



FREIE UNIVERSITÄT BOZEN

LIBERA UNIVERSITÀ DI BOLZANO

FREE UNIVERSITY OF BOZEN · BOLZANO



Stato dell'arte dei generatori a biomasse: prestazioni energetiche e ambientali

Aktueller Stand der Technik bei Biomasse zu Stromgeneratoren: energetische und umweltrelevante Leistungsmerkmale

Andrea Gasparella

Bolzano, 24 ottobre 2011

Outline

- **Generatori di piccola-media taglia**
 - tipologie, caratteristiche, affidabilità
 - evoluzione
- **Combustibile**
- **Norme Combustibili/Emissioni**
 - europee
 - nazionali, locali
 - evoluzione
 - calcolo energetico degli edifici



generatori
- tipologie
- evoluzione

combustibile

norme C/E
- europee
- nazionali
- locali
- evoluzione
- edifici

Generatori a biomassa

- inserti e caminetti (aperti/chiusi)
- stufe
 - a legna
 - a pellet
 - a lento rilascio di calore
- sistemi centralizzati (caldaie)
 - a legna (a gassificazione)
 - a pellet
 - a cippato
 - combinati

kW

1 - 3

5 - 15

10 - 100

> 35



generatori
- tipologie
- evoluzione

combustibile

norme C/E
- europee
- nazionali
- locali
- evoluzione
- edifici

Generatori a pellet

I. Stufe

Piccoli sistemi domestici
(accensione automatica)



Vantaggi	Caricamento diretto in stufa. Semi-automatiche.
Svantaggi	Attenzione a ceneri / sporcamento del bruciatore.
Aria primaria	Sotto il letto di pellets al bruciatore
Aria secondaria	Dall'alto nella zona di combustione per assicurare la post-combustione
Rendimento	< 90%
Taglia	3-11 kW
Temp. Fumi	150-200°C



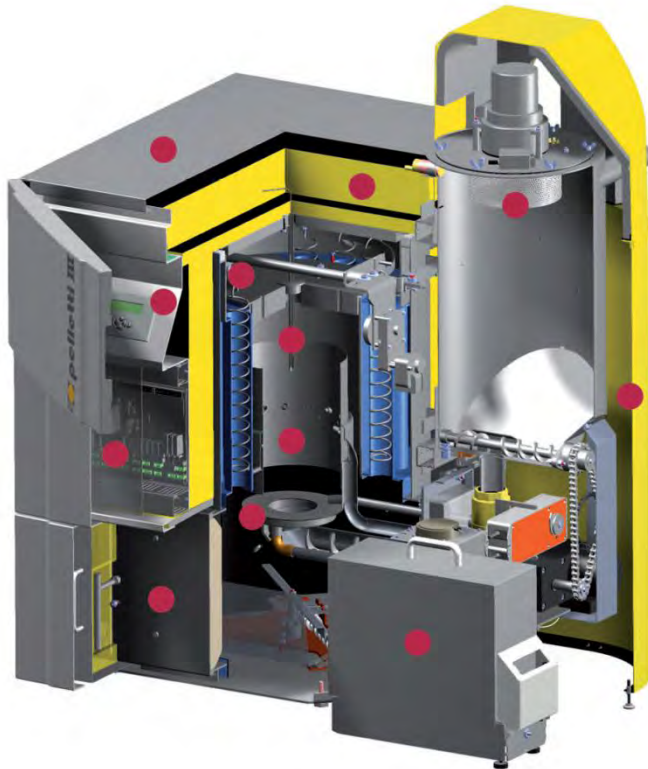
generatori
- tipologie
- evoluzione

combustibile

norme C/E
- europee
- nazionali
- locali
- evoluzione
- edifici

Generatori a pellet

2. Impianti centralizzati: 1/3



Sistemi a caricamento dal basso o “bottom feed” (10-30 kW)

[www.paradigma.de]

generatori
- tipologie
- evoluzione

combustibile

norme C/E
- europee
- nazionali
- locali
- evoluzione
- edifici



Generatori a pellet

2. Impianti centralizzati: 1/3

Sistemi a caricamento dal basso o “bottom feed” (10-30 kW)

Vantaggi	Si rileva facilmente il livello di combustibile con conseguente controllo „naturale“.
Svantaggi	Problemi di „ritorno di fiamma“ nel caricatore. Non omogeneità del letto al bruciatore.
Aria primaria	Sotto il letto di pellets al bruciatore mediante un piatto diffusore
Aria secondaria	Distribuzione mediante foro o tubo nella zona di post-combustione
Rendimento	< 90%
Taglia	10-30 kW
Temp. Fumi	150-200°C



