



Università degli studi di Roma Tor Vergata

# **Valutazione e confronto della Carbon Footprint per sistemi di riscaldamento condominiali nel ciclo di vita**

Corso di Impatto Ambientale delle  
Emissioni in Atmosfera  
Prof. Ing. Baciocchi  
Ing. Iason Verginelli

Federico Donato  
Davide Solvani

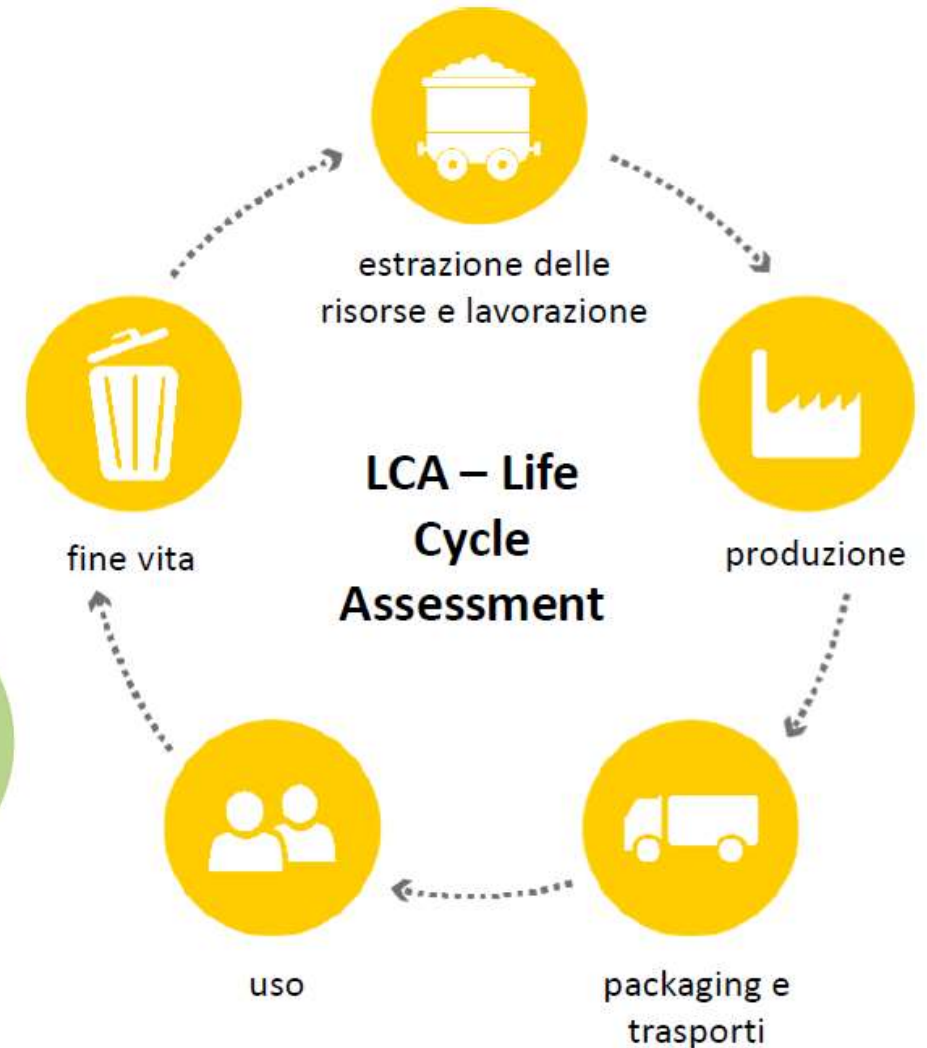
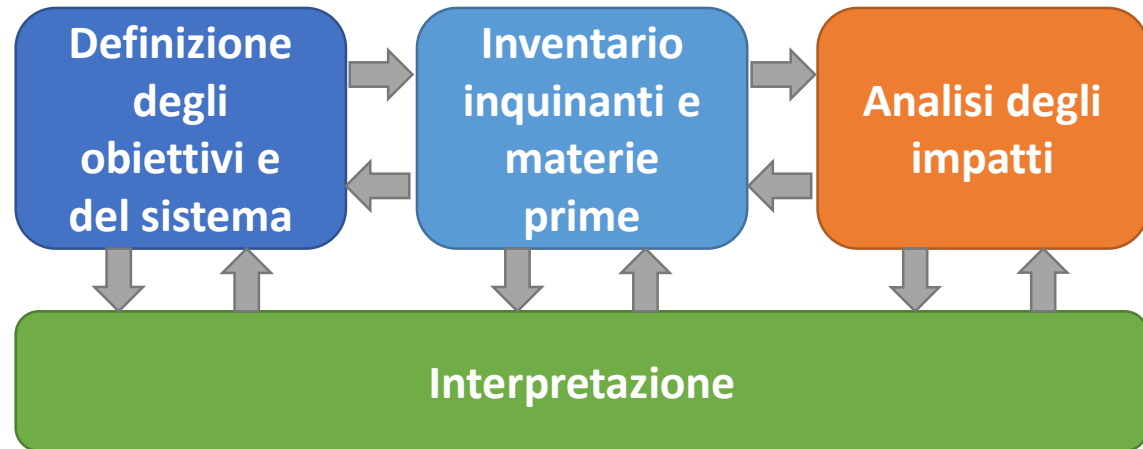
# Esercitazione

## Gruppo 5 (carbon footprint di diversi sistemi di riscaldamento domestico)

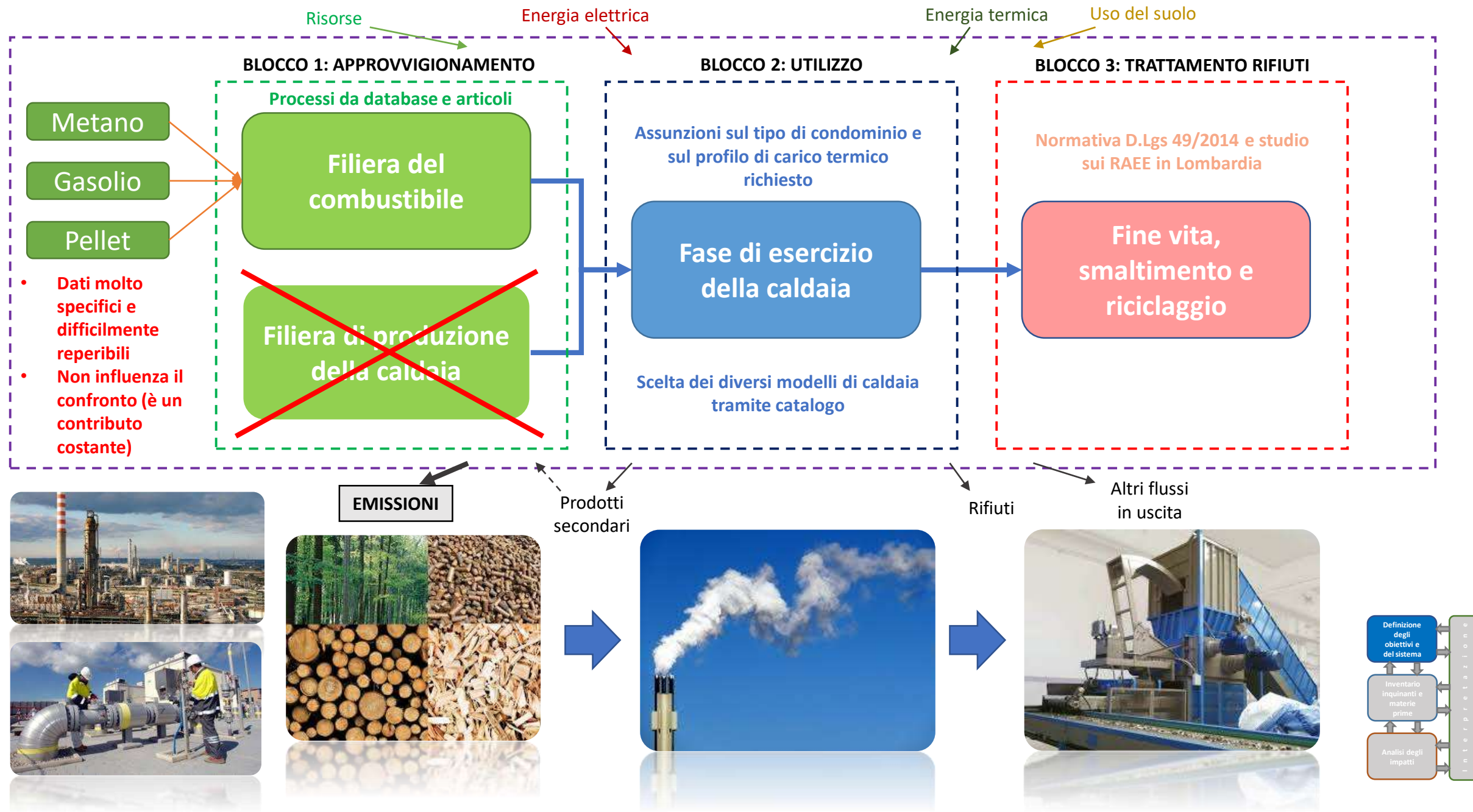
Si valuti l'impronta di carbonio del riscaldamento di un condominio con diversi sistemi:

