

Attraverso la loro trasformazione e raffinazione e i processi di combustione (di **gas metano, GPL, gasolio, GNL**) questa immensa quantità di carbonio fossile avvelena l'atmosfera immettendo ogni anno **36 miliardi di CO₂ fossile**

TEMPESTA VAIA
9 Mm³ schiantati (40.000 ha)

7 volte la quantità di tronchi segati in Italia annualmente



Entro i **prossimi 40 anni**
la metà dei 5.000
ghiacciai delle Alpi
saranno completamente sciolti



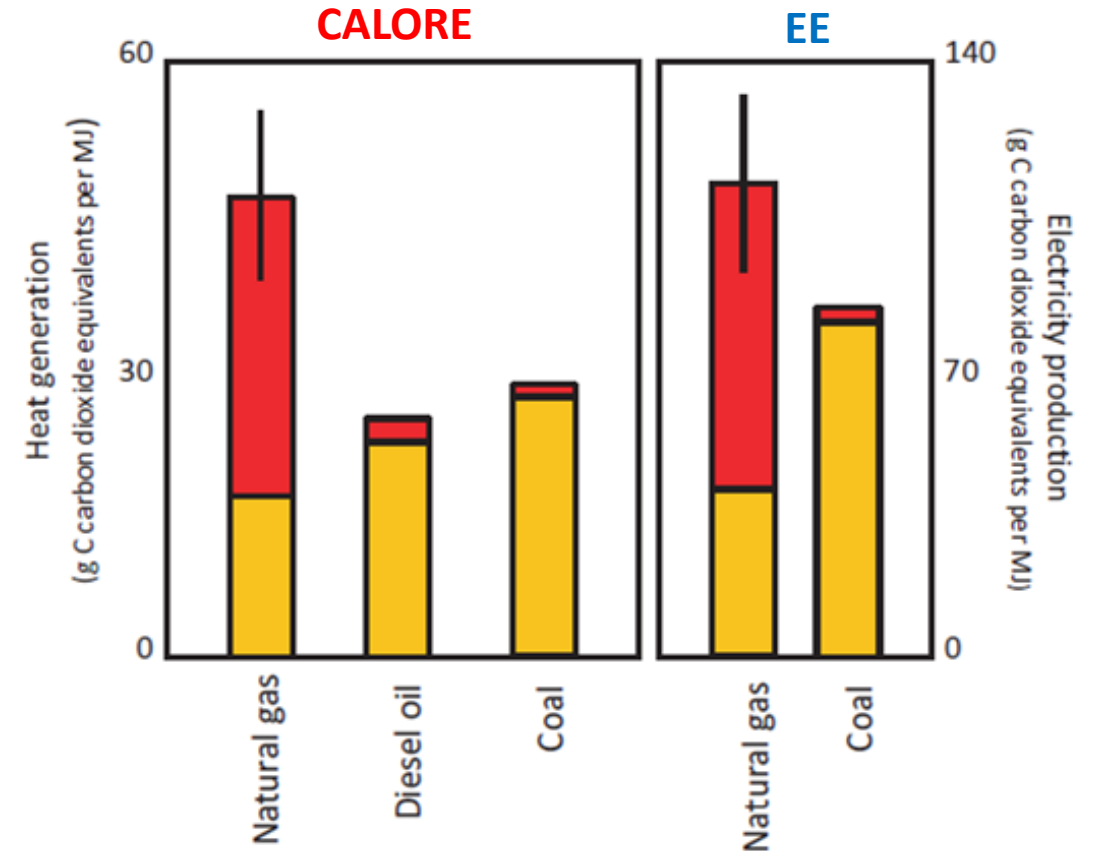
PERSPECTIVE

A bridge to nowhere: methane emissions and the greenhouse gas footprint of natural gas

Robert W. Howarth

Department of Ecology & Evolutionary Biology, Cornell University, Ithaca, New York 14853

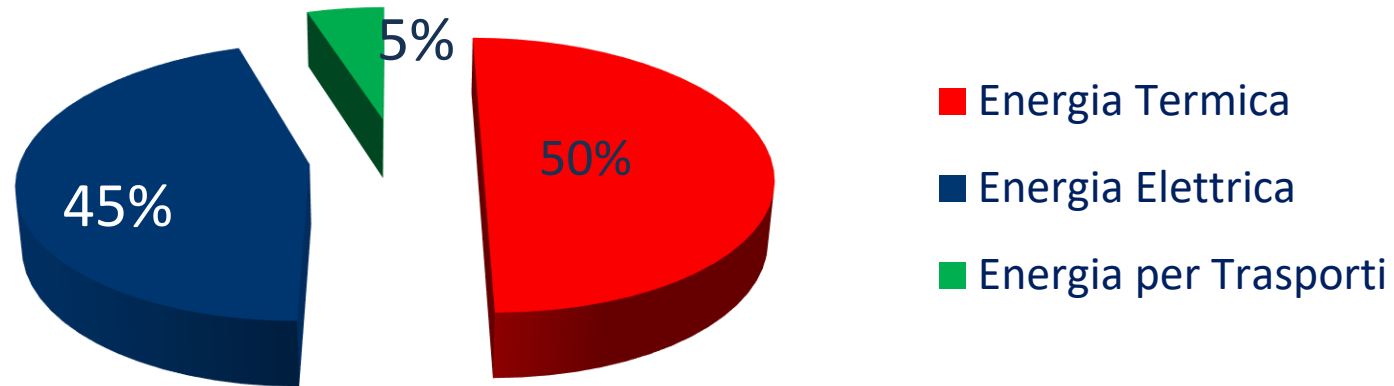
Il gas metano fossile ha effetti dannosi sul clima tanto quanto il carbone e il petrolio!



Obiettivi europei Energia e Cambiamento Climatico

2016 → 17,41% FER | 2030 → 32% FER

ENERGIA RINNOVABILE IN ITALIA



Termica Mtep 10,54 - Elettrica Mtep 9,50 - Trasporti Mtep 1,04

Fonte Rapporto Statistico GSE 2016

TERMICHE RINNOVABILI 19% dei consumi

■ Biomasse Solide

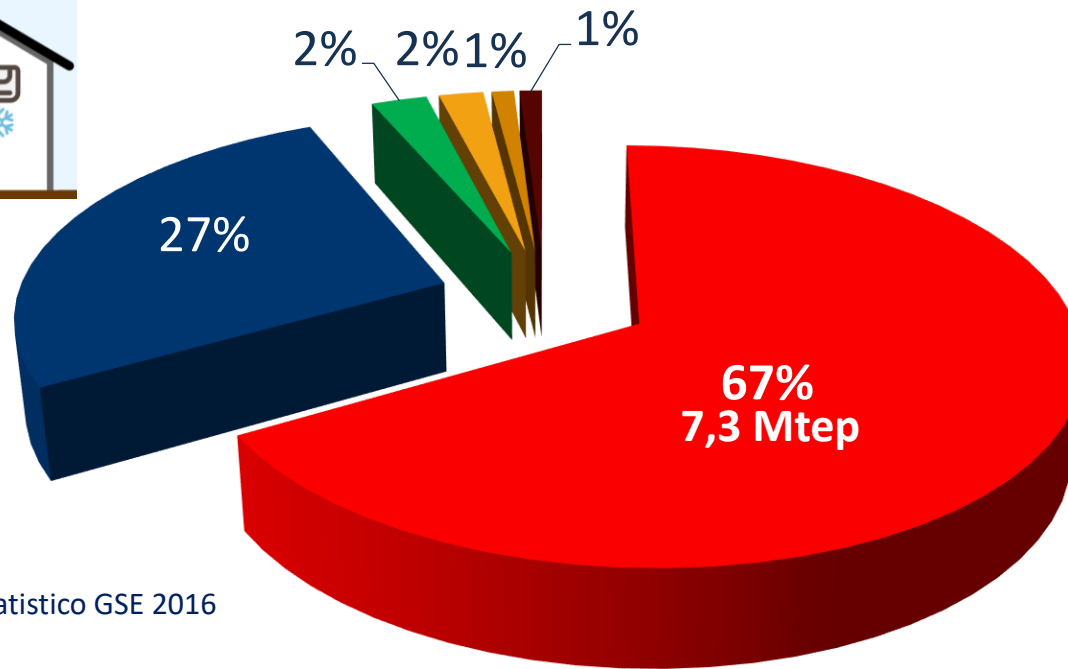
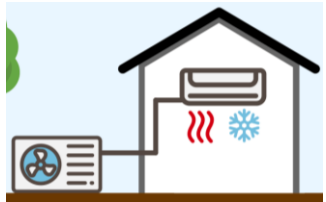
■ Pompe di calore

■ Rifiuti biodegrad.

■ Solare Termico

■ Geotermica

■ Biogas



Fonte Rapporto Statistico GSE 2016



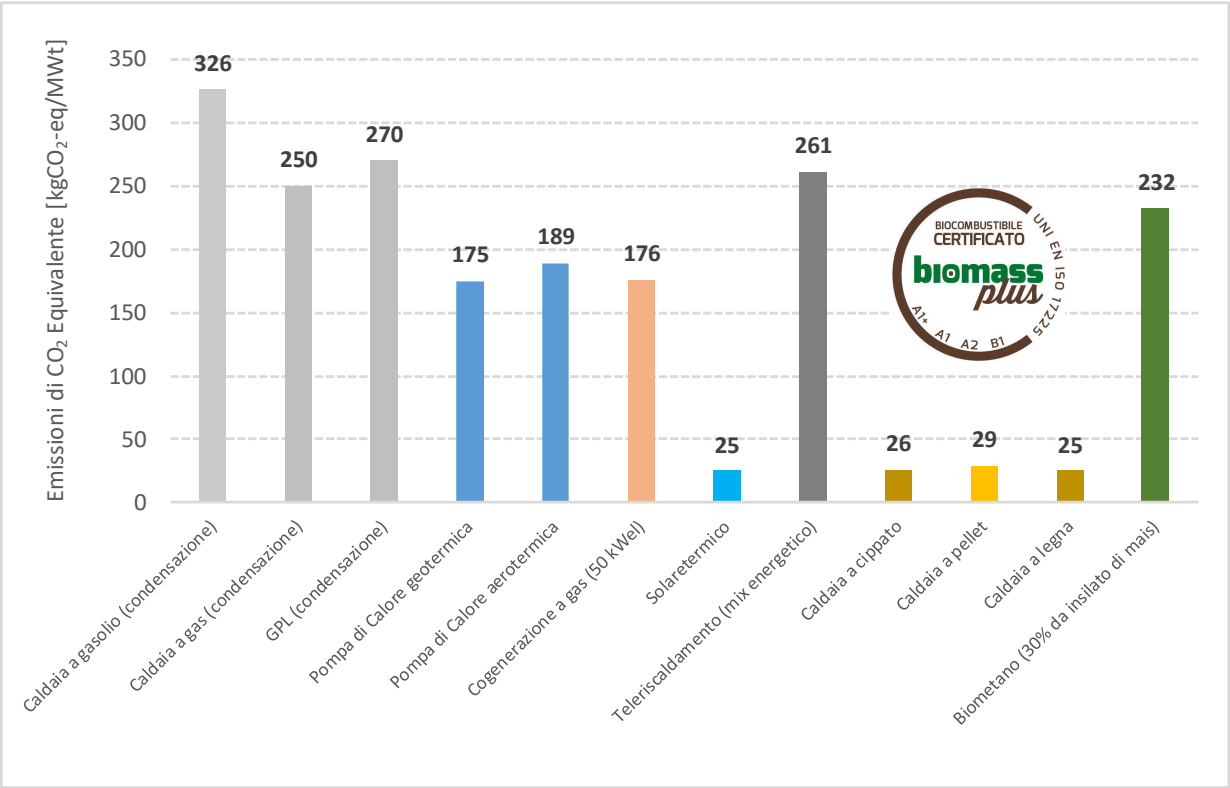
Statistiche AIEL 2018

Legna: 12 Mt

Pellet: 3,2 Mt

Cippato: 1,4 Mt (incl. TLR)

LEGNO: BENEFICI AMBIENTALI E SOCIO ECONOMICI



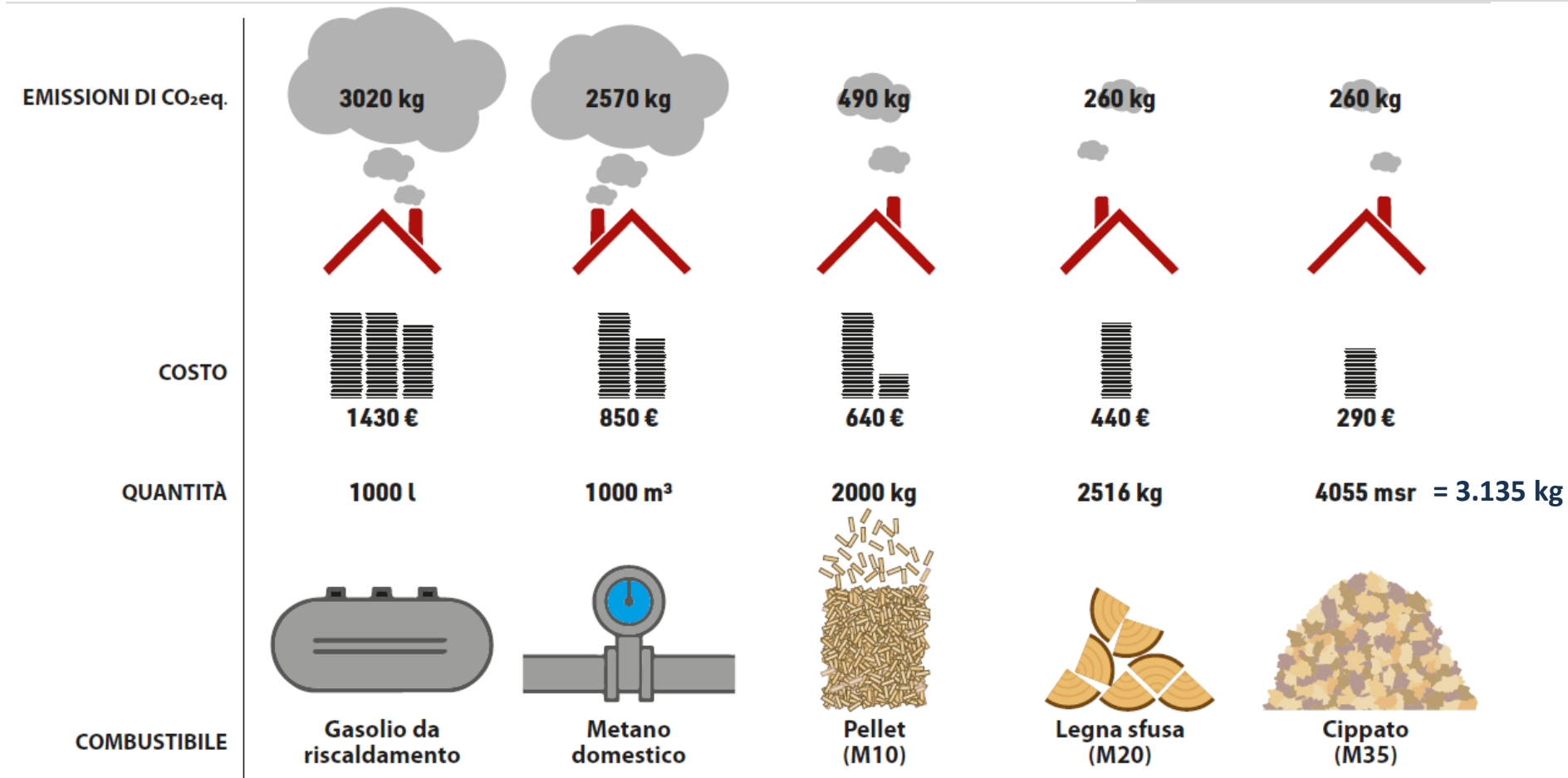
Emissioni di CO₂-Equivalente per unità di energia termica utile (kgCO₂-eq/MWht), calcolati con GEMIS, versione 4.95, tranne per il biometano (Fonte: IER - Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart, Novembre 2018).