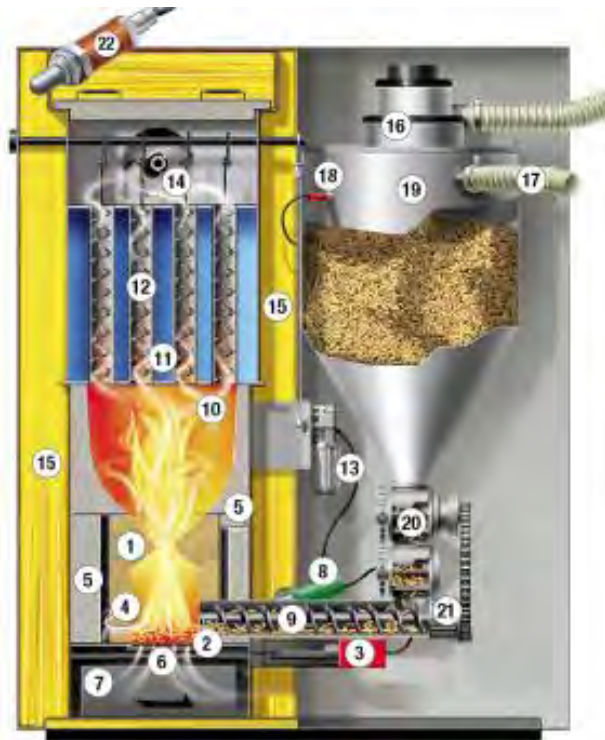
generatori
- tipologie
- evoluzione

combustibile

norme C/E
- europee
- nazionali
- locali
- evoluzione
- edifici

Generatori a pellet

2. Impianti centralizzati: 2/3



1. Vollschanottierte Brennkammer
2. Schieberost
3. Motor für Schieberost
4. Sekundärluftstrom m. Ein/Auslasskanälen
5. Hochtemperatur-Isolierplatten
6. Primärluft
7. Aschelade
8. Automatische Zündung
9. Einbringungschnecke
10. Zirkulationszone
11. Wärmetauscher
12. Turbulatoren
13. Autom. Kesselputzeinrichtung
14. Saugzuggebläse
15. Vollisolierung
16. Saugturbine
17. Geschlossenes Saugsystem
18. Füllstandsmelder
19. Zyklon Vorratsbehälter
20. Doppel-Zellenrad-Dosierschleuse
21. Motor-Antriebseinheit
22. Lambda-Sonde serienmäßig

Sistemi a caricamento laterale o “retort burner” (10-100 kW)

[www.hargassner.at]

generatori
- tipologie
- evoluzione

combustibile

norme C/E
- europee
- nazionali
- locali
- evoluzione
- edifici

Generatori a pellet

2. Impianti centralizzati: 2/3

Sistemi a caricamento laterale o “retort burner” (10-100 kW)

Vantaggi	Minore inerzia termica e risposta rapida alle variazioni di regolazione
Svantaggi	Problemi di „ritorno di fiamma“ nel caricatore. Non omogeneità del letto al bruciatore. Maggior caduta di ceneri dalla griglia.
Aria primaria	Sotto il letto di pellets al bruciatore
Aria secondaria	Distribuzione mediante diffusore ad anello o tubo nella zona di combustione per assicurare la post-combustione
Rendimento	< 90%
Taglia	10-100 kW
Temp. Fumi	150-200°C