- Caldaia a gasolio
- Caldaia a metano tradizionale
- Caldaia a metano a condensazione
- Caldaia alimentata a pellet

Discutere i risultati e proporre eventuali soluzioni migliorative.



# Definizione dei confini del sistema



# Considerazioni generali sulla filiera del combustibile

A. Sgarbossa, M. Boschiero et al., *Comparative Life Cycle Assessment of Bioenergy Production from Different Wood Pellet Supply Chains*, ottobre 2020

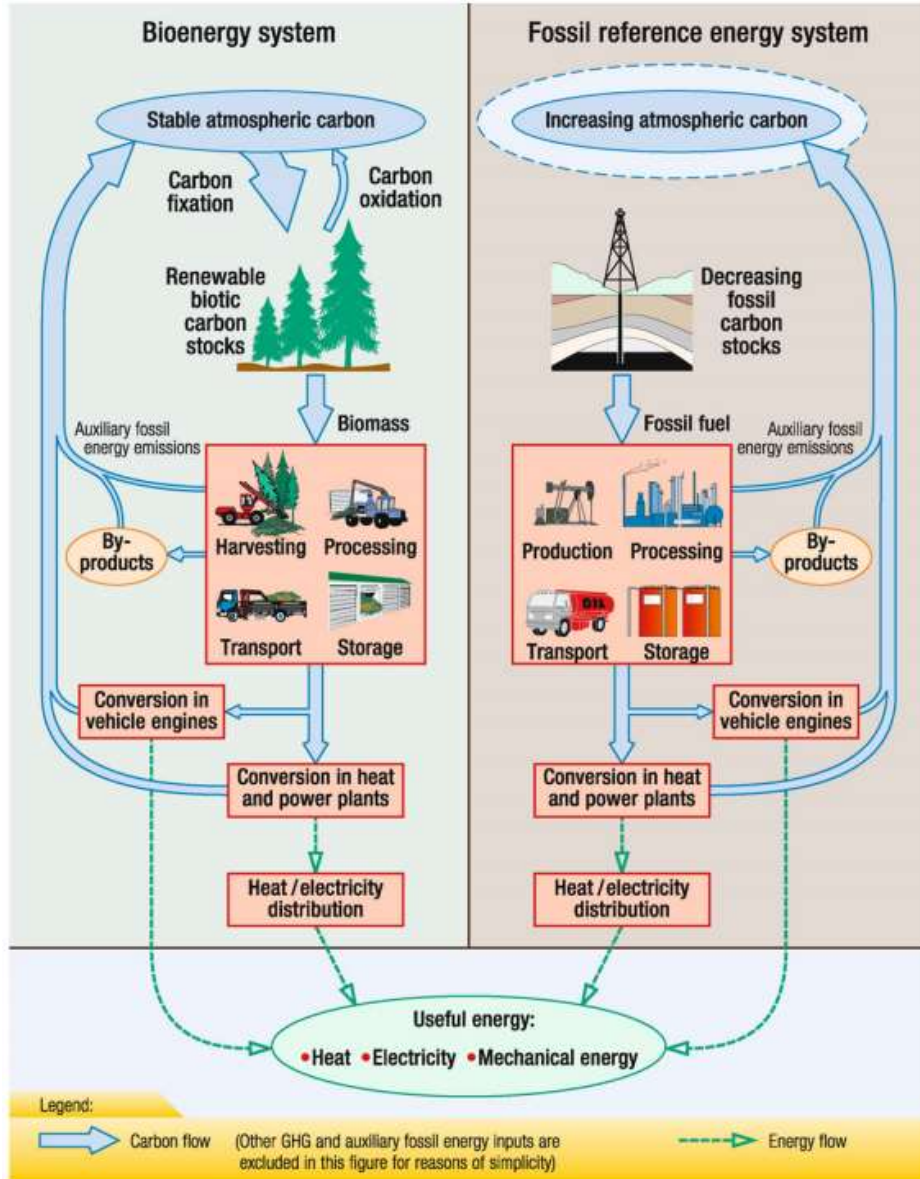


Fig. 1. Full fuel chains for comparison of bioenergy and fossil energy systems.



*Global Warming Potential Values, GWP values for 100 year time-horizon, IPC Fifth Assessment Report (AR5-2014)*

- Carbon dioxide
- Methane
- Nitrous oxide
- Substances controlled by the Montreal Protocol
- HFC, PFC, HFE, PFPMIE
- Hydrocarbons and other compounds – direct effects



Database europeo per la valutazione degli impatti tramite software open-source *openLCA*



European Commission

PEF

L'unità funzionale adottata è stata considerata in riferimento a quelle definite per ogni singolo processo

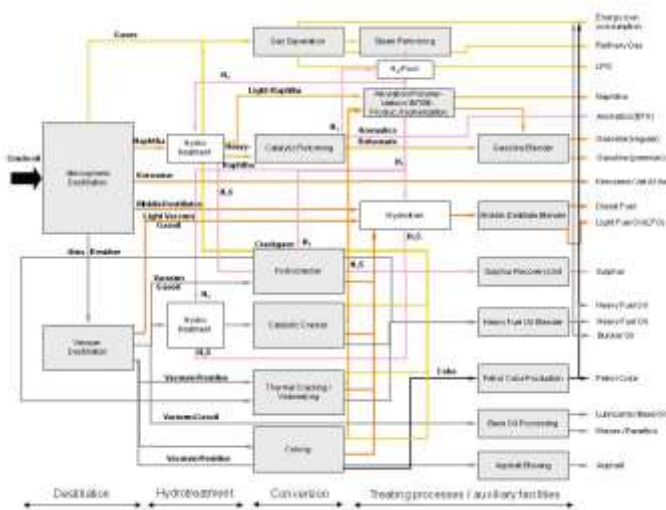




# Filiera del combustibile: Gasolio

## Estrazione petrolio + Raffinazione gasolio

Gasoline mix (regular) at refinery, production mix, at refinery, from crude oil, 150 ppm sulphur, 0.43 wt.% bio components