(Fonte: elaborazione AIEL su dati dell'Austrian Energy Agency)

LEGNO: BENEFICI AMBIENTALI E SOCIO ECONOMICI

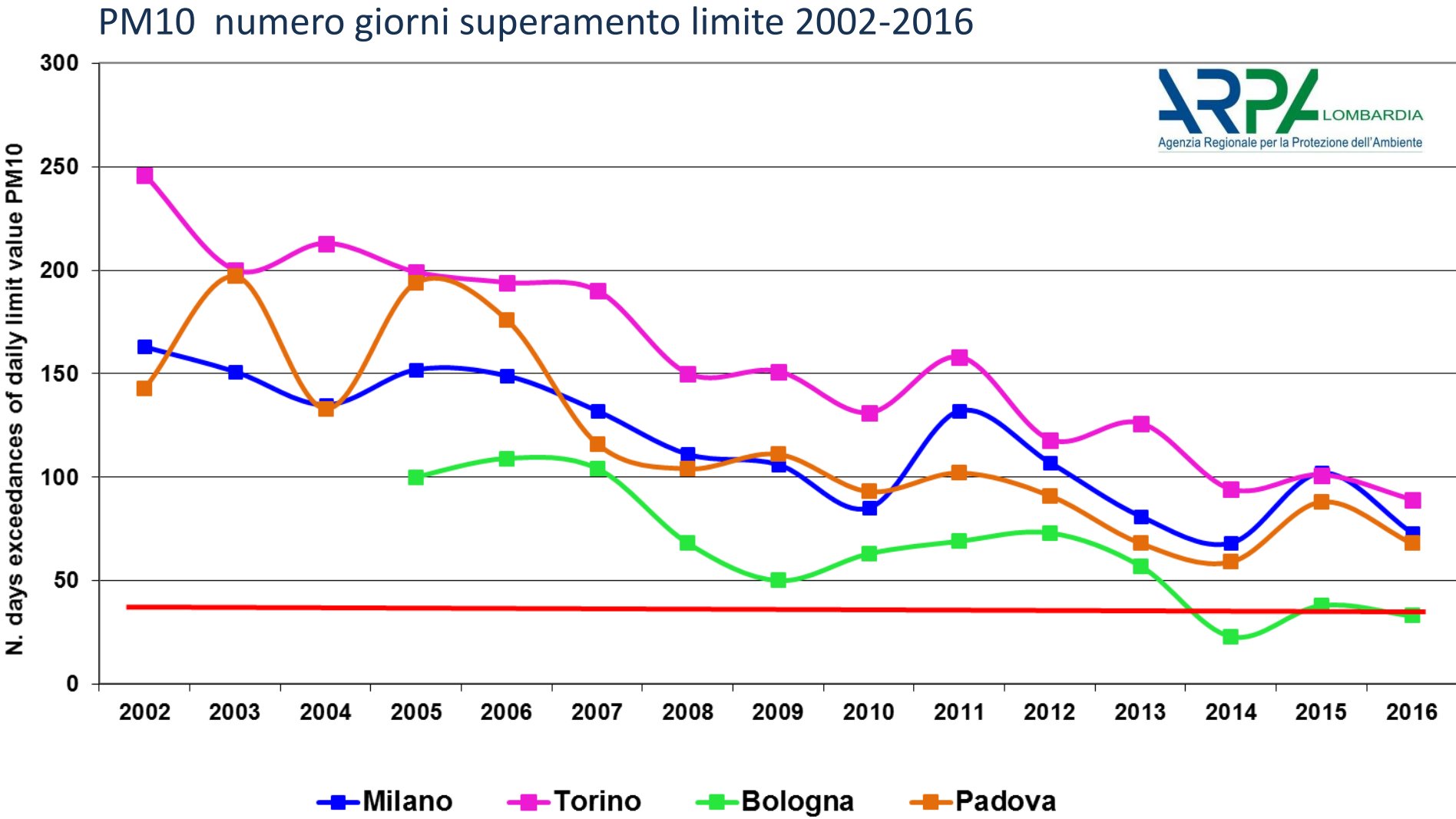
Consumo: 10 MWh = 10.000 kWh



L'altra faccia della medaglia: la questione delle emissioni di PM10 e B(a)P



La questione delle emissioni di PM10 e B(a)P

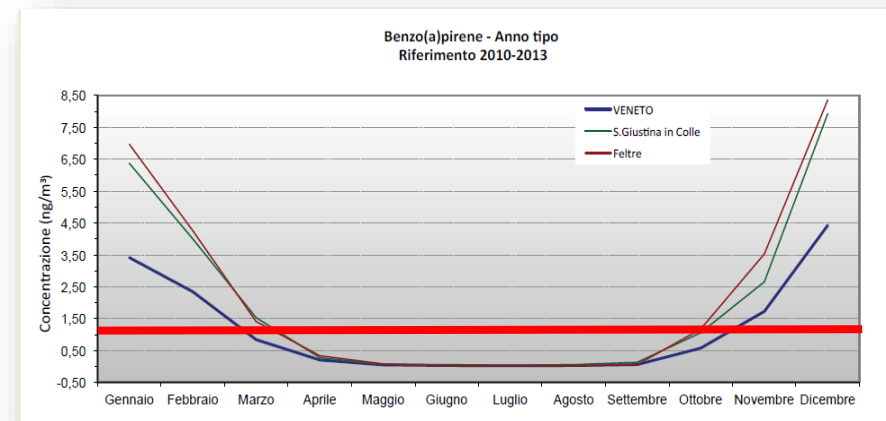
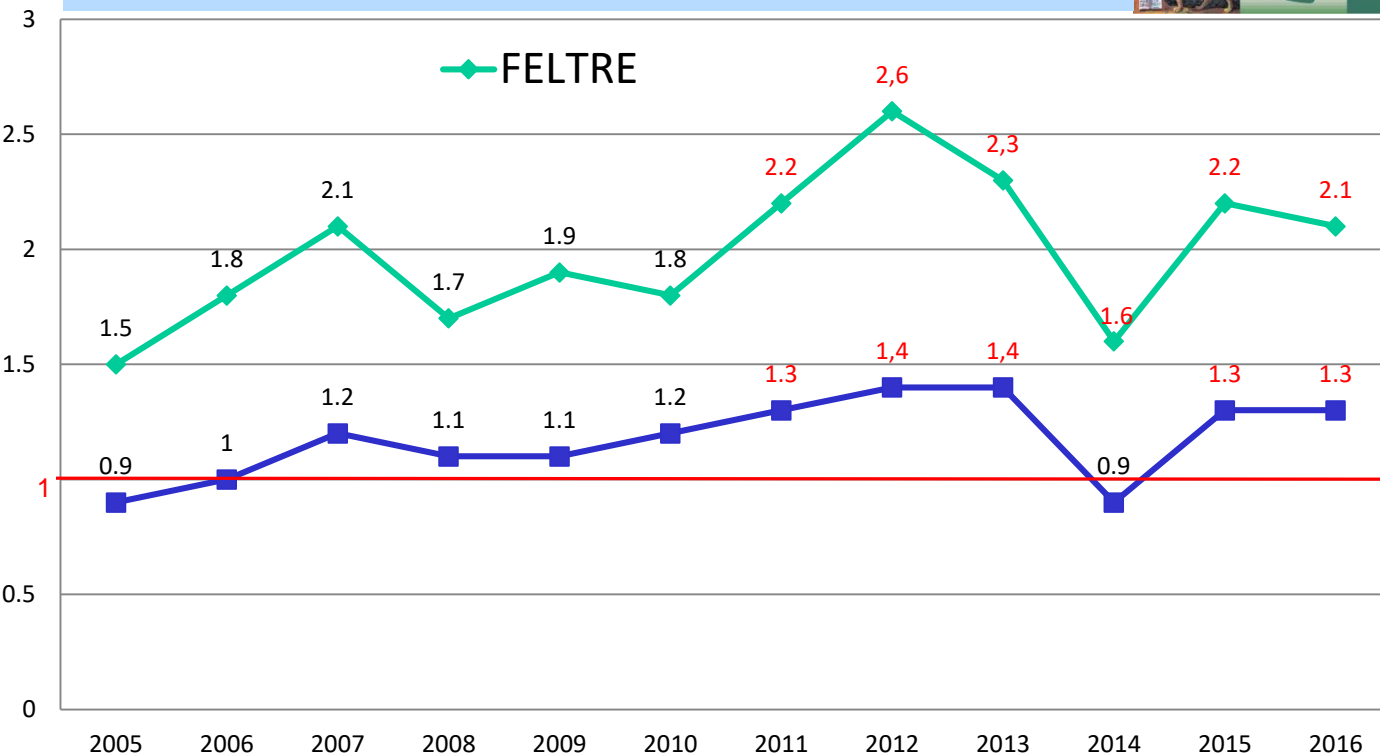


La questione delle emissioni di PM10 e B(a)P

B(a)P – medie annuali (obiettivo 1 ng/mc – OMS 0.12 ug/mc)

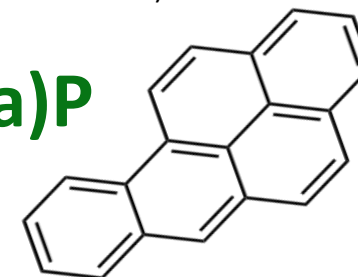


arpav



Classificato come Cancerogeno per l'uomo dallo IARC (International Agency for Research on Cancer)

B(a)P



Definito obiettivo UE, pari ad 1 ng/m³ media annua
Sorgente: combustione legna, seguita da traffico pesante

La questione delle emissioni di PM10 e B(a)P

Percentuale numerica, di consumo e di emissioni di PM10 per tipo di generatore e di biocombustibile in Veneto nel 2013 (3,6 kt)

| 2013, Elab AIEL su dati ARPAV | % Numerica | % Consumo finale | % PM10 | FE AA.VV. |
|---|------------|------------------|-----------|------------|
| Camini aperti legna | 14% | 3% | 9% | 504 |
| Stufe tradizionale a legna (incl. cucina) | 39% | 43% | 48% | 160 |
| Camini chiusi/inserti a legna | 14% | 19% | 21% | 156 |
| Stufa a legna moderna | 7% | 8% | 6% | 119 |
| Stufa in maiolica | 9% | 10% | 8% | 111 |
| Stufe a pellet | 14% | 11% | 4% | 53 |
| Caldaia innovativa (legna) | 3% | 8% | 4% | 75 |
| Totale/media | 100% | 100% | 100% | 142 |

80%



Generatori tradizionali a legna: 70% num. 64% consumo → **80% PM10**

Stufe a pellet: 14% num. 11% consumo (200 kt) → **4% PM10**

La questione delle emissioni di PM10 e B(a)P

Percentuale numerica, di consumo e di emissioni di PM10 per tipo di generatore e di biocombustibile in ITALIA nel 2015 (46 kt)

| Anno 2015 | Numero | Consumo | PM10 |
|-------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Camini aperti legna | 34,8% | 8,6% | 26,0% |
| Stufe a legna | 19,4% | 28,6% | 27,3% |
| Camini chiusi legna | 15,3% | 22,6% | 21,0% |
| Cucine a legna | 6,5% | 9,6% | 9,2% |
| Stufe a pellet | 19,8% | 16,9% | 5,1% |
| Caldaia a legna <35 kW | 3,5% | 12,2% | 11,2% |
| Caldaie a pellet <35 kW | 0,6% | 1,5% | 0,2% |
| Totale | 100% | 100% | 100% |

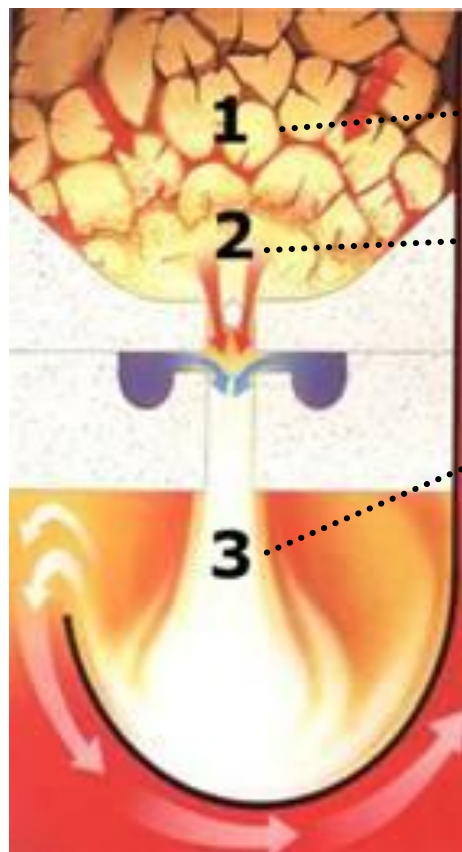
83%

←

←



IL PROBLEMA NON E' LA LEGNA...MA COME LA BRUCIO!