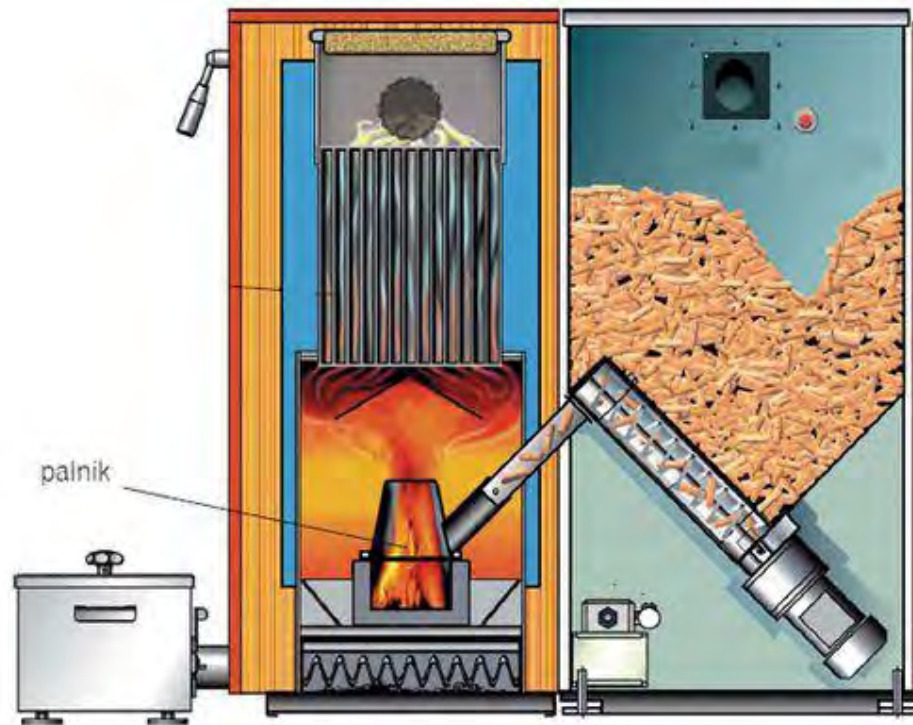
generatori
- tipologie
- evoluzione

combustibile

norme C/E
- europee
- nazionali
- locali
- evoluzione
- edifici

Generatori a pellet

2. Impianti centralizzati: 3/3



Sistemi a caricamento dall'alto "top-feed burner" (10-20 kW)

[www.kuenzel.de]

generatori
- tipologie
- evoluzione

combustibile

norme C/E
- europee
- nazionali
- locali
- evoluzione
- edifici

Generatori a pellet

2. Impianti centralizzati: 3/3

Sistemi a caricamento dall'alto "top-feed burner" (10-20 kW)

Vantaggi	Caricamento „a gravità“, nessun rischio di „ritorno di fiamma“ Letto meno compatto, minore caduta di ceneri (sistemi di autopulizia delle grate).
Svantaggi	Monitoraggio del livello di combustibile difficoltoso (necessaria misura automatica di livello).
Aria primaria	Direttamente nella zona di combustione dei pellet
Aria secondaria	Direttamente nella zona di combustione dei pellet
Rendimento	< 90%
Taglia	10-20 kW
Temp. Fumi	150-200°C



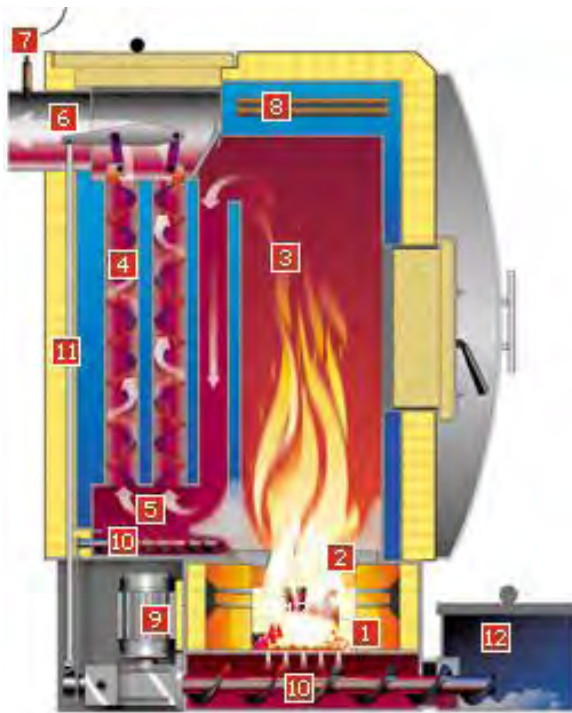
generatori
- tipologie
- evoluzione

combustibile

norme C/E
- europee
- nazionali
- locali
- evoluzione
- edifici

Generatori a cippato

I. Impianti centralizzati



Sistemi a caricamento automatico a cippato (25-110 kW)

[www.hargassner.at]

generatori
- tipologie
- evoluzione

combustibile

norme C/E
- europee
- nazionali
- locali
- evoluzione
- edifici



Generatori a cippato

I. Impianti centralizzati

Sistemi a caricamento automatico a cippato (25-110 kW)

Vantaggi	Automazione spinta (PLC)
Svantaggi	Minore „densità energetica“ del combustibile. Richiedono maggior spazio per lo stoccaggio del cippato.
Aria primaria	Al di sotto (a lato) della zona di combustione
Aria secondaria	Distribuzione con fori o tubi nella zona di post-combustione
Rendimento	< 90%
Taglia	35-110 kW
Temp. Fumi	150-200°C



generatori
- tipologie
- evoluzione

combustibile

norme C/E
- europee
- nazionali
- locali
- evoluzione
- edifici

Evoluzione tecnologica

- Alimentazione continua del combustibile
- Stoccaggio del combustibile
- Filtrazione al camino
- Miglioramento del processo di combustione (combustione multi-stadio, es. caldaie a fiamma inversa, caldaie a gassificazione)



Esempio di caldaia a
fiamma inversa
(o “a gassificazione”)

[www.viessmann.it]

generatori
- tipologie
- evoluzione

combustibile

norme C/E
- europee
- nazionali
- locali
- evoluzione
- edifici

Combustibili: le biomasse



GUSCI DI MANDORLE



COLTURE "ENERGETICHE"