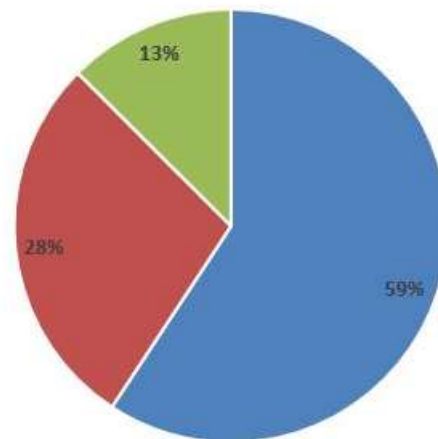
UNITA' FUNZIONALE = 1 kg di gasolio prodotto

0.8 kgCO<sub>2,eq</sub>/kg<sub>gasolio</sub>

## Trasporto al sito di utilizzo

Articulated lorry transport, Total weight >32 t, mix Euro 0-5, consumption mix, to consumer, diesel driven, Euro 0 - 5 mix, cargo, more than 32t gross weight / 24,7t payload capacity

EU: Share of motorway, rural and urban drive



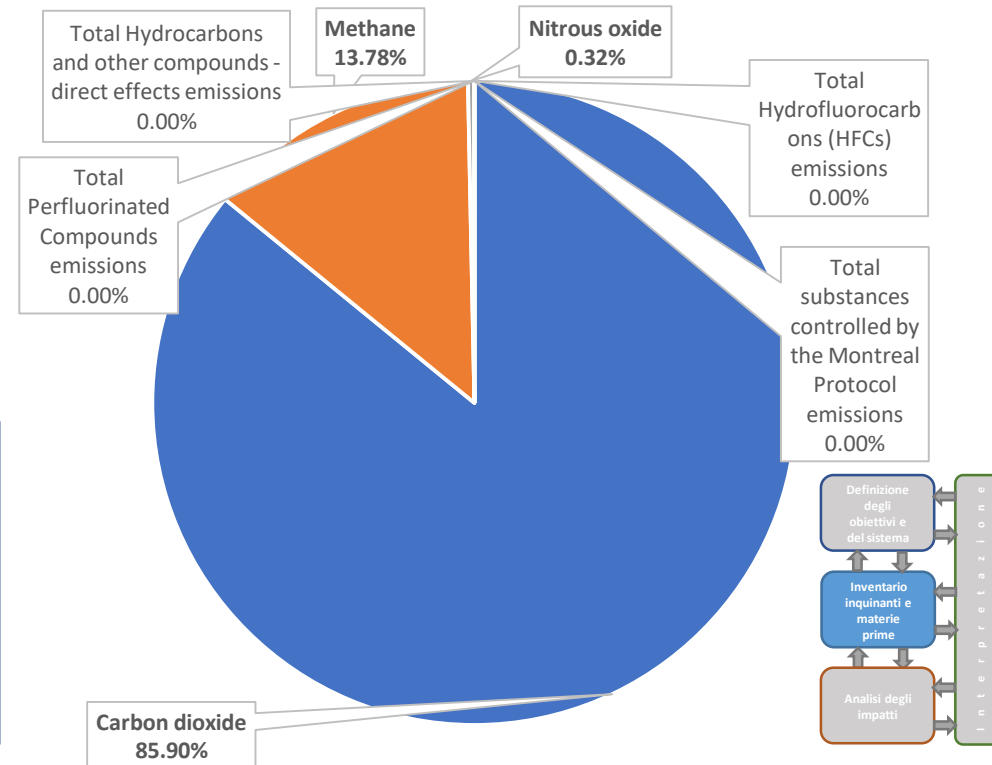
■ motorway ■ rural ■ urban

UNITA' FUNZIONALE = 1 tkm

0.055 kgCO<sub>2,eq</sub>/tkm

Prodotto delle tonnellate utili (dipendono dal rendimento della caldaia) trasportate **per i km percorsi**, è una misura del volume di attività prodotto da un'azienda di trasporto oppure del traffico merci che interessa una certa regione geografica

EU imports of crude oil by partners 2018, (%)



# Filiera del combustibile: Metano

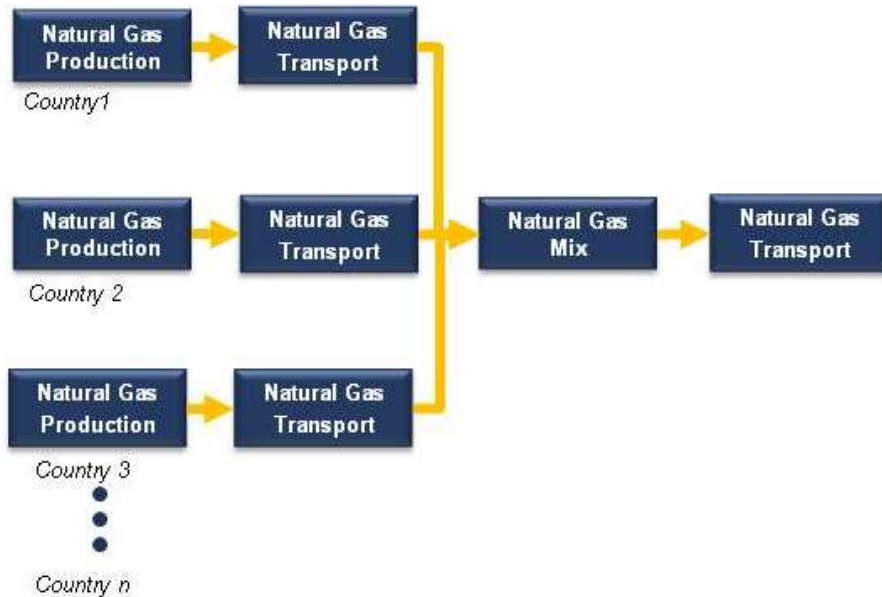
## PRODUZIONE + DISTRIBUZIONE METANO

Natural gas mix, consumption mix, to consumer, technology mix, medium pressure level (< 1 bar)

UNITA' FUNZIONALE = 1 kg di  
gas naturale al consumatore  
finale

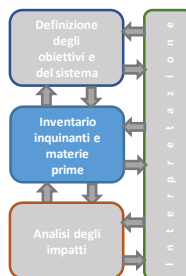
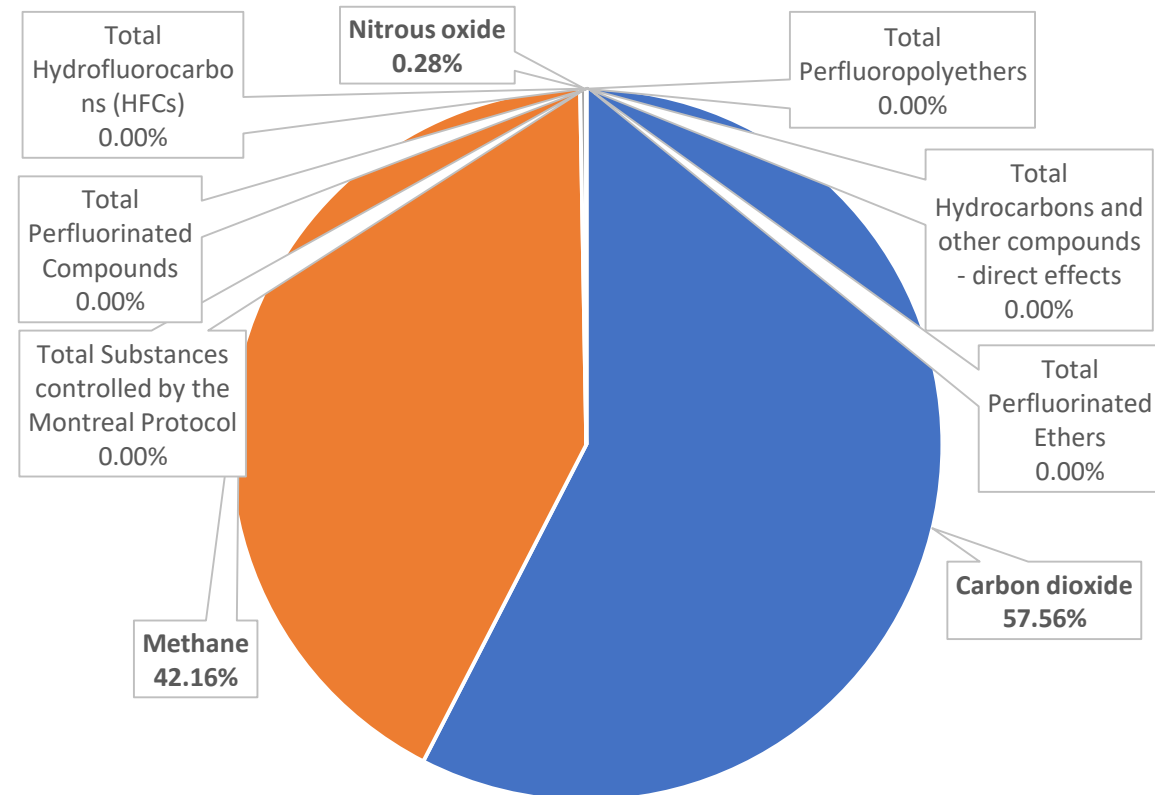