1 Riscaldamento ed essiccazione (100 °C)

2 Decomposizione pirolitica (150-500 °C)
Gassificazione del legno (250-500 °C)

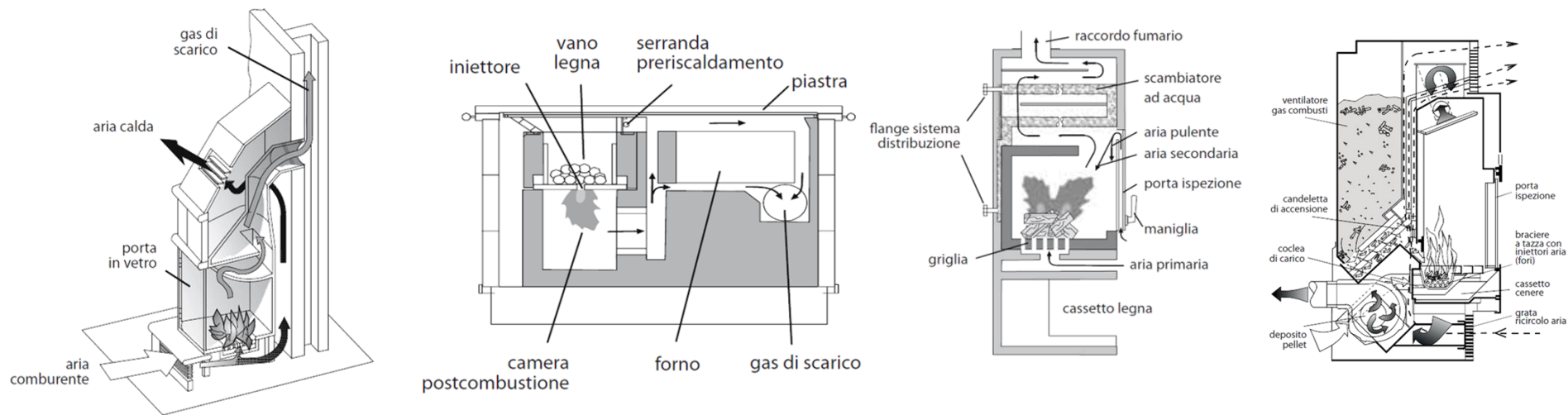
3 Ossidazione dei gas combustibili (700-1400 °C)

Combustione «completa» e regola 3T

- **Temperatura**
- **Turbolenza**
- **Tempo di permanenza**



Apparecchi domestici a legna e pellet, acquistate solo prodotti omologati e certificati ai sensi del decreto 186/2017



| Tipo di apparecchio | Norma tecnica |
|-------------------------------|---------------|
| Stufe/inserti/cucine a pellet | UNI EN 14785 |
| Stufe a legna | UNI EN 13240 |
| Camini chiusi/inserti a legna | UNI EN 13229 |
| Cucine a legna | UNI EN 12815 |
| Stufe ad accumulo | UNI EN 15250 |

Queste norme non prevedono la misurazione di tutti i gas inquinanti (solo CO e η) richiesti dal Decreto 186/2017

Rapporti di Prova di omologazione

Rapporto di prova Laboratorio accreditato (**ESEMPIO**)
(norma tecnica di prodotto | UNI EN 13240, stufa a legna)




| | | |
|---|--------------------|----------|
| Type: <i>Tipo:</i> | | LH9 |
| Model: <i>Modello:</i> | | ICONA XW |
| Key data of the appliance at nominal heat output | | |
| CO emission at 13% O ₂ | % | 0,08 |
| Emissioni di CO al 13% O ₂ | mg/Nm ³ | 1053 |
| CO emission at 0% O ₂ | mg/MJ | 675 |
| Emissioni di CO allo 0% O ₂ | | |
| Dust emission at 13% O ₂ | mg/Nm ³ | 30 |
| Emissioni di polveri al 13% O ₂ | | |
| Dust emission at 0% O ₂ | mg/MJ | 19 |
| Emissioni di polveri al 0% O ₂ | | |
| OGC emission at 13% O ₂ | mg/Nm ³ | 59 |
| Emissioni di OGC al 13% O ₂ | | |
| OGC emission at 0% O ₂ | mg/MJ | 47 |
| Emissioni di OGC al 0% O ₂ | | |
| NO _x emission at 13% O ₂ | mg/Nm ³ | 89 |
| Emissioni di NO _x al 13% O ₂ | | |
| NO _x emission at 0% O ₂ | mg/MJ | 58 |
| Emissioni di NO _x al 0% O ₂ | | |
| Efficiency <i>Rendimento</i> | % | 80,0 |



Decreto 7 novembre 2017, n. 186 | Allegato 1, art. 3 | La classificazione va da 2 a 5 stelle

| Classe 5 stelle | | | | | |
|---|----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------|
| Tipo di generatore | PP (mg/Nm³) | COT (mg/Nm³) | NOx (mg/Nm³) | CO (mg/Nm³) | η (%) |
| Caminetti aperti | 25 | 35 | 100 | 650 | 85 |
| Camini chiusi, inserti a legna | 25 | 35 | 100 | 650 | 85 |
| Stufe a legna | 25 | 35 | 100 | 650 | 85 |
| Cucine a legna | 25 | 35 | 100 | 650 | 85 |
| Stufe ad accumulo | 25 | 35 | 100 | 650 | 85 |
| Stufe, inserti e cucine a pellet - Termostufe | 15 | 10 | 100 | 250 | 88 |
| Caldaie | 15 | 5 | 150 | 30 | 88 |
| Caldaie (alimentazione a pellet o a cippato) | 10 | 5 | 120 | 25 | 92 |
| Classe 4 stelle | | | | | |
| Tipo di generatore | PP (mg/Nm³) | COT (mg/Nm³) | NOx (mg/Nm³) | CO (mg/Nm³) | η (%) |
| Caminetti aperti | 30 | 70 | 160 | 1250 | 77 |
| Camini chiusi, inserti a legna | 30 | 70 | 160 | 1250 | 77 |
| Stufe a legna | 30 | 70 | 160 | 1250 | 77 |
| Cucine a legna | 30 | 70 | 160 | 1250 | 77 |
| Stufe ad accumulo | 30 | 70 | 160 | 1000 | 77 |
| Stufe, inserti e cucine a pellet - Termostufe | 20 | 35 | 160 | 250 | 87 |
| Caldaie | 20 | 10 | 150 | 200 | 87 |
| Caldaie (alimentazione a pellet o a cippato) | 15 | 10 | 130 | 100 | 91 |
| Classe 3 stelle | | | | | |
| Tipo di generatore | PP (mg/Nm³) | COT (mg/Nm³) | NOx (mg/Nm³) | CO (mg/Nm³) | η (%) |
| Caminetti aperti | 40 | 100 | 200 | 1500 | 75 |
| Camini chiusi, inserti a legna | 40 | 100 | 200 | 1500 | 75 |
| Stufe a legna | 40 | 100 | 200 | 1500 | 75 |
| Cucine a legna | 40 | 100 | 200 | 1500 | 75 |
| Stufe ad accumulo | 40 | 100 | 200 | 1250 | 75 |
| Stufe, inserti e cucine a pellet - Termostufe | 30 | 50 | 200 | 364 | 85 |
| Caldaie | 30 | 15 | 150 | 364 | 85 |
| Caldaie (alimentazione a pellet o a cippato) | 20 | 15 | 145 | 250 | 90 |



Acleco
Agenzia di consulenza tecnica ed ecologica
Organismo istituito n. 1886 - Regolamento (EU) n. 305/2011

Autore dell'atto di certificazione: ingegneri, ingegneri
del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare
Incaricato n. 1886 - 1886/2017 - 1886/2017

Certificato ambientale n. 1886-CPR-599CA-18

CERTIFICAZIONE AMBIENTALE DEI GENERATORI DI CALORE
ALIMENTATI A BIOMASSE COMBUSTIBILI SOLIDE

MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE
DECRETO 7 NOVEMBRE 2017, N. 186

Produttore:

KWB
KRAFT UND WÄRME AUS BIOMASSE GMBH
INDUSTRIESTRASSE 235
8321 ST. MARGARETHEN/RAAB
AUSTRIA

Modelli:

COMBIFIRE CF2 VIS/OS 28
COMBIFIRE CF1.5 VIS/OS 28

Tipo di generatore:

caldaie (303-5 alimentazione a legna)

Laboratorio di prova:

NB 9408 TÜV AUSTRIA SERVICES GMBH
Am Thalbach 15
4600 Thalheim bei Wels
Austria

Confronto delle prestazioni del generatore di calore con i limiti stabiliti dal decreto 7 novembre 2017, n. 186

| VALORI CERTIFICATI | | LIMITI all. 1 D.M. 7/11/2017, n. 186 | | | |
|--------------------|--------|--------------------------------------|----------|----------|----------|
| | | 5 stelle | 4 stelle | 3 stelle | 2 stelle |
| PP | mg/Nm³ | 15 | 15 | 20 | 30 |
| COT | mg/Nm³ | 5 | 5 | 10 | 15 |
| NOx | mg/Nm³ | 120 | 150 | 150 | 200 |
| CO | mg/Nm³ | 47 | 30 | 200 | 364 |
| η | % | 92,4 | 88 | 87 | 85 |

PP = particolato primario, COT = carbonio organico totale, NOx = ossidi di azoto, CO = monossido di carbonio, η = rendimento
Tutti i valori indicati si riferiscono al gas secco in condizioni normali (273 K e 1013 mbar) con una concentrazione
volumetrica di O₂ residuo pari al 13%.

CLASSE ENERGETICA DI APPARTENENZA:

4 STELLE

I risultati delle prove eseguite sull'apparecchio oggetto della presente Certificazione ambientale
sono contenuti nei Rapporti di prova 15-UW-Wels-EX-132/2 datato 12.10.2015 e 15-UW-Wels-EX-
132 datato 20.03.2017.

Data di emissione:

04.06.2018

Responsabile del laboratorio

dr.ssa Claudia Marcuzzi

Emesso digitalmente da AIEL/CEC

1886/2017 - 1886/2017
1886/2017 - 1886/2017
1886/2017 - 1886/2017
1886/2017 - 1886/2017
1886/2017 - 1886/2017
1886/2017 - 1886/2017
1886/2017 - 1886/2017
1886/2017 - 1886/2017
1886/2017 - 1886/2017
1886/2017 - 1886/2017

AIEL/CEC s.r.l. Via Lomello, 41 - 20090 CORBENNO (PV) - Tel. 0341 / 417011-417012-417013 - www.aiel.it
Cap. Soc. € 7.500.000 i.v. - Isc. Reg. Imp. n. 02180000159 - Cod. Fisc. n. 01541000159

AIEL
ASSOCIAZIONE
ITALIANA ENERGIE
AGROFORESTALI

21/11/2019

energiadalleghno
UN PROGETTO AIEL

Valter Francescato | AIEL

18

Principali caratteristiche di una moderna stufa a legna (Fonte: TFZ)



Figura A
Componenti costruttive
e funzionali di una moderna
stufa a legna

Fonte: Technologie-und Förderzentrum (TFZ), 2015.

- Combustione a 2 stadi
- Rivestimento refrattario
- Geometria camera combustione
- Costruzione e tenuta d'aria
- Vetro frontale
- Presa d'aria canalizzata
- Certificazione delle prestazioni ambientali (rendimento, emissioni)



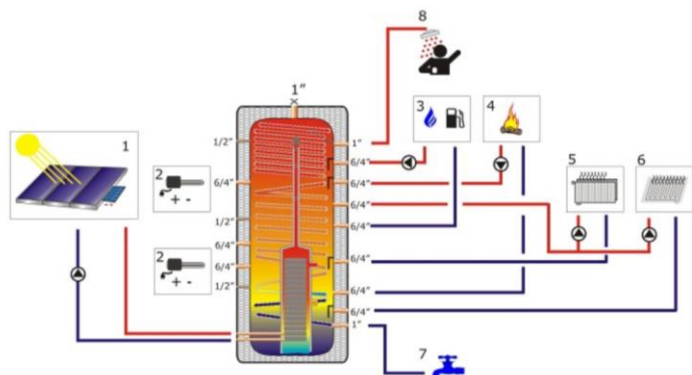


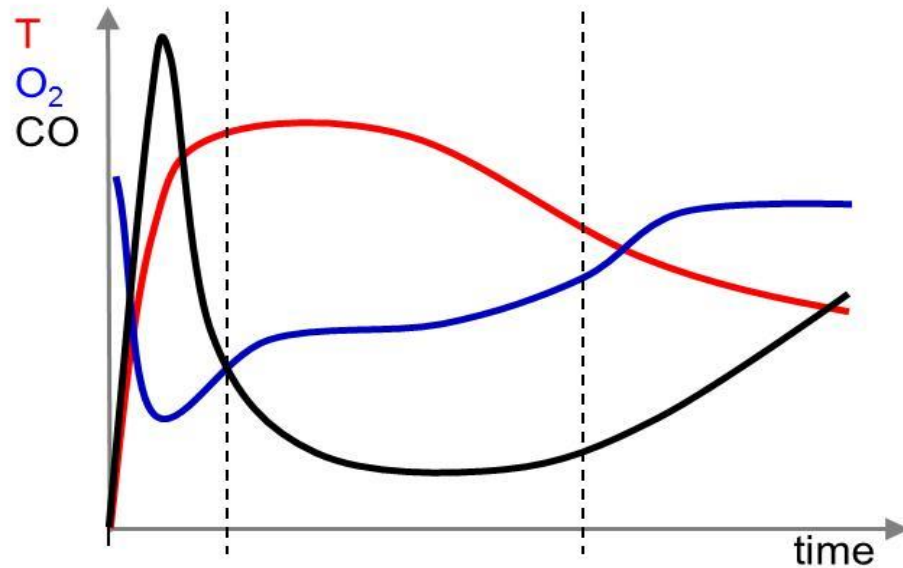
Tabella 3 - Concentrazioni dei prodotti di combustione riferite a un tenore di ossigeno libero nei fumi del 13% durante il regime permanente

| | Concentrazione misurata (con strumentazione di laboratorio 17025) mg/Nm ³ | Concentrazione calcolata mg/Nm ³ (UNI EN 15544:2009) | Concentrazione della classe 4 stelle Stufe a legna Decreto 186:2017 mg/Nm ³ |
|-----|--|---|--|
| PM | 31 | 42 | 30 |
| COT | 74 | 45 | 70 |
| CO | 285 | 570 | 1250 |
| NOx | 103 | 123 | 160 |



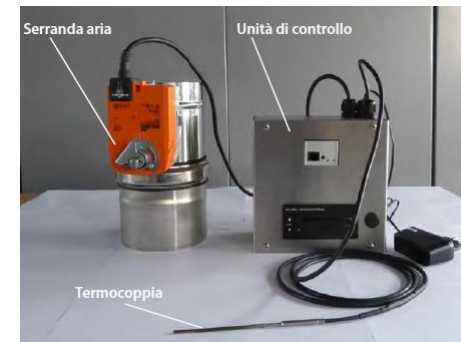
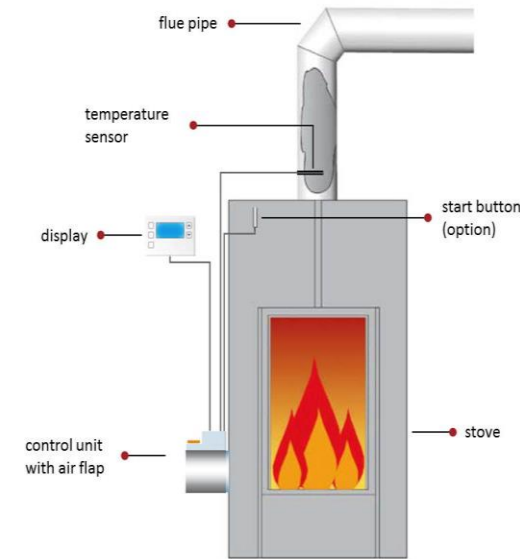
Evoluzione tecnologica: integrazione di sistemi di controllo dell'aria comburente (retrofitting)

- Ridurre errori dell'utente finale (misure tecnologiche)
- Ridurre le emissioni e incrementare il rendimento