SEGATURA



CIPPATO



VINACCE - POTATURE

- residui forestali
- scarti dell'industria di trasformazione del legno (es. segatura)
- scarti delle aziende zootecniche,
- residui delle coltivazioni destinate all'alimentazione umana o animale
- piante espressamente coltivate a scopi energetici
- i rifiuti speciali
- i rifiuti solidi urbani

generatori
- tipologie
- evoluzione

combustibile

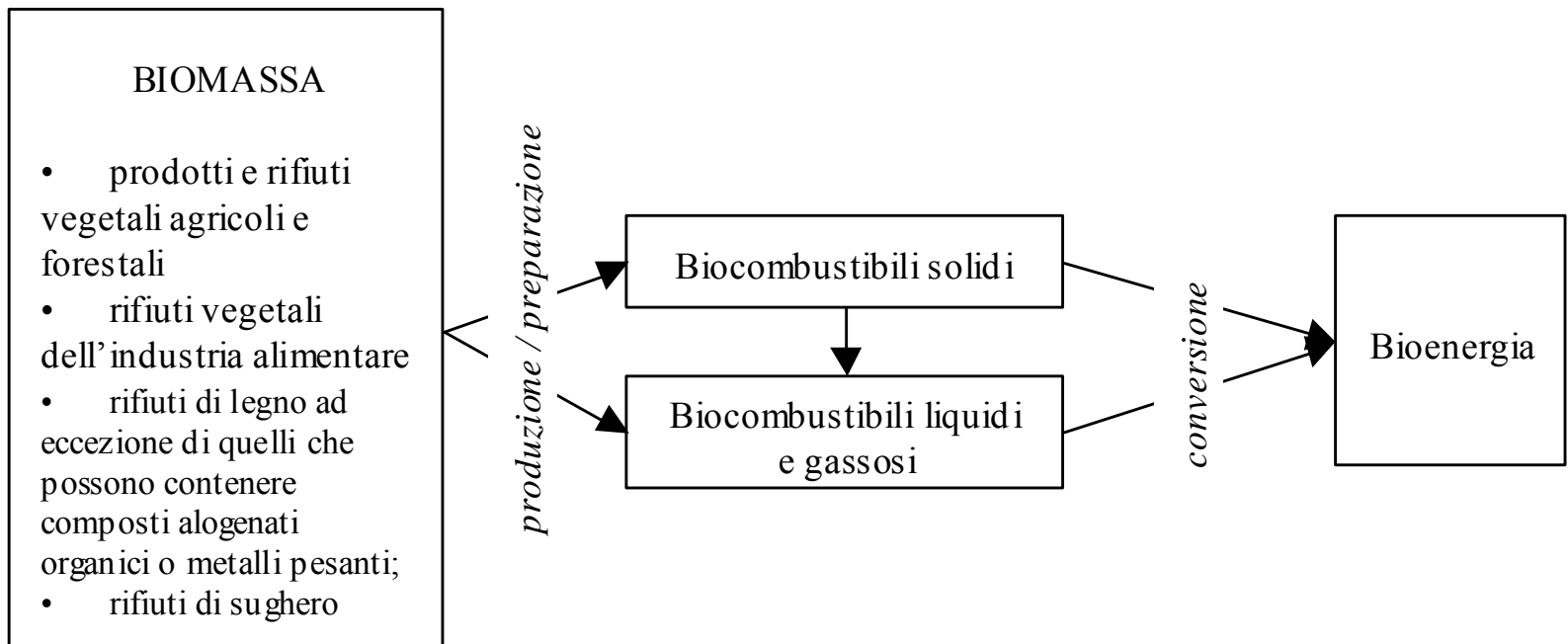
norme C/E
- europee
- nazionali
- locali
- evoluzione
- edifici