$0.55 \text{ kg}_{\text{CO}_2, \text{eq}}/\text{kg}_{\text{NG}}$



Per calcolare le emissioni complessive di CO<sub>2</sub> equivalente, nella fase di valutazione degli impatti è stato calcolato il consumo di combustibile richiesto dalla caldaia a metano tradizionale e dalla caldaia a condensazione

## Methane Supply Chain GWP Emissions



# Filiera del combustibile: Pellet

A. Sgarbossa, M. Boschiero et al., *Comparative Life Cycle Assessment of Bioenergy Production from Different Wood Pellet Supply Chains*, ottobre 2020

The functional unit was 1 MJ of thermal energy produced by burning wood pellets delivered to the final user

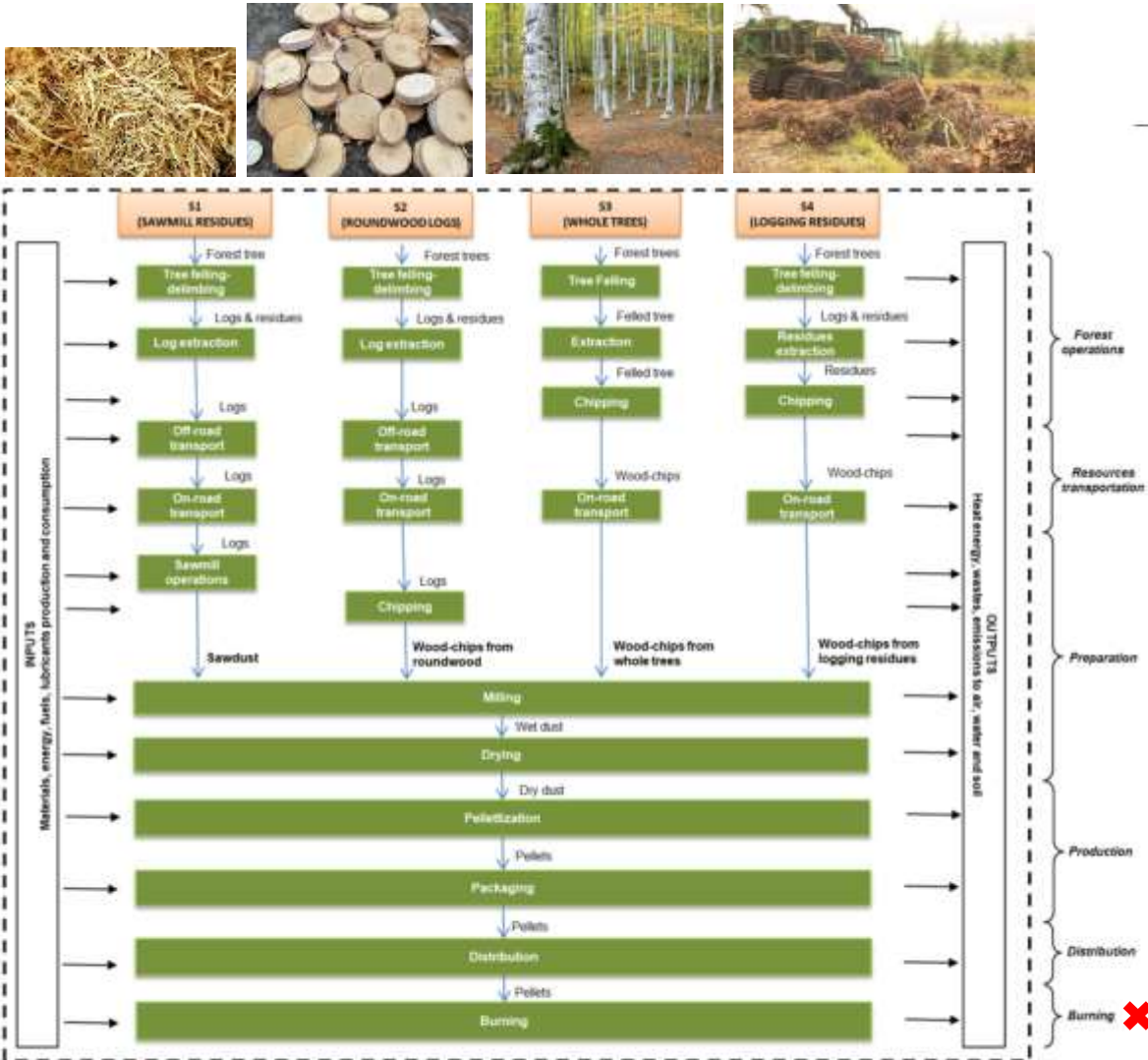
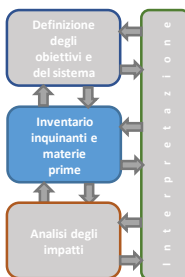
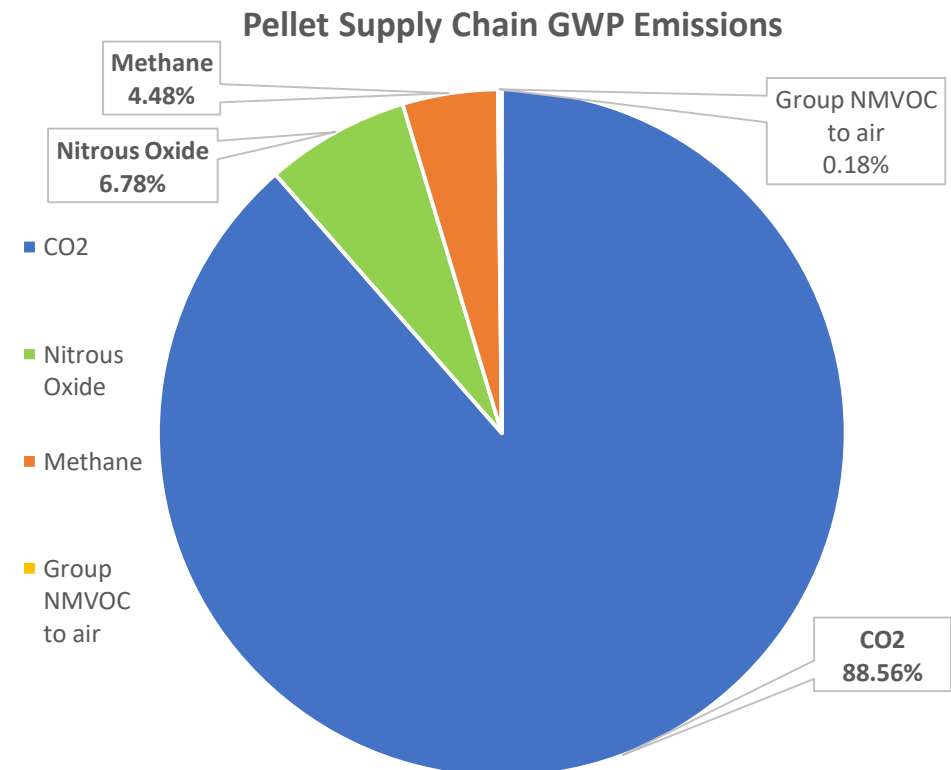


Figure 1. Process flow diagram of the investigated wood pellet supply chains. The dotted line shows the system boundary. Macro-phases are listed on the right of the figure.