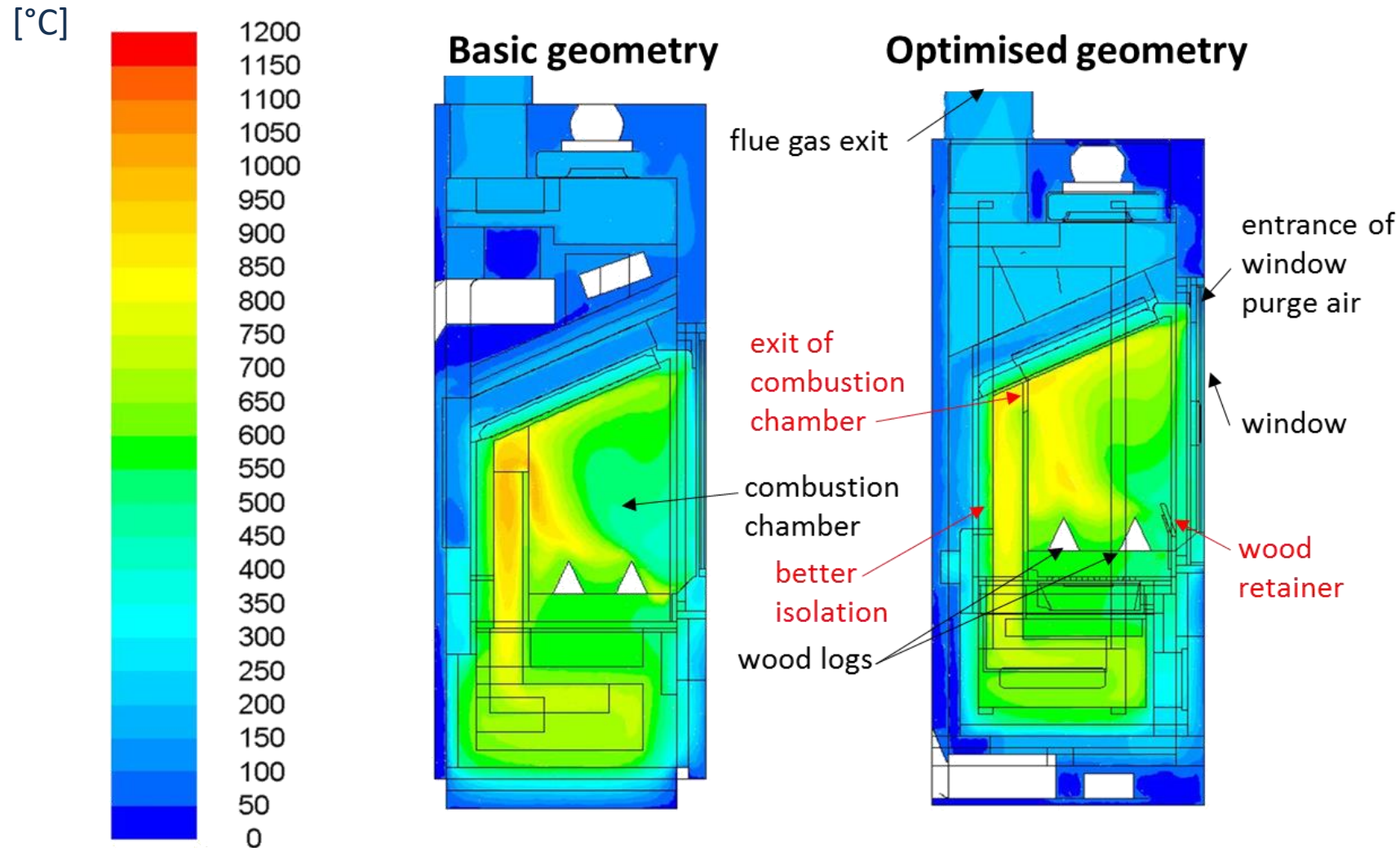


Effetti positivi

- Riduzione fase di accensione
- Camera combustione mantenuta costantemente a T più elevata
- L'O₂ è più costante e più basso nella fase di combustione e fase finale della combustione
- CO/OGC con un solo picco nella fase di accensione
- Riduzione perdite a generatore spento (ca. 190 kg legna M20 ~ 750 kWh/a)



Modellistica CFD aiuta lo sviluppo di stufe più efficienti (ottimizzazione)



L'utilizzatore fa la differenza!



- **Stagionarla correttamente** 1-2 stagioni

→ $M < 20\%$ (ottimale 12-15 %)

- **circonferenza** 20 cm \approx 9 cm \varnothing
- non **sovraccaricare** il focolare
- **lunghezza** → pareti libere
- Usare correttamente **registri aria**
- Ricaricare la legna **nel momento giusto**



Guida rapida al corretto uso del caminetto a legna

LIGHT 02



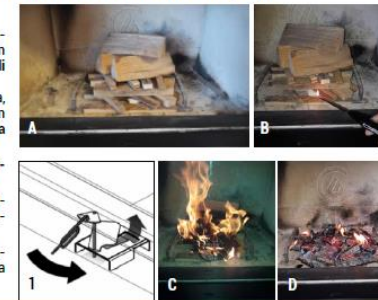
Preparazione e accensione

Preparazione e caratteristiche della legna

- Pulire la camera di combustione accuratamente
- Lunghezza dei ciocchi di legna spaccata: 25 cm (L 25)
- Usare solo legna secca, stagionata per almeno 1 anno, con contenuto idrico inferiore al 20% (M20)

Carica di accensione

- Posizionare la legna fine sulla parte centrale della camera di combustione delimitata dai due supporti in acciaio. Sopra alla legna fine posizionare 3 ciocchi di legna disposti come in A. Fare molta attenzione al posizionamento della legna, in modo che l'aria circoli liberamente tra i pezzi per non soffocare la fiamma: il legno troppo stipato non brucia correttamente.
- La massa della carica di accensione deve essere di circa 3 kg (A).
- Posizionare l'accendifuoco naturale al centro della catasta, accendere come in B (accensione dal basso) e assicurarsi che il registro sia posizionato aperto (1).
- Dopo circa 15 minuti la camera di combustione si troverà nello stato di piena combustione (C) e dopo circa 30 minuti come in D.



Ricarica della legna

- Ricaricare quando la fiamma è in fase di estinzione o quando non ci sono fiamme visibili ma ancora abbastanza braci con legna grossa (E). Quando la combustione sarà come nello stato di C, chiudere il registro aria (2).
- Legna: 3 ciocchi da 1 kg ciascuno, per un totale di 3 kg, disposti come in E.
- Nelle successive ricariche di legna, prima aprire il registro aria come in 1, poi caricare i ciocchi come in E e nello stato di piena combustione (C), richiudere il registro aria (2).



Fase di spegnimento

- Quando le fiamme sono estinte e il letto di braci non irradia più calore (F), chiudere la serranda dell'aria (2).



ATTENZIONE

L'esercizio della stufa con modalità diverse da quelle indicate nella presente guida causa un funzionamento non ottimale dell'apparecchio, pertanto le prestazioni di emissione e di rendimento attese non potranno essere raggiunte.



Guida rapida al corretto uso della cucina a legna



KOOK 80
KOOK 87
KOOK 90



Preparazione e accensione

Preparazione e caratteristiche della legna

- Pulire la camera di combustione e svuotare il cassetto cenere
- Prestare attenzione che non vi siano braci accese mescolate alla cenere
- Lunghezza dei ciocchi di legna spaccata: 33 cm (L 33)
- Usare solo legna secca, stagionata per almeno 1 anno, con contenuto idrico inferiore al 20% (M20)

Carica di accensione

- Posizionare la carica di accensione, la massa della carica deve essere di 1 kg e i ciocchi devono essere posizionati come in fig. A.
- Introdurre dei piccoli listelli di legno intrecciati ben stagionati e posizionare sopra di essi le tavolette accendifuoco (modulo di accensione dall'alto, fig. A)
- Accendere e, se necessario, tenere la porta aperta per qualche minuto fino a quando la camera di combustione e la canna fumaria iniziano a scaldarsi. Chiudere la porta.
- Aprire completamente il registro (1), il registro (2) aria combustione e la valvola (3) di avviamento (fig. B).
- A mano a mano che il fuoco procede aggiungere della legna di piccola dimensione: 2 ciocchi con una massa complessiva di circa 2 kg (fig. C).



Ricarica della legna

- Caricare il focolare quando nella camera di combustione ci sono le braci.
- Aprire la valvola di avviamento (3) e aprire lentamente la porta del focolare.
- Con l'attizzatoio rompere il legno bruciato in modo tale da formare un letto di braci (fig. D).
- Introdurre un ciocco di legna con una massa complessiva di 2,2kg nel centro del letto di braci e chiudere la porta (fig. E).
- Chiudere la valvola di avviamento (3), chiudere il registro (1) regolare il registro (2) aria combustione (fig. F).



Guida rapida al corretto uso del caminetto a legna

LIGHT 02



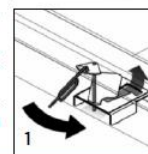
Preparazione e accensione

Preparazione e caratteristiche della legna

- Pulire la camera di combustione accuratamente
- Lunghezza dei ciocchi di legna spaccata: 25 cm (L 25)
- Usare solo legna secca, stagionata per almeno 1 anno, con contenuto idrico inferiore al 20% (M20)

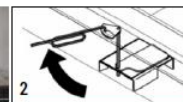
Carica di accensione

- Posizionare la legna fine sulla parte centrale della camera di combustione delimitata dai due supporti in acciaio. Sopra alla legna fine posizionare 3 ciocchi di legna disposti come in A.
Fare molta attenzione al posizionamento della legna, in modo che l'aria circoli liberamente tra i pezzi per non soffocare la fiamma: il legno troppo stipato non brucia correttamente.
- La massa della carica di accensione deve essere di circa 3 kg (A).
- Posizionare l'accendifuoco naturale al centro della catasta, accendere come in B (accensione dal basso) e assicurarsi che il registro sia posizionato aperto (1).
- Dopo circa 15 minuti la camera di combustione si troverà nello stato di piena combustione (C) e dopo circa 30 minuti come in D.



Ricarica della legna

- Ricaricare quando la fiamma è in fase di estinzione o quando non ci sono fiamme visibili ma ancora abbastanza braci con legna grossa (E). Quando la combustione sarà come nello stato di C, chiudere il registro aria (2).
- Legna: 3 ciocchi da 1 kg ciascuno, per un totale di 3 kg, disposti come in E.
- Nelle successive ricariche di legna, prima aprire il registro aria come in 1, poi caricare i ciocchi come in E e nello stato di piena combustione (C), richiudere il registro aria (2).



Fase di spegnimento

- Quando le fiamme sono estinte e il letto di braci non irradia più calore (F), chiudere la serranda dell'aria (2)

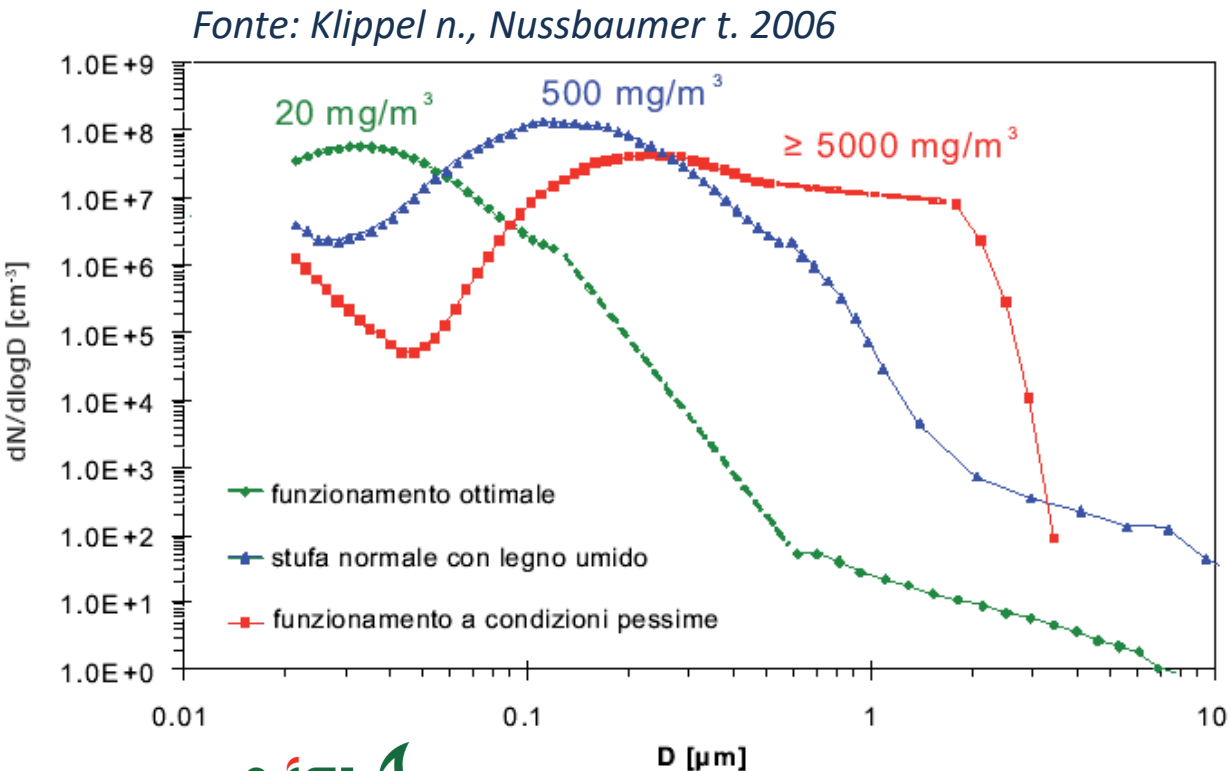


ATTENZIONE

L'esercizio della stufa con modalità diverse da quelle indicate nella presente guida causa un funzionamento non ottimale dell'apparecchio, pertanto le prestazioni di emissione e di rendimento attese non potranno essere raggiunte.

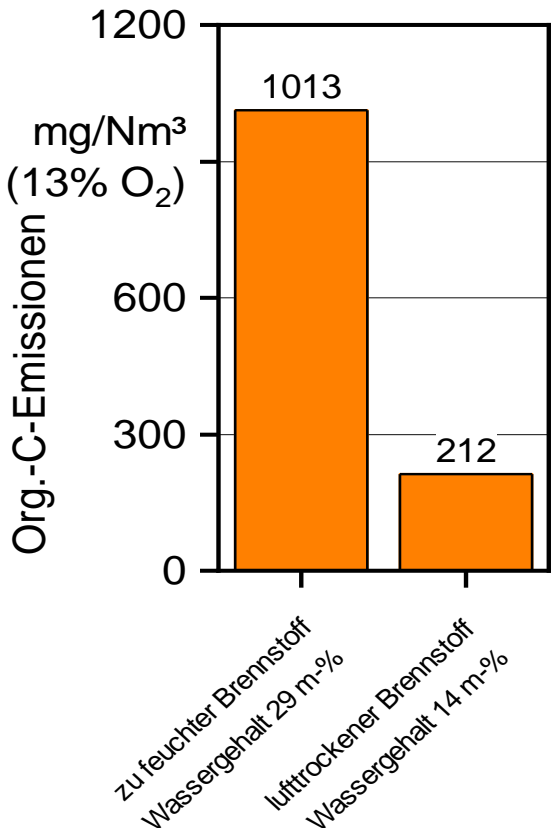
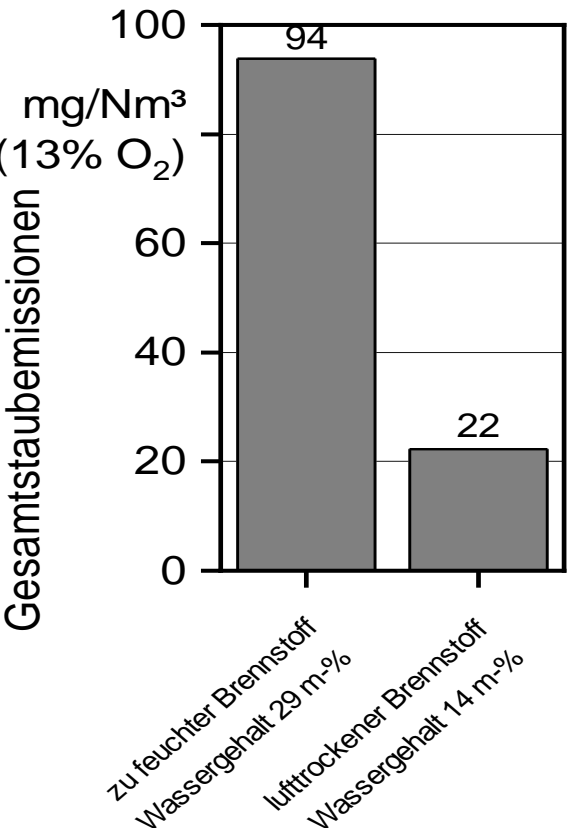
EFFETTO DELLA QUALITÀ DEL COMBUSTIBILE E DELLA GESTIONE