Biomasse: norme europee

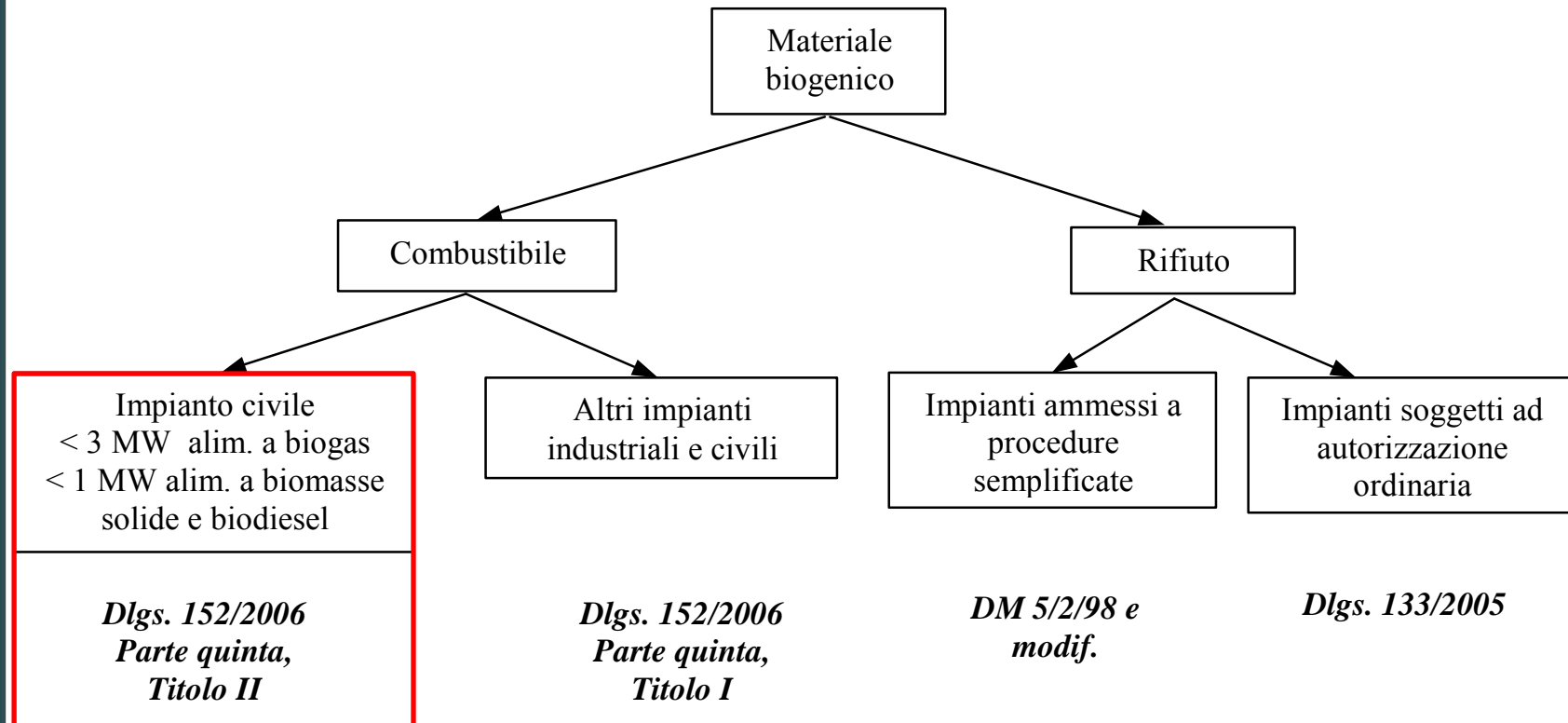
Biomasse e biocombustibili:

Es. CEN/TC 335 solid biofuels in Europe UNI EN 14961:2011



Combustione: norme nazionali

Combustione di biomassa: norme



generatori
- tipologie
- evoluzione

combustibile

norme C/E
- europee
- nazionali
- locali
- evoluzione
- edifici

Combustione: norme nazionali

Combustione di biomassa: norme



generatori
- tipologie
- evoluzione

combustibile

norme C/E
- europee
- nazionali
- locali
- evoluzione
- edifici

Impianto civile
< 3 MW alim. a biogas
< 1 MW alim. a biomasse
solide e biodiesel

Dlgs. 152/2006
Parte quinta,
Titolo II

Materiale
biogenico

Decreto legislativo 16 gennaio 2008, n. 4

"Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale" Rifiuto

Decreto legislativo 8 novembre 2006, n. 284

"Disposizioni correttive e integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale" Altri impianti industriali e civili, impianti ammessi a produzione semplificata, impianti soggetti ad autorizzazione ordinaria

Dlgs. 152/2006

DM 5/2/98 e

Dlgs. 133/2005

Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152

"Norme in materia ambientale" e successive modifiche e integrazioni Parte quinta, Titolo I

Combustione: norme provinciali

Combustione di biomassa: norme



generatori
- tipologie
- evoluzione

combustibile

norme C/E
- europee
- nazionali
- locali
- evoluzione
- edifici

-Impianti termici alimentati a gas metano e GPL con una potenza termica nominale superiore a 3 MW;
-Impianti termici alimentati a gasolio, biomassa o biodiesel con una potenza termica nominale superiore a 1 MW;
-Impianti di combustione, alimentati ad olio combustibile o a biogas con una potenza termica nominale superiore a 0,3 MW.
-Motori fissi a combustione interna con una potenza termica nominale superiore a 0,3 MW ad esclusione dei gruppi elettrogeni di emergenza;

Legge provinciale 16 marzo 2000, n. 8

"Norme per la tutela della qualità dell'aria"