Emissions	S1 Sawdust	S2 Roundwood	S3 Whole Trees	S4 Logging Residues
<b>GWP</b>				
Emissions to air (total)	187.97	185.70	159.84	195.79
Carbon dioxide (biotic)	160.36	160.25	144.94	177.89
Carbon dioxide	20.97	18.92	12.97	15.58
Nitrous oxide	1.33	1.31	1.18	1.42
Methane (biotic)	4.24	4.24	0.04	0.05
Methane	1.03	0.95	0.68	0.80
Group NMVOC to air <sup>a</sup>	0.03	0.03	0.03	0.05



# Considerazioni generali sulla fase di esercizio della caldaia



Caldaia pressurizzata alimentata a gasolio,  
modello *Caldaie Melgari MAC 150*



Caldaia pressurizzata alimentata a metano,  
modello *Fondital Rori Dual 150 HR*



Caldaia a condensazione alimentata a  
metano, modello *Immergas Ares PRO 150*



Caldaia alimentata a biomassa (pellet),  
modello *Heiz Technik Frolling TX 150*

- ❑ POTERE CALORIFICO  $H_i$ , [kJ/kg]
- ❑ DENSITA'  $\rho$ , [kg/m<sup>3</sup>]
- ❑ FATTORE DI EMISSIONE F.E., [kg<sub>CO<sub>2</sub></sub>/kg<sub>comb</sub>]

Fase di  
approvvigionamento  
del combustibile

combustibile in  
ingresso

energia elettrica

## FASE DI ESERCIZIO DELLA CALDAIA

CALDAIA

energia termica  
fornita

CONDOMINIO

Fase di trattamento  
dei rifiuti

CO<sub>2</sub>

- ✓ RENDIMENTO DELLA CALDAIA  $\eta$
- ✓ PROFILO DI CARICO E ORE DI FUNZIONAMENTO
- ✓ ASSUNZIONI SUL FUNZIONAMENTO E VITA UTILE





# Considerazioni generali sulla fase di trattamento dei rifiuti

D.Lgs. 49/2014

A. Falbo, L. Biganzoli et al., *Il sistema di gestione dei RAEE in Lombardia – Valutazione ciclo di vita*, marzo 2015

Sommario - Il presente studio analizza il sistema di gestione dei Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche (RAEE) in Regione Lombardia applicando la metodologia del ciclo di vita (LCA) per la quantificazione degli impatti ambientali ad esso associati. Sono incluse nella valutazione la raccolta di ciascuna categoria di RAEE, il trasporto alla piattaforma di stoccaggio, il primo trattamento in impianti specifici e il successivo trattamento delle componenti separate in impianti finali di riciclo e/o smaltimento.

I risultati dimostrano come il recupero dei RAEE in Regione Lombardia comporti dei benefici consistenti per l'ambiente e per la salute umana grazie, principalmente, al recupero delle frazioni metalliche, delle plastiche e del vetro.



**comieco**  
Consorzio Nazionale Recupero e Riciclo  
degli Imballaggi a base Cellulosica



**Fine vita, smaltimento e riciclo**

Caldaia in  
ingresso, [t]

**Centro di  
raccolta**

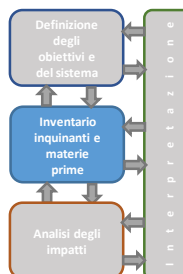
**Impianto di  
trattamento**

**Recupero e  
riciclo  
componenti**

Tabella 4 – Valori degli indicatori di impatto associati al recupero di 1 t di R1, 1 t di R2, 1 t di R3, 1 t di R4 e 1 t di R5

Categoria di impatto	UM	R1			R2			R3				R4			R5		
		trasporto	impianto	totale	trasporto	impianto	totale	trasporto	impianto FDP	impianto CRT	totale	trasporto	impianto	totale	trasporto	impianto	totale
Cambiamento climatico	kg CO <sub>2</sub> eq	58,96	-1,022	-963	50,36	-836	-785	38	-75	-2149	-2187	50	-788	-737	36,95	-863	-826
Riduzione dello strato d'ozono	kg CFC-11 eq	8,83E-06	8,12E-05	9,00E-05	7,53E-06	3,52E-05	4,27E-05	5,62E-06	-2,76E-06	-1,36E-04	-1,33E-04	7,53E-06	-5,39E-05	-4,64E-05	5,53E-06	-9,40E-05	-8,85E-05
Tossicità per l'uomo (effetti cancerogeni)	CTUh	3,63E-06	1,68E-05	1,69E-03	3,09E-06	2,72E-03	2,72E-03	2,31E-06	1,51E-05	-1,074E-04	-8,70E-05	3,09E-06	1,70E-03	1,71E-03	2,27E-06	4,64E-05	4,86E-05

dx.doi.org/10.14672/rida.v2i3.277



# Caratterizzazione del condominio



Centrale termica progettata e installata da EnUp in un edificio condominiale di 9 appartamenti del centro storico di Roma avente potenza nominale di 115 kw

DIMENSIONI		
numero appartamenti	12	
numero piani abitati	3	
numero piani tot	4	
appartamenti/piano	4	
d1	19	m
d2	18	m
altezza piano	3.1	m
altezza locale caldaia	2.7	m
altezza tot	12	m
Superficie appartamento	80	m <sup>2</sup>
Superficie piano	342	m <sup>2</sup>
Superficie scala	22	m <sup>2</sup>
Superficie abitata/piano	320	m <sup>2</sup>
Superficie totale	1368	m <sup>2</sup>
Volume tot	4104	m <sup>3</sup>
Volume scala	204.6	m <sup>3</sup>
Volume locale caldaia	923.4	m <sup>3</sup>
Volume piani abitati	3180.6	m <sup>3</sup>
Volume da riscaldare	2976	m <sup>3</sup>

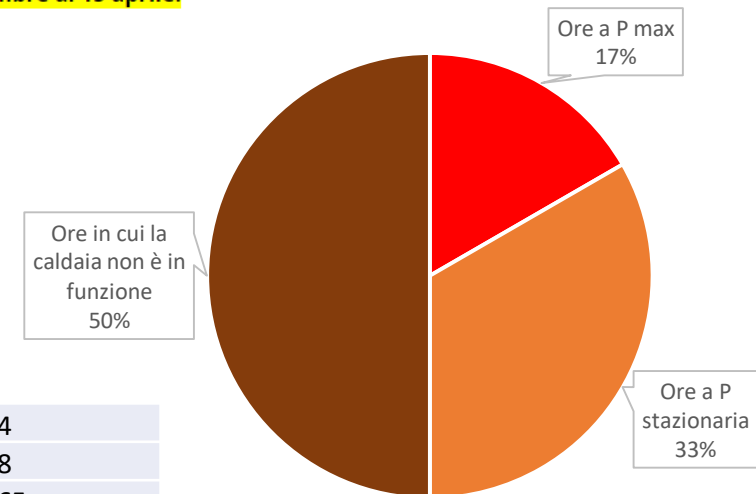
Ore a P max	4
Ore a P stazionaria	8
giorni/anno riscaldamento	165
Ore di funzionamento all'anno	1980

Energia a carico max	600	kWh
Energia a carico stazionario	600	kWh
Energia giornaliera	1200	kWh
Energia/anno	198	MWh/anno

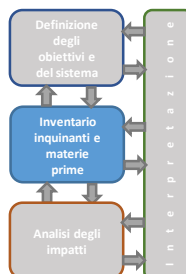
Zona climatica	Periodo di accensione	Orario consentito
A	1° dicembre - 15 marzo	6 ore giornaliere
B	1° dicembre - 31 marzo	8 ore giornaliere
C	15 novembre - 31 marzo	10 ore giornaliere
D	1° novembre - 15 aprile	12 ore giornaliere
E	15 ottobre - 15 aprile	14 ore giornaliere
F	nessuna limitazione	nessuna limitazione

Data accensione termosifoni e caldaie Roma 2020

Roma è inserita nella fascia climatica D. La durata di accensione degli impianti termici non deve superare a Roma, le 12 ore giornaliere nell'arco di tempo che va dalle ore 5.00 alle ore 23.00, nel periodo dal 1 novembre al 15 aprile.