- Stufa certificata (<50 mg), **ciocchi troppo grossi → 250 mg**
- Stufa certificata (<50 mg) **legna umida → 500 mg**
- Stufa convenz in cond pessime di funzionamento. (registri aria chiusi) → **fino a 5000 mg**



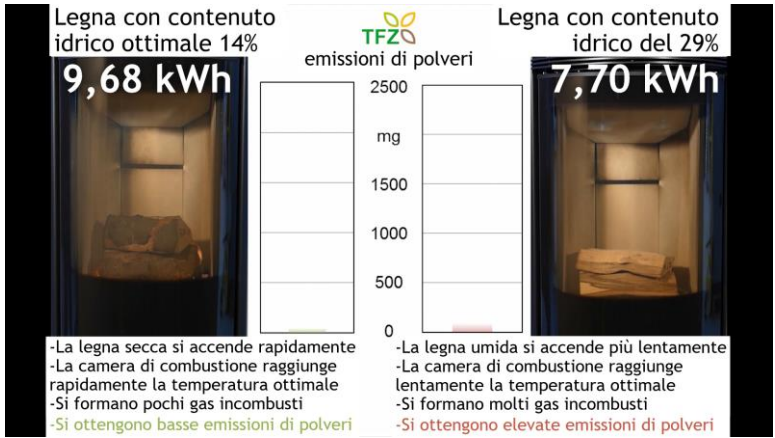
Effetto del contenuto idrico (M) sulle emissioni di polveri e carbonio organico

Fonte: TFZ, 2019



| M 14% | M 29% |
|--|--|
| pci = 4,4 kWh/kg | pci = 3,5 kWh/kg |
| 20 kW x 1.500 = 30 MWh Consumo: 6,8 t/a | 20 kW x 1.500 = 30 MWh Consumo: 8,6 t/a |

LEGNA UMIDA = + EMISSIONI + COSTI!



Combustibili di prova

Specie legnose a confronto

Fonte: F. Hugony (ENEA, 2016)

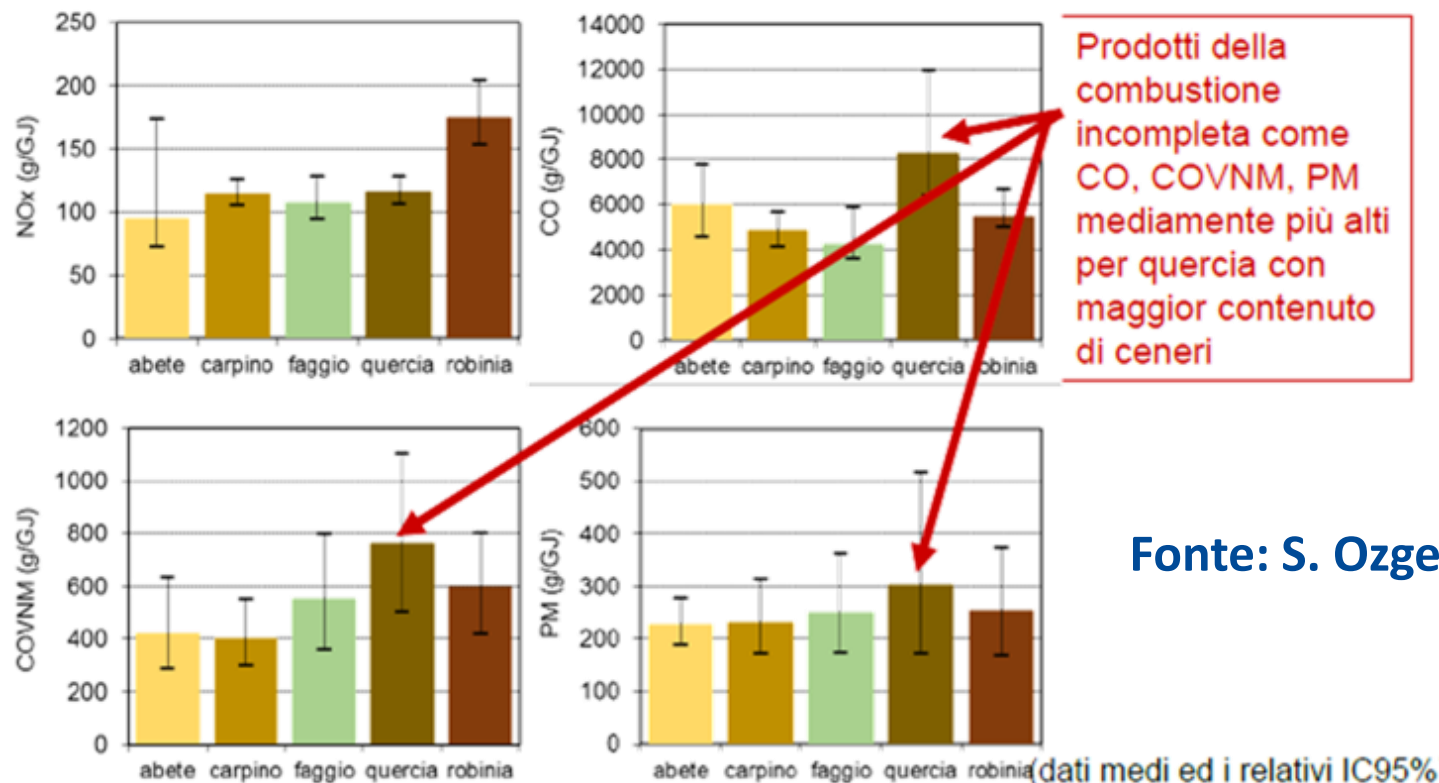


| Proprietà | Unità | Faggio | Carpino | Quercia | Robinia | Abete | Pellet | |
|-----------|-------|--------|---------|---------|---------|-------|--------------|---------------|
| | | | | | | | Alta Qualità | Bassa Qualità |
| | | F | C | Q | R | A | AQ | BQ |
| UMIDITA' | % | 9.5 | 9.8 | 10.0 | 9.2 | 9.3 | 6.8 | 7.1 |
| CENERI | % | 0.5 | 0.5 | 1.4 | 0.8 | 0.4 | 0.4 | 0.8 |
| N | % | 0.1 | <0.1 | <0.1 | 0.4 | 0.65 | 0.3 | 0.35 |

1. Livelli di umidità molto bassi. UNI EN ISO 17225 $<16 \pm 4\%$
2. Contenuto di ceneri basso, eccetto per la quercia (conseguenze sul PM)
3. Contenuto di N dell'Abete incide sulle emissioni di NOx

Influenza dell'essenza legnosa sui FE medi degli apparecchi a carica manuale

IC95% si sovrappongono → FE con diverse essenze non sono statisticamente differenti



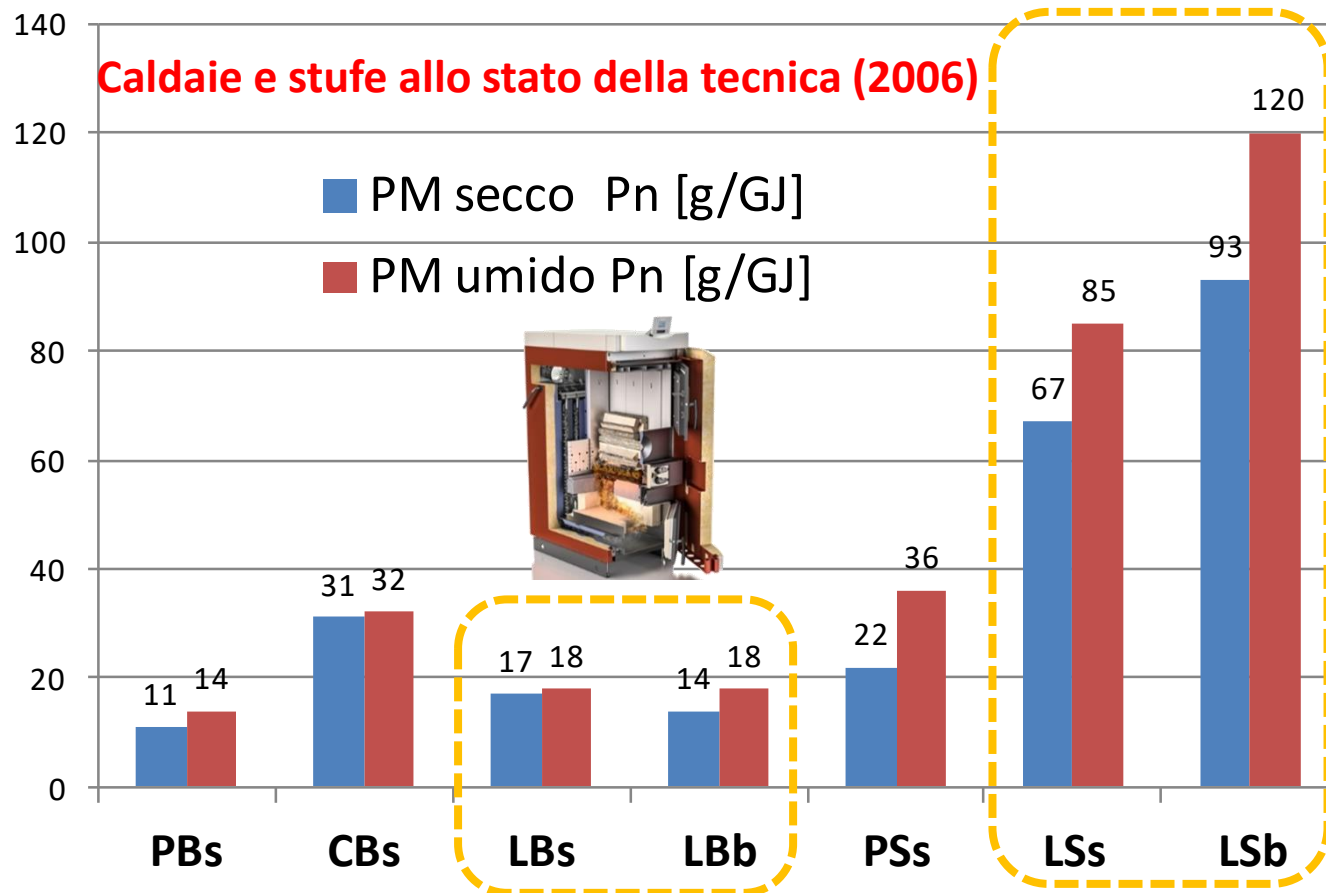
Fonte: S. Ozgen (Politecnico di Milano, 2016)

PROGETTO FUOCO – FIERA DI VERONA, 25.02.2016

POLITECNICO DI MILANO

Specie legnosa ed emissioni (Orasce et al. 2012)

Particolato




PBs: caldaia a pellet (abete), 25 kW; **CBs:** caldaia a cippato (abete), 30 kW; **LBs:** caldaia a legna (abete), 30 kW, **LBb:** caldaia a legna (faggio), 30 kW; **PSs:** stufa a pellet (abete), 13 kW, **LSs:** stufa a legna (abete), 8 kW; **LSb:** stufa a legna (faggio), 8 kW




Evoluzione delle prestazioni degli AD a legna e pellet in condizioni Reali di esercizio

Fonte: S. Ozgem et al. 2017 (Politecnico Milano Dip. DICA e LEAP)

Stufa a pellet:
Potenza nominale: 11.1 kW
Consumo nominale = 2,4 kg/h
Efficienza = 89,2%




Pellet di abete
(certificato A1)




Pellet di faggio



Stufa a legna:
Potenza nominale: 8,2 kW
Consumo nominale = 2,0 kg/h
Efficienza = 80,8%



Abete (legna morbida)



Faggio (legna dura)



Particolato ultrafine 0.1 μm (UFP)

| UFP - FE sperimentali con ciclo "reale" | | | |
|---|---------------|---------------|--------------|
| STUFA A PELLETT | | STUFA A LEGNA | |
| Pellet abete | Pellet faggio | Legna abete | Legna faggio |
| 30 g/GJ | 25 g/GJ | 36 g/GJ | 67 g/GJ |

faggio →
maggior
contenuto di
ceneri nel
combustibile

IPA Stufa a pellet: 0,01%

IPA stufa a legna: 1,5%

Risposte tossicologiche relative rapportate all'energia entrante al sistema*

| Caso indagato | Infiammazione | Genotossicità | Stress ossidativo |
|--------------------------|---------------|---------------|-------------------|
| Stufa a pellets (abete) | 1.4 | 1.3 | 1.3 |
| Stufa a pellets (faggio) | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| Stufa a legna (abete) | 1.4 | 2.5 | 1.3 |
| Stufa a legna (faggio) | 2.3 | 2.8 | 2.9 |

*Il valore 1 è assegnato alla risposta minore osservata per ciascun parametro (a parità di energia in ingresso con il combustibile).

Accensione e ricarica: seguire il libretto di istruzioni

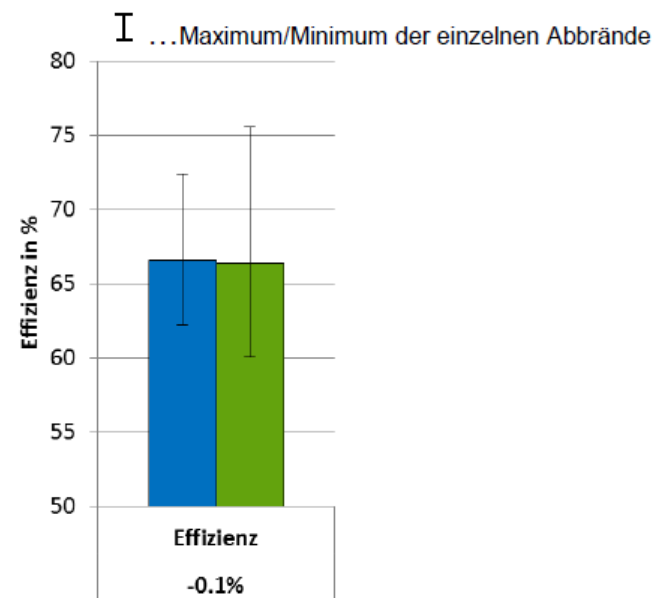
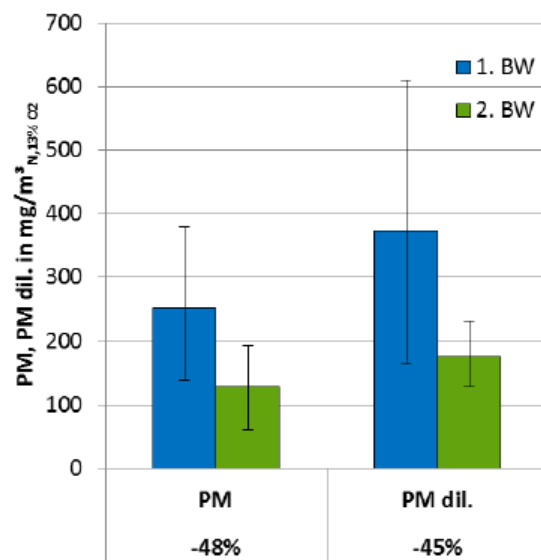
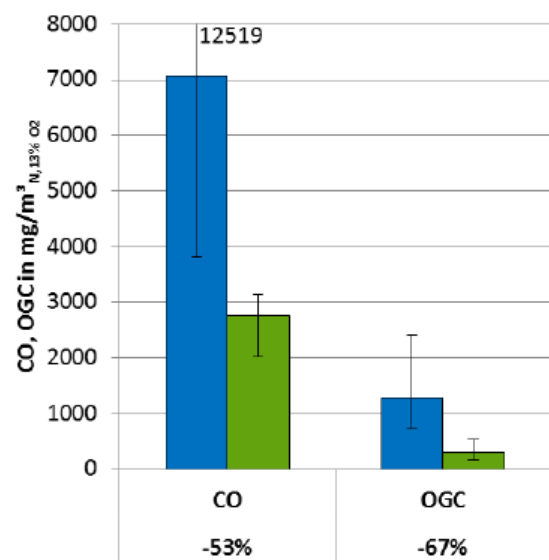
Emissioni PM -50% e rendimento più vicino ai valori di omologazione!!

| | Comportamento usuale utente finale | Secondo manuale di istruzioni |
|-------------------|---|--|
| Tipo di legna | Abete squadrato | Faggio legna spaccata |
| Accensione |  |  |
| Ricarica del vano |  |  |

Effetto della «scolarizzazione» dell'utente finale sulle emissioni di stufe a legna: dimezzate (fonte: B2020+, 2019)

■ Schulung (SH-Öfen)

■ 4 SH-Öfen (1. und 2. Betriebsweise; n=4)



Il fumo visibile e un indicatore di polveri!