Decreto del Presidente della Giunta provinciale

15 gennaio 1993, n. 2

Regolamento di esecuzione di cui all'articolo 6 della legge provinciale 16 giugno 1992, n. 18, "Norme generali per la prevenzione degli incendi e per gli impianti termici"

Legge provinciale 16 giugno 1992, n. 18

"Norme generali per la prevenzione degli incendi e per gli impianti termici"

Combustione: norme provinciali

(art. 8 della Legge provinciale del 16 marzo 2000 n. 8)
combustibili ammessi per il funzionamento degli impianti:

- **combustibili gassosi;**
- **gasolio, kerosene ed altri distillati di petrolio**
(contenuto di zolfo non superiore allo 0,2% in peso)
- **legno non trattato in pezzi**
(umidità max < 20 %, trucioli, cortecce, brichette prive di leganti e carbone di legna)
- **biodiesel**
(si veda l'allegato del D.M. 31 dicembre 1993)
- **olii vegetali non trattati;**



generatori
- tipologie
- evoluzione

combustibile

norme C/E
- europee
- nazionali
- locali
- evoluzione
- edifici

Emissioni: norme europee

Caldaie

UNI EN 12809 (2004) Caldaie domestiche indipendenti a combustibile solido. Potenza termica nominale non superiore a 50 kW. Requisiti e metodi di prova.

UNI EN 303-5 (2004) Caldaia per riscaldamento: caldaie per combustibili solidi con alimentazione manuale e automatica, con una potenza nominale fino a 300kW.

UNI EN 15270 (2008) Bruciatori a pellet per piccole caldaie da riscaldamento. Definizioni, requisiti, metodi di prova e marcatura.



generatori
- tipologie
- evoluzione

combustibile

norme C/E
- europee
- nazionali
- locali
- evoluzione
- edifici

Emissioni: norme europee

EN 12809 (bruciatori a combustibili solidi)

Potenza < 50 kW

Appliance CO class	CO emission class limits (at 13 % O ₂) %
Class 1	≤ 0,3
Class 2	>0,3 ≤ 0,8
Class 3	>0,8 ≤ 1,0

Vengono poste limitazioni solo su emissioni di CO e rendimento termico!



generatori
- tipologie
- evoluzione

combustibile

norme C/E
- europee
- nazionali
- locali
- evoluzione
- edifici

Emissioni: norme europee

EN 303-5 (bruciatori a combustibili solidi)

Potenza 50 - 300 kW

Alimentazione	Combustibile	Potenza termica nominale kW	Limiti di emissione								
			CO			OGC			polveri		
			mg/m ³ al 10% di O ₂ ^{*)}								
			Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Manuale	biocombustibile	≤ 50	25 000	8 000	5 000	2 000	300	150	200	180	150
		da > 50 a 150	12 500	5 000	2 500	1 500	200	100	200	180	150
		da > 150 a 300	12 500	2 000	1 200	1 500	200	100	200	180	150
	fossile	≤ 50	25 000	8 000	5 000	2 000	300	150	180	150	125
		da > 50 a 150	12 500	5 000	2 500	1 500	200	100	180	150	125
		da > 150 a 300	12 500	2 000	1 200	1 500	200	100	180	150	125

Alimentazione	Combustibile	Potenza termica nominale kW	Limiti di emissione								
			CO			OGC			polveri		
			mg/m ³ al 10% di O ₂ ^{*)}								
			Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Automatica	biocombustibile	≤ 50	15 000	5 000	3 000	1 750	200	100	200	180	150
		da > 50 a 150	12 500	4 500	2 500	1 250	150	80	200	180	150
		da > 150 a 300	12 500	2 000	1 200	1 250	150	80	200	180	150
	fossile	≤ 50	15 000	5 000	3 000	1 750	200	100	180	150	125
		da > 50 a 150	12 500	4 500	2 500	1 250	150	80	180	150	125
		da > 150 a 300	12 500	2 000	1 200	1 250	150	80	180	150	125

*) Riferito a fumi secchi, 0 °C, 1 013 mbar.

Emissioni: norme europee

EN 15270 (bruciatori a pellet)

Potenza < 70 kW

Emission class	Limits for emissions mg/m ³ at 10 % O ₂ ^{a1}		
	CO	OGC	Dust
1	15 000	1750	200
2	5 000	200	180
3	3 000	100	150
4	1 000	75	75
5	500	50	30

^{a1} Referred to dry flue gas at 0 °C and 1,013 bar.

Prestazioni migliori rispetto al combustibile solido!