**PROFILO DELLA RICHIESTA TERMICA:**  
Richiesta termica max ( $T < T_{\text{set-point}}$ ) = 150 kW  
Richiesta termica stazionaria ( $T = T_{\text{set-point}}$ ) = 75 kW



# Inventario e Raccolta Dati: Scelta Caldaie di Riferimento

**Fabbisogno Termico Condominio**  
**Massima Potenza Termica Richiesta**

**Scelta e Dimensionamento Caldaie**  
**( $P_{nom}$ ,  $\eta_{caldaia}$ , consumo combustibile)**

calcolo

- **Energia e Massa di combustibile**
- **Emissioni specifiche di CO2**

## Caldaia a Metano a Condensazione



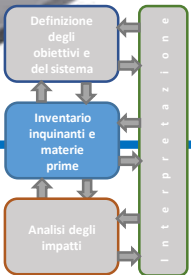
**Immergas**  
**Ares Pro 150**

ARES PRO 150		
Portata termica nominale massima	kW (kcal/h)	140 (120.400)
Potenza utile nominale massima (80/60 °C)	kW (kcal/h)	136,36 (117.270)
Potenza utile nominale massima (50/30 °C)	kW (kcal/h)	145,88 (125.457)
Portata termica nominale minima	kW (kcal/h)	35 (30.100)
Potenza utile nominale minima (80/60 °C)	kW (kcal/h)	32,52 (27.967)
Potenza utile nominale minima (50/30 °C)	kW (kcal/h)	36,54 (31.424)
Rendimento al 100% Pn (80/60 °C)	%	97,4
Rendimento al 30% del carico (80/60 °C)	%	92,92
Rendimento al 100% Pn (50/30 °C)	%	104,2
Rendimento al 30% del carico ( T. r. 30 °C)	%	107,7

## Caldaia a Metano Tradizionale

MODELLO	Pot. utile	Portata	Rend. al 100%	Classe di rend.	Portata gas G20 max	Portata gas G30 max	Portata gas G31 max	Portata fumo max	Pot. utile min.	Portata min.	Rend. al 30%	Portata gas G20 min	Portata gas G30 min	Portata gas G31 min	Portata fumo min	Perdite carico lato fumi
	kW	kW	%	%	m³/h	kg/h	kg/h	kg/h	kW	kW	%	m³/h	kg/h	kg/h	kg/h	mbar
HR 150	150	157,8	95,06	***	16,70	12,39	12,26	248,83	75	78,4	95,70	8,29	6,16	6,09	123,57	1,3

**Fondital**  
**RoriDual HR 150**



**Modulazione della Potenza**



# Inventario e Raccolta Dati: Scelta Caldaie di Riferimento

## Caldaia a Gasolio

MODELLO MAC		150
Potenzialità termica nominale	kCal	130.065
	kW	151
Potenzialità al focolare	kCal	143.652
	kW	167
Efficienza	%	91
Contenuto d'acqua	Litri	157
Pressione camera combustione	mbar	1,20
Caduta di pressione (lato acqua)	mbar	11,80
Pressione	bar	5
Consumo di metano	Nm <sup>3</sup> /h	17
Portata fumi metano	Nm <sup>3</sup> /h	253
Consumo di gasolio	kg/h	14
Portata fumi gasolio	kg/h	267

Melgari  
MAC 150



## Caldaia a Pellet

DATI TECNICI - TX		150
potenza calorifica nominale (cippato M30 secondo ÖNORM)	[kW]	150
fabbisogno di combustibile a carico nominale (P45A/M30)	[kg/h]	48
diametro tubo fumi	[mm]	200
peso secco incl. parti annesse	[kg]	2730
peso storta	[kg]	855
peso scambiatore di calore	[kg]	1000
contenuto d'acqua	[l]	440
temperatura di esercizio ammessa	[°C]	90
minima temperatura di ritorno	[°C]	65
pressione di esercizio ammessa	[bar]	3
temperatura fumi a carico nominale	[°C]	150
rendimento	[%]	92,1



Froling TX 150

## Pellet di Riferimento



### Dati sul combustibile pellet

lunghezza	5 - 30 mm (20% fino a 45 mm)
diametro	6 mm
contenuto d'acqua	max 10%
peso specifico apparente	ca. 650 kg/m <sup>3</sup>
percentuale di cenere	max 0,5%
percentuale di polveri	max 2,3%
contenuto energetico	4,9 kWh/kg





# Inventario e Raccolta Dati: Scelta Caldaie di Riferimento

## Risultati del Calcolo:

UTILIZZO DEL COMBUSTIBILE IN CALDAIA	Metano a Condensazione	Metano Tradizionale	Gasolio	Biomassa (Pellet)
Ore di accensione impianto termico	32671	29700	19669	19800
Energia termica consegnata all'utenza [ $GWh_{termici}$ ]	2.97	2.97	2.97	2.97
Energia termica sprigionata dal combustibile [ $GWh_{termici}$ ]	2.82	3.11	3.26	3.22
kg di Combustibile consumati	203007	224200	275181	658113
kWh di Energia Elettrica consumati	6207	5643	3737	5940
tonnellate di CO2 equivalente emessa (GWP)	560.5	618.5	869.5	1094.6



Vita Utile  
Caldaie  
15 anni

## Emissioni Specifiche:

$kgCO_{2eq} / kWh_{termico}$

0.19

0.21

0.29

0.37

$kgCO_{2eq} / ore_{funz\ cald}$

17.15

20.83

44.21

55.28

$kgCO_{2eq} / kg_{comb\ usato}$

2.76

2.76

3.16

1.66

- ✓ **Caldaie a Metano** → emissioni più basse ( $\eta$  maggiori, combustibile «pulito»)
- ✓ **Caldaia a Pellet** → basse emissioni a kg, ma scarsa densità energetica
- ✓ **Caldaia a Gasolio** →  $\eta$  basso e alte emissioni al kg

# Inventario e Raccolta Dati: Scenario Trattamento Rifiuti



D.lgs 49/2014 → Normativa Smaltimento RAEE

Caldaie (>35kW) → Aggiornamento Agosto 2018



Conferimento Centri di Raccolta

Smistamento verso gli Impianti di Trattamento

Recupero (75%)  
Riciclo (55%)



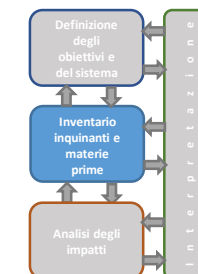
## Studio LCA RAEE commissionato da Regione Lombardia

Tabella 4 – Valori degli indicatori di impatto associati al recupero di 1 t di R1, 1 t di R2, 1 t di R3, 1 t di R4 e 1 t di R5