Nel caso di una gestione corretta dell'apparecchio, nella fase di accensione il fumo della combustione **diventa invisibile** al più tardi dopo **15 minuti dall'accensione**



Se accendi il fuoco come una candela riduci le polveri del 50%!



Confrontando i due metodi sia in stufe sia in inserti, si è potuto rilevare una **riduzione delle polveri totali del 50-80%** (70-120 mg/Nm³ al 13% di O₂) rispetto al metodo di **accensione tradizionale** (200-500 mg/Nm³ al 13% di O₂)

Fonte: *Nussbaumer, Czasch, Klippel, Johansson, Tullin 2008.*

Metodo ottimale di accensione con accendifuoco TFZ



- posizionare centralmente un idoneo accendifuoco
- disporre i legnetti di accensione incrociati (meglio usare legno tenero)
- disporre due ciocchi con la punta verso l'interno e due con la punta verso l'esterno

Metodo approssimativo di accensione con carta

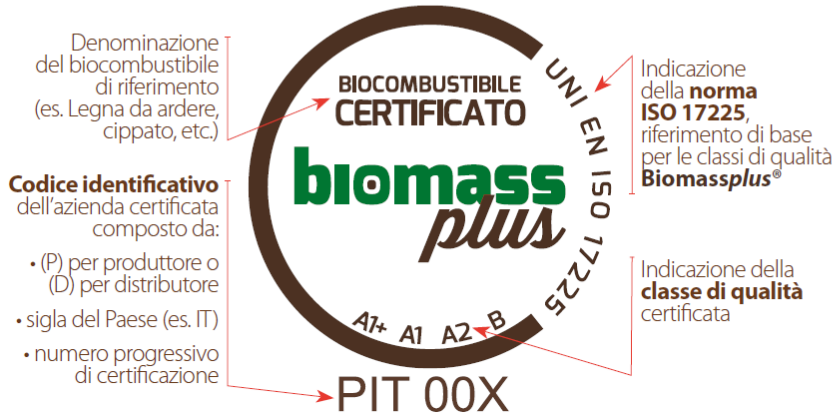


- Carta (ad esempio da giornale) accartocciata posizionata nel mezzo
- Legnetti di accensione posizionati "a capanna" sulla carta
- Ciocchi posizionati allo stesso modo sopra ai legnetti

Questo NON deve MAI essere bruciato!!



Per scaldarti con biocombustibili di alta qualità, scegli legna da ardere, cippato o bricchette a marchio **Biomassplus®**, la certificazione che garantisce la qualità del prodotto e del processo produttivo attraverso un sistema di etichettatura.



Nel marchio di certificazione **Biomassplus®**, l'indicazione della norma ISO 17225 contiene anche l'informazione relativa alle parti specifiche per i diversi biocombustibili: ISO 17225-3 per le bricchette, ISO 17225-4 per il cippato e ISO 17225-5 per la legna da ardere.



Qualità della legna da ardere

NOTA ALLA TABELLA. La classe A1plus ha parametri qualitativi superiori rispetto alla classe A1, con la qualità massima, prevista dalla norma ISO 17225-5.

| Classi di qualità secondo la norma ISO 17225-5 | A1plus oltre la norma | A1 | A2 | B |
|--|--------------------------|-----------------|-----------------|---------------|
| Contenuto idrico (%) | ≤ 15% | ≤ 25 % | ≤ 25 % | ≤ 35 % |
| Diametro (cm) | ≤ 15 | ≤ 15 | ≤15 | > 15 |
| Lunghezza (cm) | 20-25-33-50 | 20-25-33-50-100 | 20-25-33-50-100 | 33-50-100 |
| Pezzi spaccati/tondi | > 90 % | > 90 % | > 50 % | Non richiesto |
| Superficie di taglio | Regolare | regolare | Non richiesto | Non richiesto |
| Presenza carie | Non visibile | Non visibile | Non richiesto | Non richiesto |
| Valore economico (€/t) | 155-200 | 145-160 | 100-150 | 80-100 |



Tabella 1 – Prospetto degli ambiti e delle azioni d'intervento del Piano d'azione per il miglioramento della qualità dell'aria

Ambito d'intervento 1: Misure trasversali

- Azione 1. Razionalizzazione dei sussidi ambientalmente dannosi
- Azione 2. Fondo per il finanziamento del Programma nazionale di controllo dell'inquinamento atmosferico
- Azione 3. Adozione degli accordi tra Stato, Regioni e Province autonome per il miglioramento della qualità dell'aria
- Azione 4. Informazione ai cittadini

Ambito d'intervento 2: Agricoltura e combustione di biomasse

- Azione 1. Interventi per l'abbattimento delle emissioni di ammoniaca
- Azione 2. Limitazioni all'abbruciamento dei residui vegetali

Ambito d'intervento 3: Mobilità

- Azione 1. Introduzione dei criteri ambientali nella disciplina della circolazione in ambito extraurbano
- Azione 2. Controllo delle aree a traffico limitato
- Azione 3. Linee guida per la classificazione dei veicoli elettrici ibridi
- Azione 4. Sostegno alla diffusione della micromobilità elettrica e promozione dell'utilizzo di mezzi di trasporto innovativi e sostenibili
- Azione 5. Disincentivo all'utilizzo di veicoli ad alte emissioni inquinanti
- Azione 6. Mobilità attiva

Ambito d'intervento 4: Riscaldamento civile

- Azione 1. Riduzione delle emissioni inquinanti derivanti dalle stufe a biomassa
- Azione 2. Riduzione delle emissioni inquinanti derivanti dagli impianti termici alimentati a biomassa
- Azione 3. Qualificazione degli installatori di impianti alimentati a fonti rinnovabili
- Azione 4. Limitazioni all'utilizzo degli impianti di riscaldamento alimentati a gasolio

Ambito d'intervento 5: Uscita dal carbone

- Azione 1. Riduzione delle emissioni inquinanti derivanti dalla chiusura o trasformazione di alcuni impianti termoelettrici alimentati a carbone



4-5 Giugno 2019
Entrata in vigore 180 gg
dalla firma

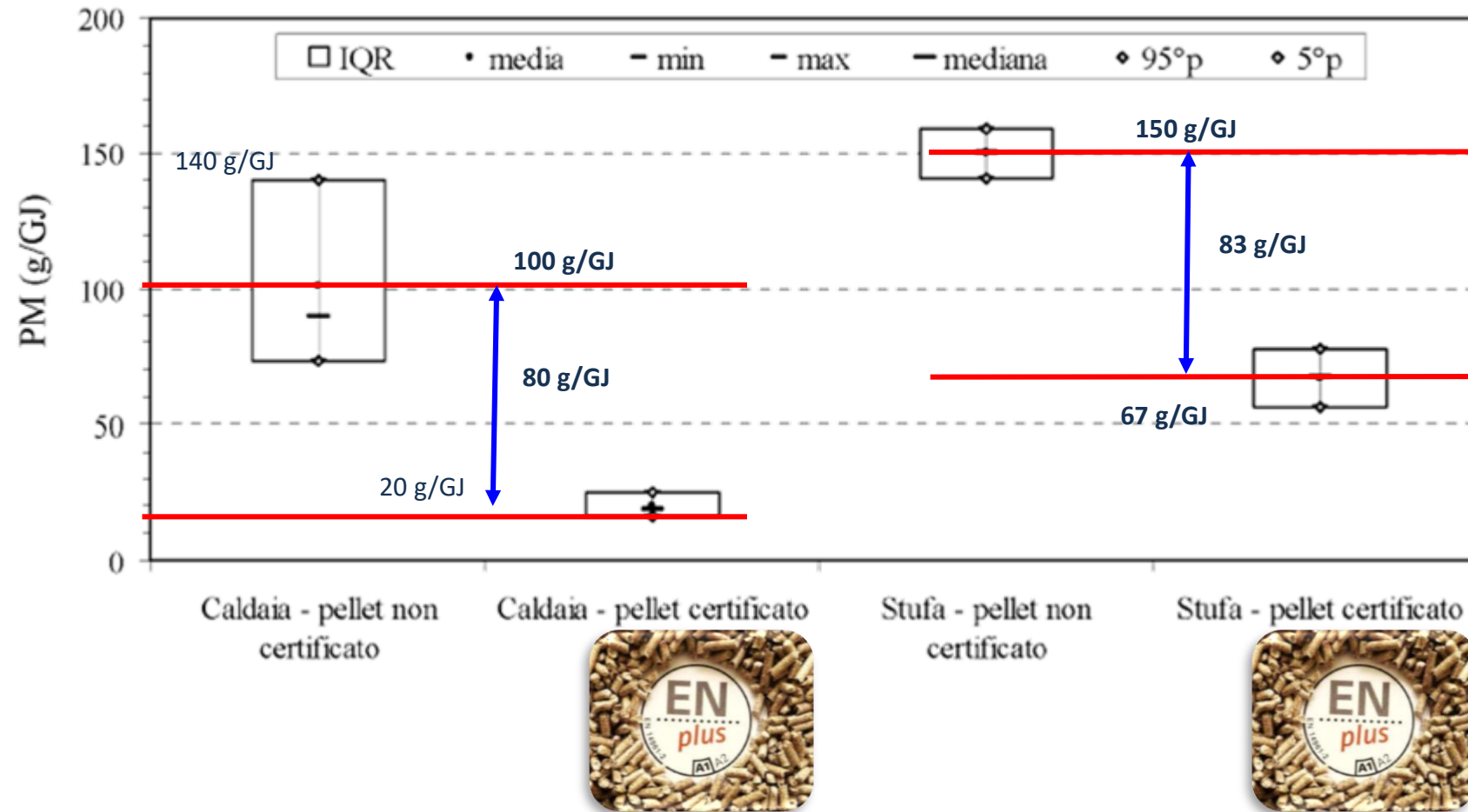
Ambito d'intervento 4, Azione 2

Referente: MiSE con MATTM e MiPAAFT

Misura A. Aggiornare i requisiti di accesso agli incentivi del Conto Termico, condizionando l'incentivazione di impianti alimentati a legna da ardere, bricchette e cippato all'impiego di combustibili certificati in conformità alle norme tecniche di riferimento (ISO UNI EN 17225, rispettivamente parti 3, 4 e 5) da parte di un organismo di certificazione, nonché al rispetto di idonee forme di tracciabilità e di criteri di sostenibilità ambientale volti ad assicurare, a parità di energia prodotta, una riduzione delle emissioni di inquinanti e di biossido di carbonio.

Confronto tra emissioni di PM : pellet certificato e non certificato

Fonte: Caserini et al. 2014 - Politecnico Milano e Innovhub SSC



Prescrizioni nell'uso del pellet nelle Regioni del Bacino Padano

11. di disporre che dal 1.10.2018, nei generatori di calore a pellet di potenza termica nominale inferiore ai 35 kW, sia consentito solo l'utilizzo di pellet che rispettino le condizioni previste dall'Allegato X, Parte II, sezione 4, paragrafo 1, lettera d), parte V del decreto legislativo n. 152/2006, e che sia certificato conforme alla classe A1 della norma UNI EN ISO 17225-2 da parte di un Organismo di certificazione accreditato, da comprovare mediante la conservazione obbligatoria della documentazione pertinente da parte dell'utilizzatore;



Pellet
ISO 17225-2
Classe A1



Accelerare il Turnover tecnologico e la riduzione delle emissioni

1. Stimolare la **rottamazione** degli apparecchi obsoleti → Forte promozione degli incentivi a scala comunale, **Conto Termico ed Ecobonus** in primis

FE inventari emissioni regionali
(INEMAR; AD<35 kW)

FE AD a legna e pellet stato della tecnica
in condizioni reali di funzionamento



FE moderni impianti tecnologici
ben progettati e gestiti

| 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 |

[AD LEGNA]

PM_{dil}: 57 – 271 g/GJ

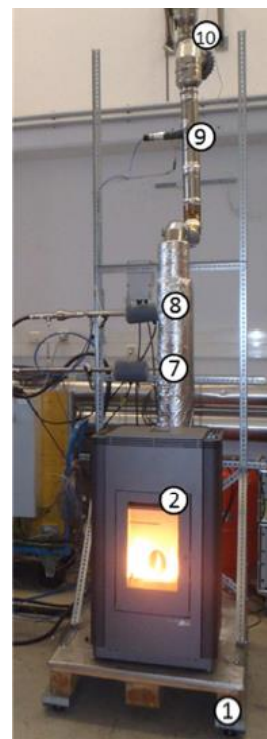
BaP: 7.9 – 86.4 mg/GJ



[AD PELLET]