Emissioni: norme nazionali

D.Lgs. 152/2006 (bruciatori a comb. solidi)

Potenza 150 - 1000 kW

Potenza termica nominale dell'impianto (MW)	[1] >0,15 + <1
polveri totali	100 mg/Nm ³
carbonio organico totale (COT)	-
monossido di carbonio (CO)	350 mg/Nm ³
ossidi di azoto (espressi come NO ₂)	500 mg/Nm ³
ossidi di zolfo (espressi come SO ₂)	200 mg/Nm ³

[1] Agli impianti di potenza termica nominale pari o superiore al **valore di soglia** e non superiore a 0,15 MW si applica un valore limite di emissione per le polveri totali di 200 mg/Nm³.

35 kW



generatori
- tipologie
- evoluzione

combustibile

norme C/E
- europee
- nazionali
- locali
- evoluzione
- edifici

... prepariamoci!

anche per piccoli impianti è prevedibile che l'evoluzione della legislazione introduca:

- maggiori restrizioni sulle emissioni di PM10 PM2,5 e...) con possibilità di adottare filtri elettrostatici
- restrizioni sulle emissioni di NOx; occorre migliorare la combustione (combustione bistadio con aria primaria/secondaria)
- rendimento minimo (no camini aperti)



generatori
- tipologie
- evoluzione

combustibile

norme C/E
- europee
- nazionali
- locali
- evoluzione
- edifici

... prepariamoci!

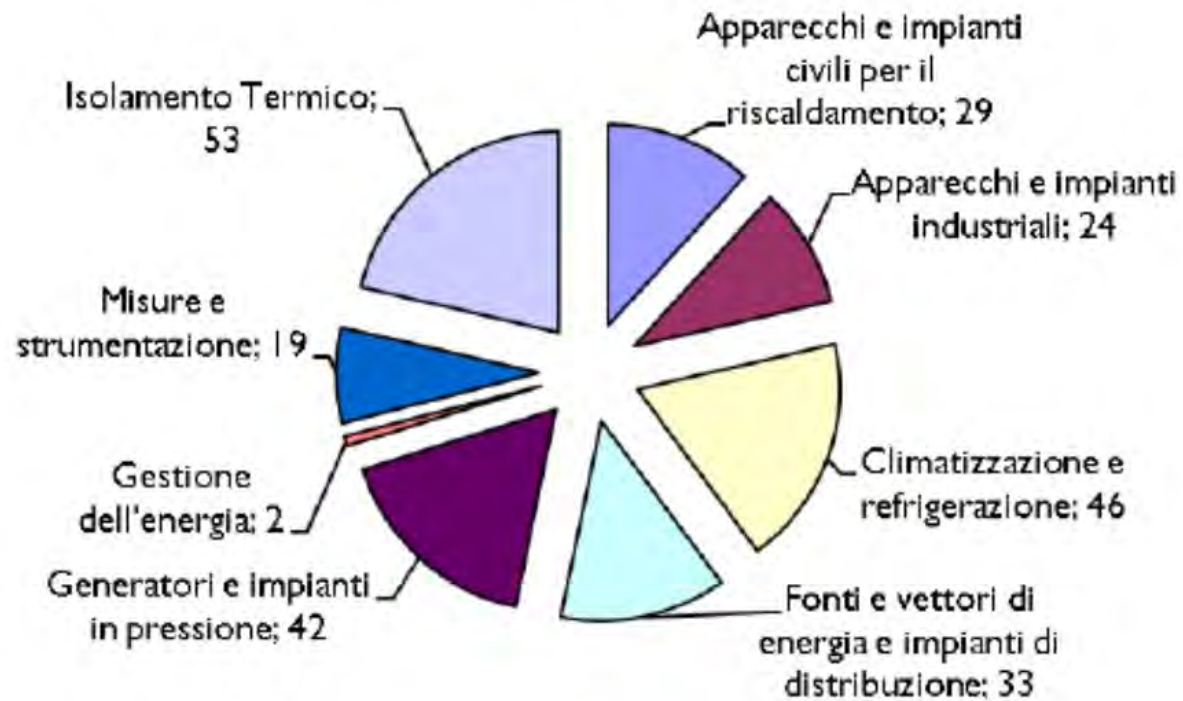


generatori
- tipologie
- evoluzione

combustibile

norme C/E
- europee
- nazionali
- locali
- evoluzione
- edifici

Norme CEN allo studio



... prepariamoci!



generatori
- tipologie
- evoluzione

combustibile

norme C/E
- europee
- nazionali
- locali
- evoluzione
- edifici



Biomasse per il riscaldamento

- Biomasse e prestazioni energetiche degli edifici (UNI TS 11300-4)

» Utilizzo di energie rinnovabili

Solare termico

Biomasse

Fotovoltaico

» Altri metodi generazione

Pompe di calore

Cogenerazione

Teleriscaldamento



generatori
- tipologie
- evoluzione

combustibile

norme
- europee
- nazionali
- locali
- evoluzione
- edifici

Sviluppi - UNI / TS 11300-4

- Modalità di calcolo

» Fattori di conversione in energia primaria
(Annex E UNI EN 15603:2008)