Categoria di impatto	UM	R1			R2			R3				R4			R5		
		trasporto	impianto	totale	trasporto	impianto	totale	trasporto	impianto FDP	impianto CRT	totale	trasporto	impianto	totale	trasporto	impianto	totale
Cambiamento climatico	kg CO <sub>2</sub> eq	58,96	-1.022	-963	50,36	-836	-785	38	-75	-2149	-2187	50	-788	-737	36,95	-863	-826

**-874  $\frac{kgCO_2 eq}{ton RAEE smaltita}$**

FINE VITA: CONFERIMENTO-SMISTAMENTO-TRATTAMENTO-RECUPERO-RICICLO	Metano a Condensazione	Metano Tradizionale	Gasolio	Biomassa (Pellet)
Peso netto caldaia [kg]	347	357	310	2730
tonnellate di CO2 equivalente risparmiata (GWP)	-0.30	-0.31	-0.27	-2.39



# Fase 3: Valutazione Impatto Ambientale, GWP

La **combustione** rappresenta il contributo **più impattante** (legato alla vita utile del sistema)

La **produzione e distribuzione** pesano il **20-25% delle emissioni in combustione** e, il **15% circa sul totale** (risente dei rendimenti a valle)

Mentre è **trascurabile** l'aliquota di **fine vita** della caldaia

Caldaia a condensazione a Metano		Caldaia Tradizionale a Metano	
Fase	tonCO2_eq	Fase	tonCO2_eq
1: Produzione+Distribuzione	111.42	1: Produzione+Distribuzione	123.05
2: Utilizzo in Combustione	560.46	2: Utilizzo in Combustione	618.54
3: Fine Vita	-0.30	3: Fine Vita	-0.31
LCA totale	671.57	LCA totale	741.28



Caldaia a Gasolio		Caldaia a Biomassa (Pellet)	
Fase	tonCO2_eq	Fase	tonCO2_eq
1:Produzione+Trasporto	266.18	1:Produzione+Trasporto (tabella)	206.57
1A: Estrazione+Raffinazione	220.25	1A: Trattamento+Pellettizzazione	186.43
1B:Trasporto all'utenza	45.93	1B:Trasporto all'utenza	20.14
2: Utilizzo in Combustione	869.51	2: Utilizzo in Combustione	1094.56
3: Fine Vita	-0.27	3: Fine Vita	-2.39
LCA totale	1135.42	LCA totale	1298.74

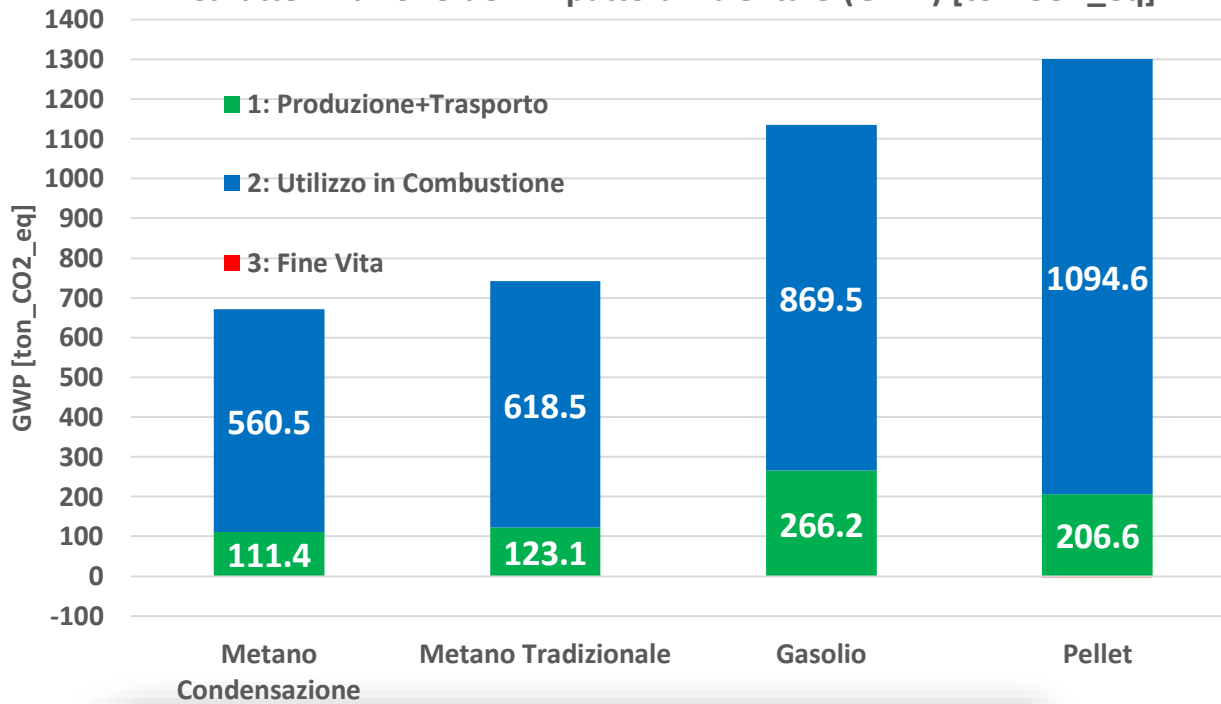
Tabella materia prima produzione pellet	tonnellate CO2 equivalente			
	S1	S2	S3	S4
1A: Trattamento+Pellettizzazione	229.63	206.64	138.75	170.71
1:Produzione+Trasporto	249.77	226.78	158.88	190.85

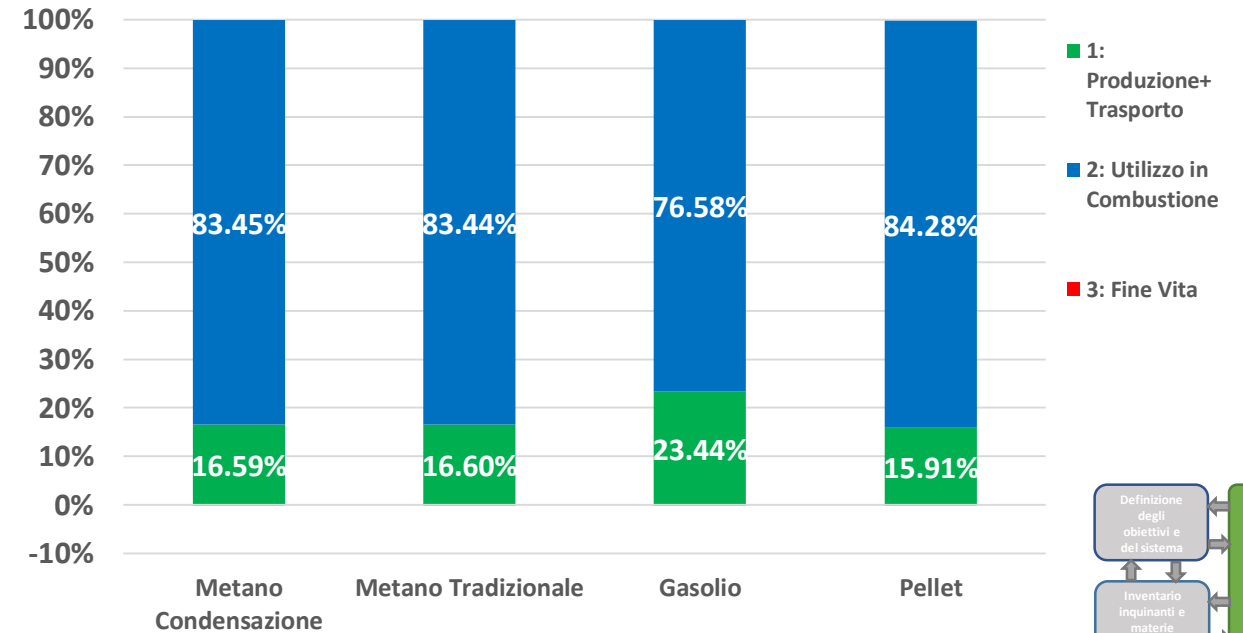
Legenda:	
S1: Residui di Segheria	S3: Alberi Interi
S2: Tronchi Circolari	S4: Residui di Disboscamento