PM_{dil}: 28 – 38 g/GJ

BaP: 0.5 – 129.8 mg/GJ

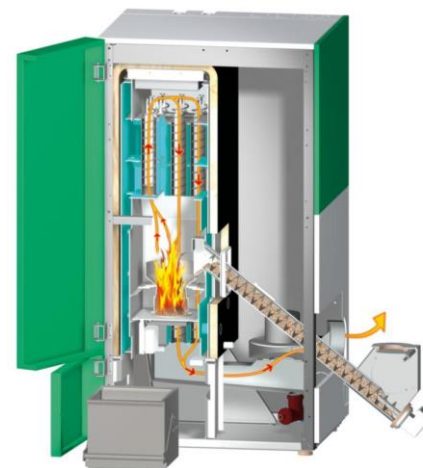


EI 2016 → BaP 121 mg/GJ

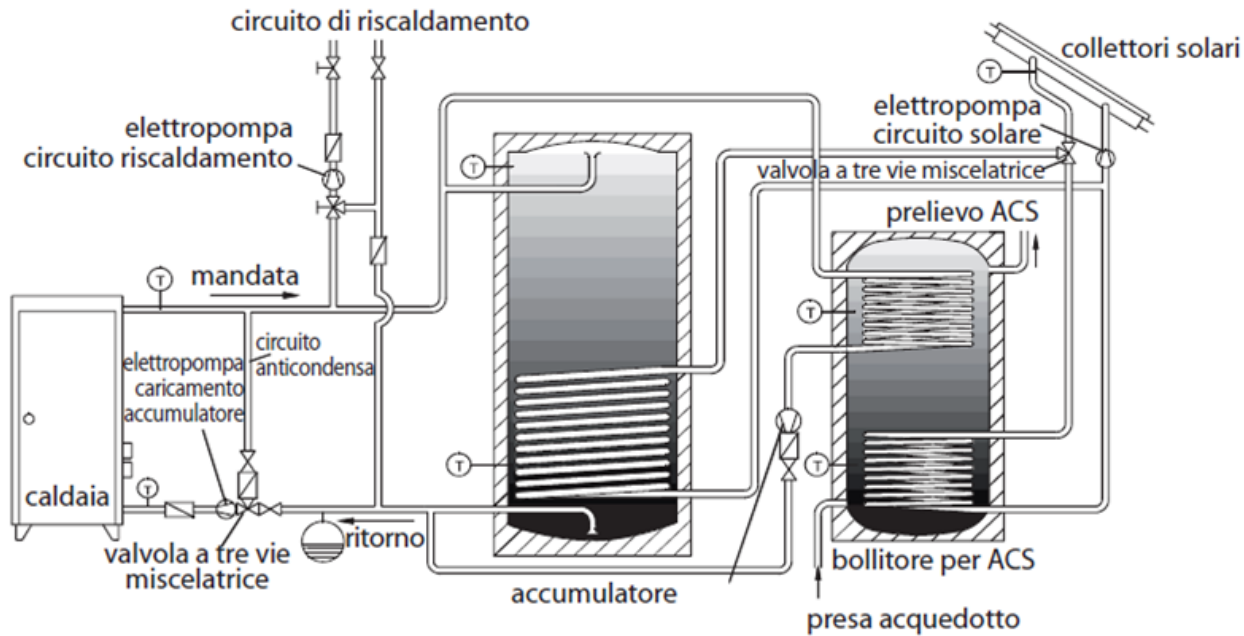
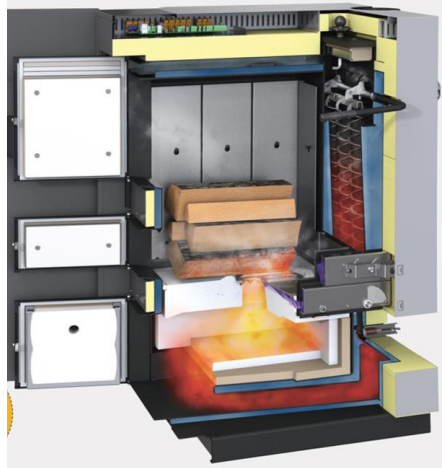
Fonte: F. Klauser et al. 2018

PM < (1)5-10 g/GJ

BaP: < 1 (0,5-0,03) mg/GJ



Moderni impianti centralizzati a legna ad alta efficienza e basse emissioni

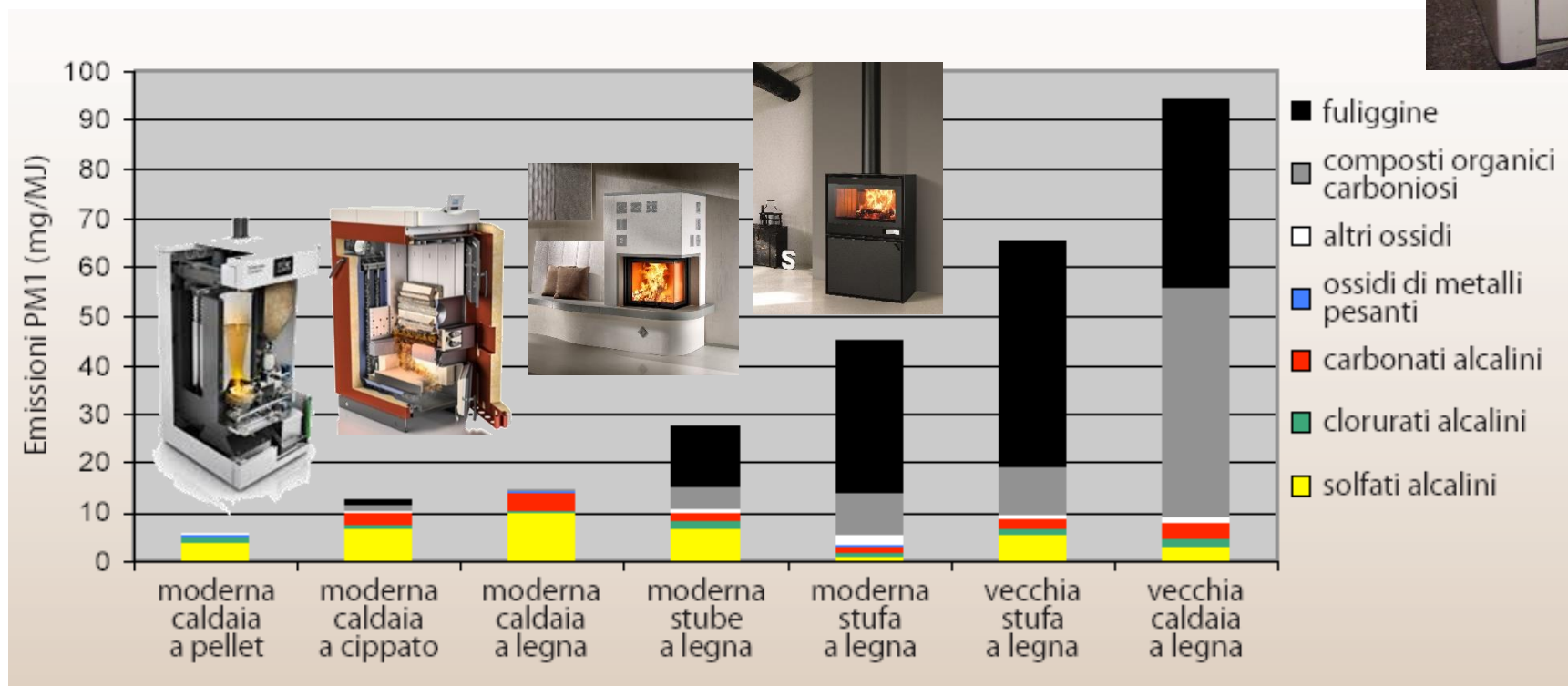


Sono impianti costo, tuttavia godono di importanti incentivi: **Conto Termico Detrazioni 50%**



particles from
automatic
wood furnace

2 g particle mass





installazione

9. di disporre il divieto della nuova installazione di generatori di calore alimentati da biomassa legnosa con prestazioni emissive inferiori a quelle individuate nella "Tabella 1. Classificazione ambientale dei generatori di calore", dell'allegato 2 alla dgr 5656 del 3.10.2016 per le seguenti classi di appartenenza:

- "tre stelle", per i generatori che verranno installati dall'1.10.2018;
- "quattro stelle", per i generatori che verranno installati dall'1.1.2020;



esercizio

10. di disporre che i generatori di calore alimentati da biomassa legnosa possano essere mantenuti in esercizio se aventi prestazioni emissive, individuate nella Tabella 1 di cui al punto precedente, non inferiori a quelle per le seguenti classi di appartenenza, verificabili secondo le indicazioni dettate in premessa per l'identificazione della classe di appartenenza:

- "due stelle", per i generatori che saranno in esercizio dall'1.10.2018;
- "tre stelle", per i generatori che saranno in esercizio dall'1.1.2020;

prUNI 10389-2 - Misurazione in opera di: Rendimento, Tiraggio, CO, NOx

- Caldaie legna, cippato e pellet
- Apparecchi domestici automatici a pellet



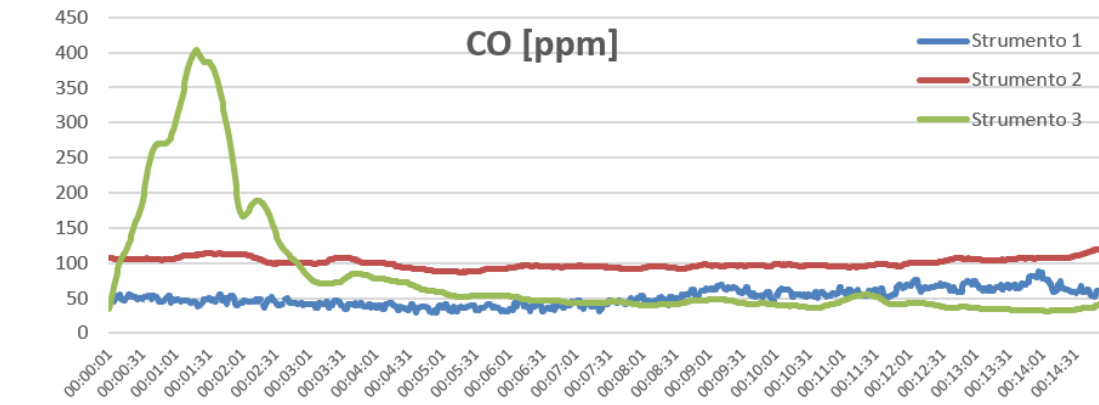
24 kW a legna



Caldaia a legna manuale

| | Polveri in mg/Nm ³ rif. 11% O ₂ |
|-------------|--|
| Strumento 2 | 18,9 |
| Strumento 3 | 20,5 |

Risultati test di validazione prUNI 10389-2 (Fonte AIEL, 2018)



| | O ₂ [%] | CO [ppm] | CO ₂ [%] | NO _x [ppm] | T _{fumi} [°C] | T _{amb} [°C] | Rend. [%] | Tiraggio* [Pa] |
|-------------|-----------------------|-------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------|-------------------|
| Strumento 1 | 7,3 | 50,6 | 13,3 | 150 | 169 | 30 | 92 | - 17 |
| Strumento 2 | 7,1 | 100,1 | 13,5 | 134 | 189 | 25 | 91 | - 23 |
| Strumento 3 | 6,9 | 82,3 | 13,6 | 146 | 188 | 25 | 91 | - 22 |

Sarà molto importante
fare le prove con legna
certificata!

CONTO TERMICO 2.0 (intervento 2B)

Strumento strategico per velocizzare il turnover tecnologico e la riduzione di PM10 e BaP

- Incentiva la **rottamazione di vecchi generatori a biomasse e gasolio**
- Per valori dell'incentivo < **5.000 € rata unica (→ 2-5 anni)**
- Incentivo fino al **65% dell'investimento (35-50 %)**
- **Accesso diretto** in qualsiasi momento



Esempi di calcolo dell'incentivo

Le seguenti tabelle permettono di avere un'idea dell'ordine di grandezza dell'incentivo, in funzione dei diversi fattori precedentemente descritti.

Incentivo erogato in 1, 2 o 5 anni (valori in Euro)

Stufe e termocamini

| Zona Climatica | Potenza 8 kW | | |
|----------------|--------------|--------------|--------|
| | Ce=1 | Ce=1,2 | Ce=1,5 |
| D | 780 | 936 | 1.170 |
| E | 947 | 1.136 | 1.421 |
| F | 1.003 | 1.203 | 1.504 |

| Zona Climatica | Potenza 12 kW | | |
|----------------|---------------|--------|--------|
| | Ce=1 | Ce=1,2 | Ce=1,5 |
| D | 932 | 1.118 | 1.398 |
| E | 1.132 | 1.358 | 1.698 |
| F | 1.198 | 1.438 | 1.798 |

Caldaie con potenza ≤ 35 kW

| Zona Climatica | Potenza 20 kW | | |
|----------------|---------------|--------|--------------|
| | Ce=1 | Ce=1,2 | Ce=1,5 |
| D | 2.520 | 3.024 | 3.780 |
| E | 3.060 | 3.672 | 4.590 |
| F | 3.240 | 3.888 | 4.860 |

| Zona Climatica | Potenza 35 kW | | |
|----------------|---------------|--------|--------|
| | Ce=1 | Ce=1,2 | Ce=1,5 |
| D | 4.410 | 5.292 | 6.615 |
| E | 5.355 | 6.426 | 8.033 |
| F | 5.670 | 6.804 | 8.505 |

Caldaie con potenza > 35 kW

| Zona Climatica | Potenza 36 kW | | |
|----------------|---------------|--------|--------|
| | Ce=1 | Ce=1,2 | Ce=1,5 |
| D | 5.040 | 6.048 | 7.560 |
| E | 6.120 | 7.344 | 9.180 |
| F | 6.480 | 7.776 | 9.720 |

| Zona Climatica | Potenza 50 kW | | |
|----------------|---------------|--------|--------|
| | Ce=1 | Ce=1,2 | Ce=1,5 |
| D | 7.000 | 8.400 | 10.500 |
| E | 8.500 | 10.200 | 12.750 |
| F | 9.000 | 10.800 | 13.500 |

Dati aggiornati al 01/09/2019

Richieste pervenute



Ammesse
In Lavorazione
Non Ammesse

242.454

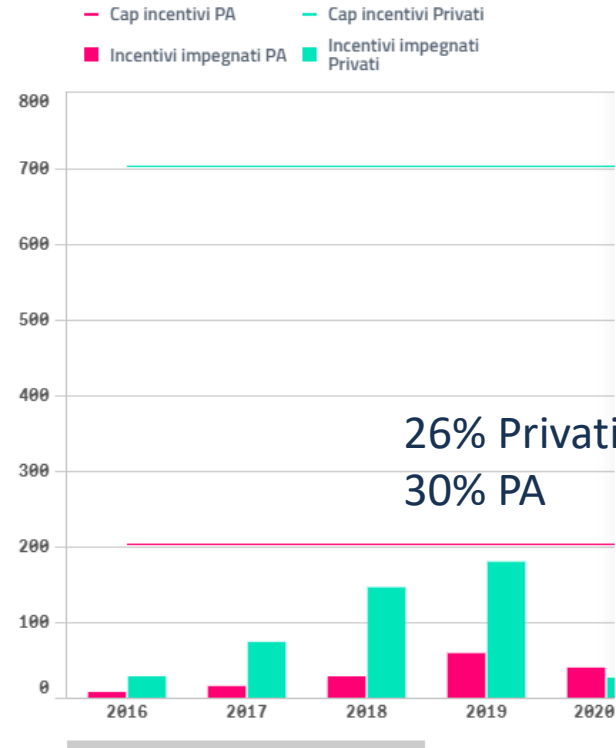
Incentivi impegnati



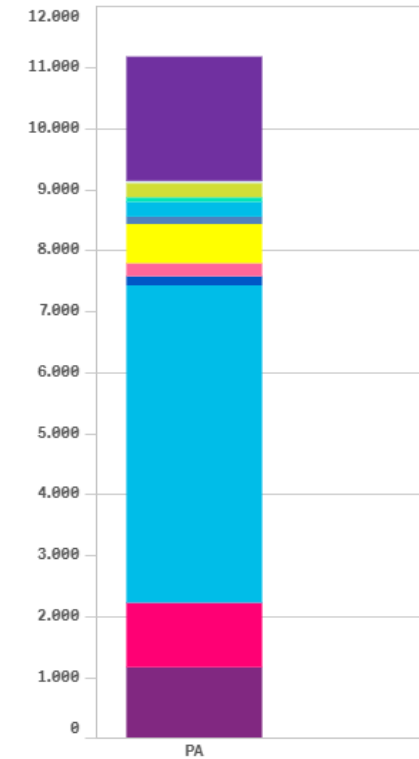
PA
Privati

238 € mln

Incentivi impegnati annualmente e disponibilità residua (€ mln)