	Primary energy factors f_P	
	Non-renewable	Total
Fuel oil	1,35	1,35
Gas	1,36	1,36
Anthracite	1,19	1,19
Lignite	1,40	1,40
Coke	1,53	1,53
Wood shavings	0,06	1,06
Log	0,09	1,09
Beech log	0,07	1,07
Fir log	0,10	1,10
Electricity from hydraulic power plant	0,50	1,50
Electricity from nuclear power plant	2,80	2,80
Electricity from coal power plant	4,05	4,05
Electricity Mix UCPTÉ	3,14	3,31

Source: Oekoinventare für Energiesysteme - ETH Zürich (1996).



generatori
- tipologie
- evoluzione

combustibile

norme
- europee
- nazionali
- locali
- evoluzione
- edifici

Sviluppi - UNI / TS 11300-4

- Modalità di calcolo

- » Fattori di conversione in energia primaria

(D.G. P.Trento 31/10/2009)

Combustibili fossili (metano, gasolio, carbone, GPL)	1
Energia elettrica	2,5
Fonti rinnovabili:	
- legna, biomasse	0,8
- eolico, fotovoltaico	0,5
- solare termico	0,0
Teleriscaldamento:	
- combustibili fossili	1,0
- a biomassa /legna	0,8
- misto	0,9
- recupero di calore da processi produttivi o da cogenerazione industriale	0,9



generatori
- tipologie
- evoluzione

combustibile

norme
- europee
- nazionali
- locali
- evoluzione
- edifici

Sviluppi - UNI / TS 11300-4

- Modalità di calcolo

prospetto 7- Fattori di conversione in energia primaria

Vettore energetico	Fattore f_p
Energia elettrica	Valore dichiarato dall'Autorità per l'energia ^{a)}
Energia da combustibili fossili	1
Energia solare (solare termico e solare fotovoltaico)	0
Energia da combustione di biomasse liquide, gassose e solide quando gli impianti soddisfino le condizioni di assimilabilità ad impianti alimentati da energie rinnovabili del DPR 59/09 ^{b)}	0 ^{c)}
Energia termica utile fornita da reti di teleriscaldamento	Valore dichiarato dal fornitore
Energia termica utile esportata	$f_{p,H,exp} = 1/\eta_{p,g}$

a) Alla data di pubblicazione della presente specifica tecnica il valore è 2,174.

b) Nel caso di sostanze liquide o gassose composte di una quota di biomassa e da una quota di combustibile fossile si deve assumere un fattore proporzionale al contributo energetico del combustibile di origine fossile (per esempio: miscele di biodiesel e gasolio oppure miscele di biogas e gas naturale).

c) Il decreto del 26 gennaio 2010 relativo alla concessione di detrazioni per il credito d'imposta stabilite dalla legge finanziaria 2007 e successive prevede un fattore pari a 0,3.



generatori
- tipologie
- evoluzione

combustibile

norme
- europee
- nazionali
- locali
- evoluzione
- edifici

Sviluppi - UNI / TS 11300-4

- Modalità di calcolo

» Coefficienti di emissione di CO₂ (Annex E UNI EN 15603:2008)

	CO ₂ production coefficient <i>K</i>
	kg/MWh
Fuel oil	330
Gas	277
Anthracite	394
Lignite	433
Coke	467
Wood shavings	4
Log	14
Beech log	13
Fir log	20
Electricity from hydraulic power plant	7
Electricity from nuclear power plant	16
Electricity from coal power plant	1340
Electricity Mix UCPT	617

Source: Oekoinventare für Energiesysteme - ETH Zürich (1996).



generatori
- tipologie
- evoluzione

combustibile

norme
- europee
- nazionali
- locali
- evoluzione
- edifici

Sviluppi - UNI / TS 11300-4

- Modalità di calcolo

prospetto 8 - Fattori di emissione di CO₂

Vettore energetico	k_{em} [kg CO ₂ /kWh]
Gas naturale	0,1998
GPL	0,2254
Gasolio	0,2642
Olio combustibile	0,2704
Biomasse	0
Energia elettrica	0,4332
Energia termica da teleriscaldamento	Valore dichiarato da fornitore



generatori
- tipologie
- evoluzione

combustibile

norme
- europee
- nazionali
- locali
- evoluzione
- edifici



FREIE UNIVERSITÄT BOZEN

LIBERA UNIVERSITÀ DI BOLZANO

FREE UNIVERSITY OF BOZEN · BOLZANO

Stato dell'arte dei generatori a biomasse: prestazioni energetiche e ambientali



Grazie per la cortese attenzione!

Andrea Gasparella
andrea.gasparella@unibz.it
Bolzano, 24 ottobre 2011