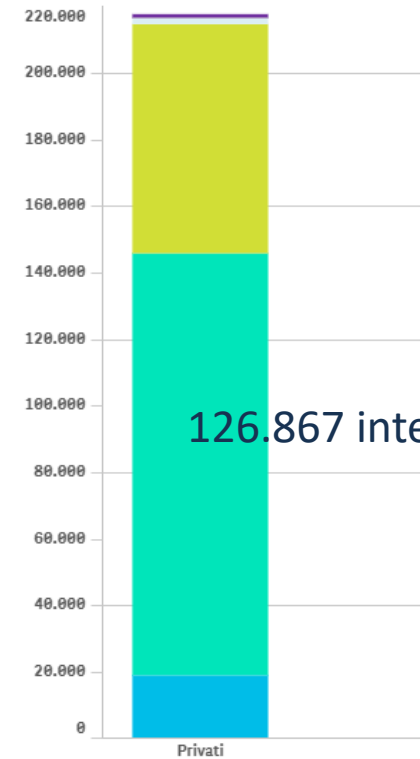


Numero e tipologia interventi PA



1.A - Involucro opaco
1.D - Schermature
1.G - Building automation
2.C - Solare termico
DE + APE
1.B - Chiusure trasparenti
1.E - Edifici nZEB
2.A - Pompe di calore
2.D - Scaldacqua a PdC
1.C - Gener. a condensazione
1.F - Sistemi di illuminazione
2.B - Generatori a biomasse
2.E - Sistemi ibridi

Numero e tipologia interventi Privati

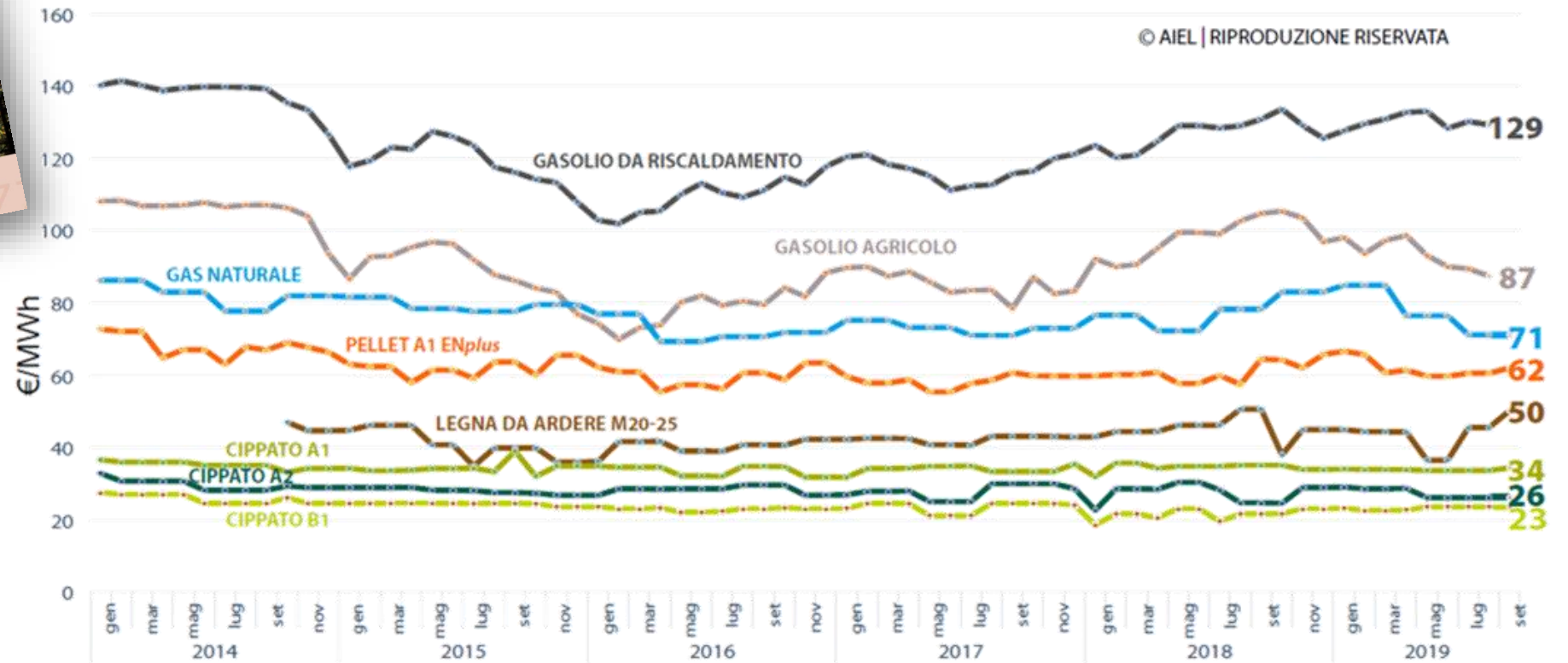


126.867 interventi 2B – 60%

2017: 23.708
2018: 46.147



ANDAMENTO DEL COSTO DELL'ENERGIA PRIMARIA 2014 - 2019 (in Euro/MWh) (Iva e trasporto esclusi)



GASOLIO DA RISCALDAMENTO - fonte: MiSE

GASOLIO AGRICOLO - elab. AIEL su dati MiSE

GAS NATURALE - fonte: ARERA

TUTORIAL PER IL CALCOLO DEL COSTO DEL GPL IN €/MWh

Il mercato del GPL è particolarmente territoriale ed influenzato nel prezzo anche dalla presenza del metano. Rilevare un prezzo rappresentativo del territorio nazionale con i metodi utilizzati per gli altri combustibili fossili non è possibile. Il tutorial è quindi pubblicato allo scopo di semplificare il calcolo per l'utente finale e facilitare il confronto con le principali alternative rinnovabili.

$$\frac{\text{Costo (€/l)}}{\text{P.C.I. (MWh/1.000 l)}} \cdot 1.000 \text{ litri} = \text{Costo €/MWh}$$

P.C.I. = Potere calorifico inferiore (GPL = 6,82 MWh/1.000 l)

Esempi:

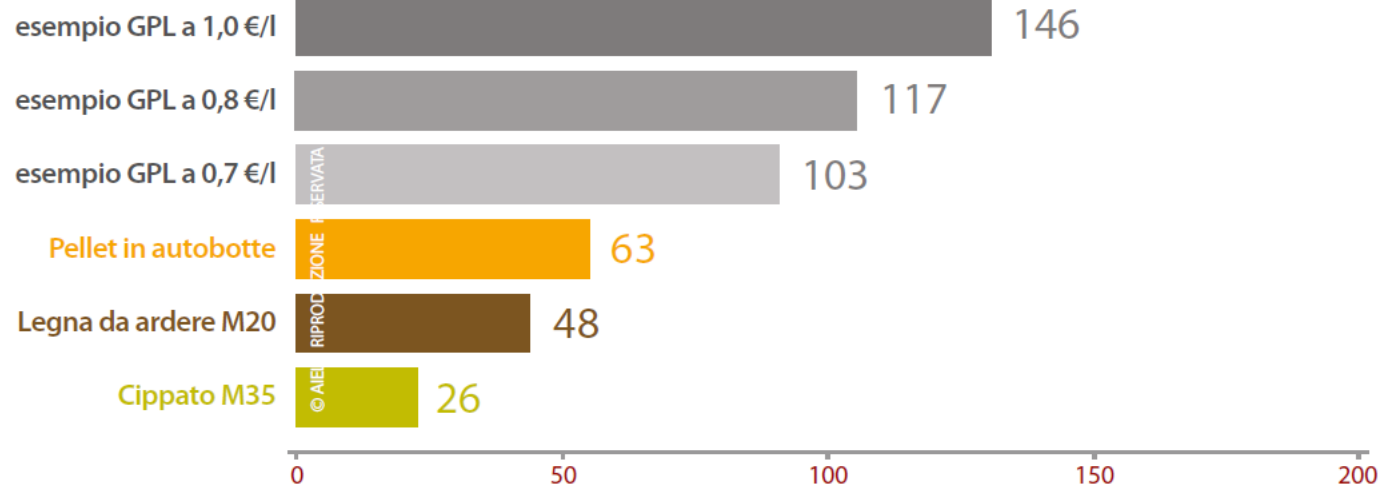
Con il GPL a 1,0 €/l $\frac{1,00}{6,82} \cdot 1.000,00 = 146 \text{ €/MWh}$

Con il GPL a 0,8 €/l $\frac{0,80}{6,82} \cdot 1.000,00 = 117 \text{ €/MWh}$

Con il GPL a 0,7 €/l $\frac{0,70}{6,82} \cdot 1.000,00 = 103 \text{ €/MWh}$



COSTO DELL'ENERGIA PRIMARIA (in Euro/MWh)



Requisiti tecnico-ambientali dei generatori di calore a biomasse

| Tipo | Biocombustibili | Certificazione del generatore | PP mg/Nm ³ (13% O ₂) | CO g/Nm ³ (13% O ₂) | Rendimento (%) |
|----------------------|--|-------------------------------|---|--|----------------------|
| Termocamini Stufe | Legna da ardere Biomasse (152/06) | UNI EN 13240 UNI EN 13229 | 40 | 1,50 | > 85% |
| | Pellet certificato ISO 17225-2 cl. A1-A2 | UNI EN 14785 | 30 | 0,36 | |
| Caldaie | Legna da ardere | EN 303-5:2012 classe 5 | 30 | 0,36 | 87+ log(Pn) > 89% |
| | Cippato e biomasse vergini | | | | |
| | Pellet certificato ISO 17225-2 cl. A1-A2 | | 20 | 0,25 | |

Requisiti di corretta installazione e manutenzione

1. Caldaia manuali (legna): **accumulo inerziale** obbligatorio e dimensionato secondo la UNI EN 303-05:2012
2. Caldaie automatiche cippato/biomasse: **accumulo inerziale** obbligatorio con **$V > 20 \text{ dm}^3/\text{kW}$** ; per le caldaie automatiche $\leq 500 \text{ kW}$ (costruttore/progettista)
3. **Termoregolazione**: valvole termostatiche a bassa inerzia termica su tutti i corpi scaldanti, tranne nel caso di distribuzione radiante e in presenza di centralina di termoregolazione agente sulla portata
4. **Manutenzione biennale** obbligatoria su generatore e impianto fumario





www.energiadalleghno.it

3 Target

- FAMIGLIA
- IMPRESE
- PUBBLICA AMMINISTRAZIONE

| CONTRIBUTO: | |
|------------------|--|
| INCENTIVO TOTALE | |
| N RATE | |
| IMPORTO DATA | |

Maschere di calcolo CT 2.0

Catalogo Vetrina soci AIEL sempre aggiornato con oltre **2.500 prodotti** idonei al CT 2.0

Effetti positivi sulla qualità dell'aria



Pn: 12 kW
Rendimento: 68%
PP: 300 mg/Nm³ rif. 13% O₂
CO: 5 g/Nm³ rif. 13% O₂

Rendimento: +26%
PP: - 10 volte!
CO: - 10 volte!

Pn: 12 kW (UNI EN 13240)
Rendimento: 86%
PP: 29 mg/Nm³ rif. 13% O₂ – Ce=1,2
CO: 0,54 g/Nm³ rif. 13% O₂

Formula di calcolo per stufe e termocamini

$$I_{a\text{ tot}} = 3,35 \times \ln(P_n) \times \text{hr} \times C_i \times C_e$$

Esempio: Stufa a legna UNI EN 13240

$P_n = 12 \text{ kW}$

Emissioni di PP < 30 mg ($C_e = 1,2$)

$$I_{a\text{ tot}} = 3,35 \times \ln(12) \times 1800 \times 0,04 \times 1,2 = 819 \text{ €} \times 2 = \mathbf{1.438 \text{ € (1 rata!)}$$



Due esempi

1

Il signor Antonio Bianchi riqualifica il vecchio camino aperto della propria abitazione ubicata nel comune di Feltre (**zona climatica=F**), inserendovi un moderno **inserto a legna da ardere (4 stelle ariaPulita™) da 8 kW** con bonus emissioni (dato fornito dal fabbricante) **Ce=1,2**.

A fronte di un costo complessivo dell'intervento di sostituzione pari a 3.500 € riceve un incentivo di **1.203 € in 1 anno**.



2

Il signor Mario Rossi sostituisce la vecchia caldaia a gasolio da 32 kW della propria azienda agricola ubicata nel comune di Feltre (**zona climatica=F**), con una **moderna caldaia a legna da 20 kW** con bonus emissioni (dato fornito dal fabbricante) **Ce=1,5**.

A fronte di un costo complessivo dell'intervento di sostituzione pari a 13.000 € riceve un incentivo di **4.860 € in 1 anno**.



CONTO TERMICO 2.0 (intervento 2B)

Strumento strategico per velocizzare il turnover tecnologico e la riduzione di PM10 e BaP

Caldaia **Legna 25 kW** vs caldaia Gasolio 40 kW

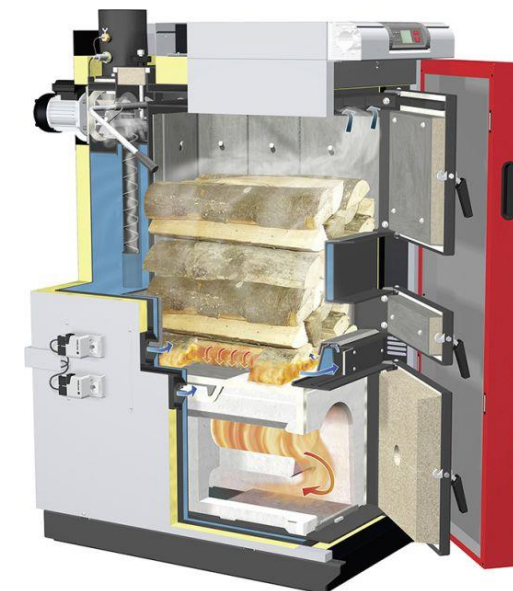
Puffer 2.000 litri

45 MWh/a di Ep

11 t legna secca (P500 M20) → € 1.700

Spesa Gasolio: 5.000 €/a (4.500 litri)

Investimento totale: **18.000 €**



CONTO TERMICO 2.0 (intervento 2B)

Strumento strategico per velocizzare il turnover tecnologico e la riduzione di PM10 e BaP

Esempio: caldaia a legna

$P_n = 25 \text{ kW}$

zona F

Emissioni $\rightarrow C_e=1,5$

$I_{a \text{ tot}} = 3.037 \text{ €} \times 2 \text{ anni} = 6.075 \text{ €} \text{ (40\%)}$

Risparmio vs gasolio: $5.000 - 1.700 = \text{€ } 3.300$

$18.000 - 6.075 = 11.925 / 3.300 \rightarrow 4 \text{ anni}$



Valter Francescato, direttore tecnico

AIEL – Associazione Italiana Energie Agroforestali

francescato.aiel@cia.it

www.aielenergia.it



www.energiadallegno.it