# Caratterizzazione Carbon Footprint, GWP

## Caratterizzazione dell'impatto ambientale (GWP) [ton CO<sub>2</sub>\_eq]



## Caratterizzazione dell'impatto ambientale (GWP) [%]

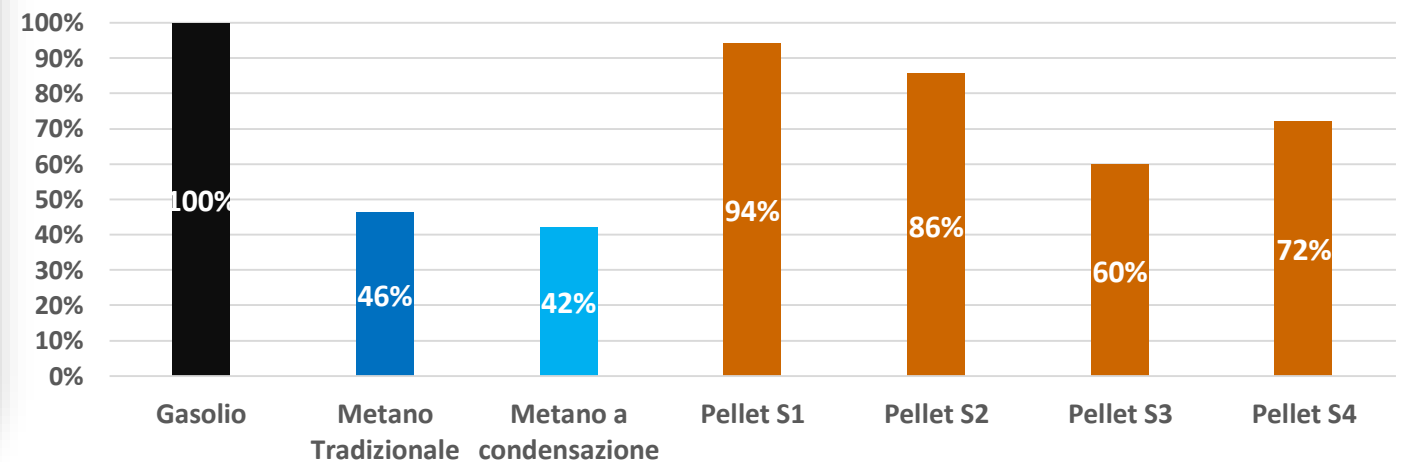


La filiera del **gasolio** risulta la **peggiore** per CO<sub>2</sub> emessa

$CO_2$  (1 kg *gasolio*) =  $CO_2$  (2 kg *metano*)

**Variabilità pellet** legata al tipo di **legno trattato** (94% S1- 60% S3)

## Fuel Supply Chain GWP [%]



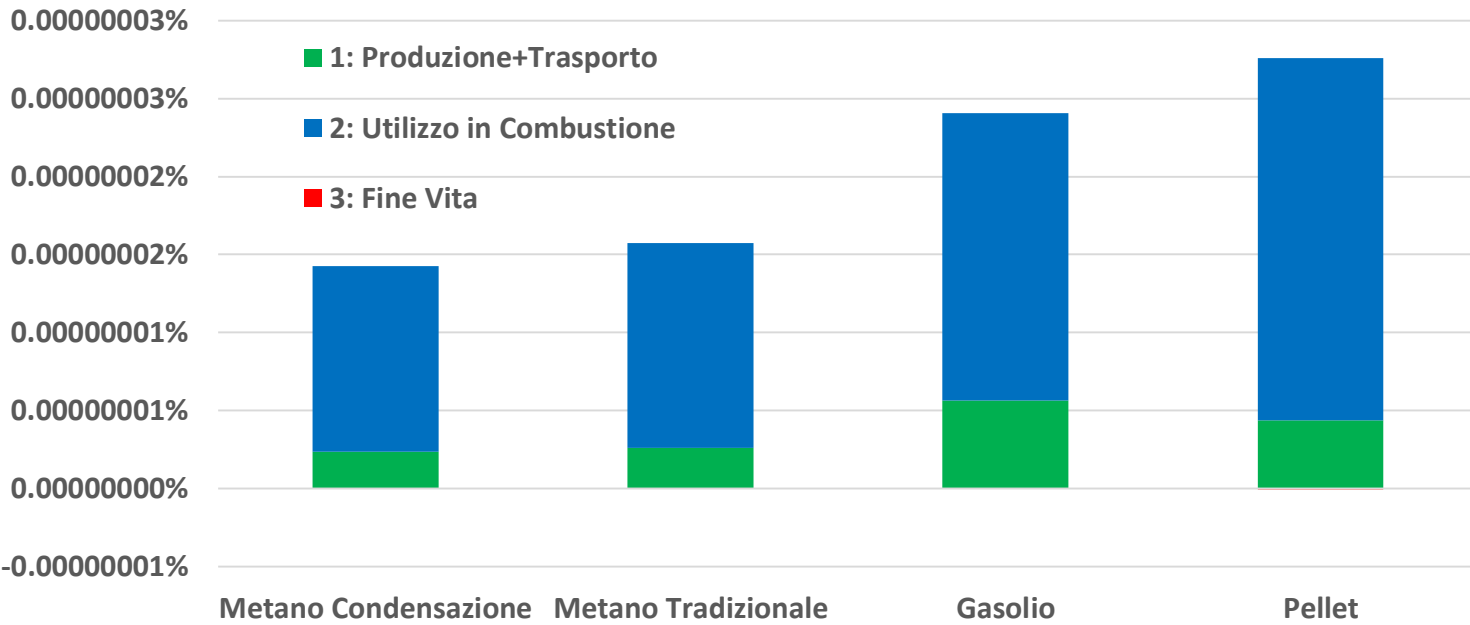


# Normalizzazione Carbon Footprint, GWP

## Normalizzazione

Categoria d'impatto	Fattore moltiplicativo di normalizzazione
consumo di risorse	6,66E-011
cambiamento climatico	2,12E-013
consumo strato d'ozono	1,20E-008
tossicità per l'uomo	1,32E-013
ecotossicità per l'acqua	1,98E-012
ecotossicità per terra	2,12E-011
ossidazione fotochimica	1,21E-010
acidificazione	3,66E-011
eutrofizzazione	8,02E-011

## Normalizzazione dell'impatto ambientale (GWP) [%]



Stima per tutti i condomini italiani (935704)				
Tabella Riassuntiva	Metano Condensazione	Metano Tradizionale	Gasolio	Pellet
1: Produzione+Trasporto	0.0022%	0.0024%	0.0053%	0.0041%
2: Utilizzo in Combustione	0.0111%	0.0123%	0.0172%	0.0217%
3: Fine Vita	0.0000%	0.0000%	0.0000%	0.0000%
Totale	0.0133%	0.0147%	0.0225%	0.0258%

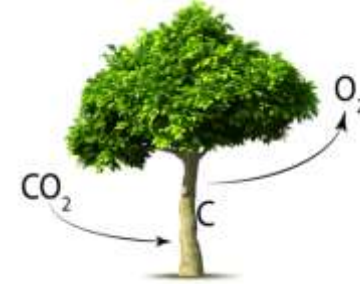
## Impatto Normalizzato:

- 1/10000 caldaie a metano
- 1/5000 caldaie a gasolio
- 1/3000 caldaie a pellet

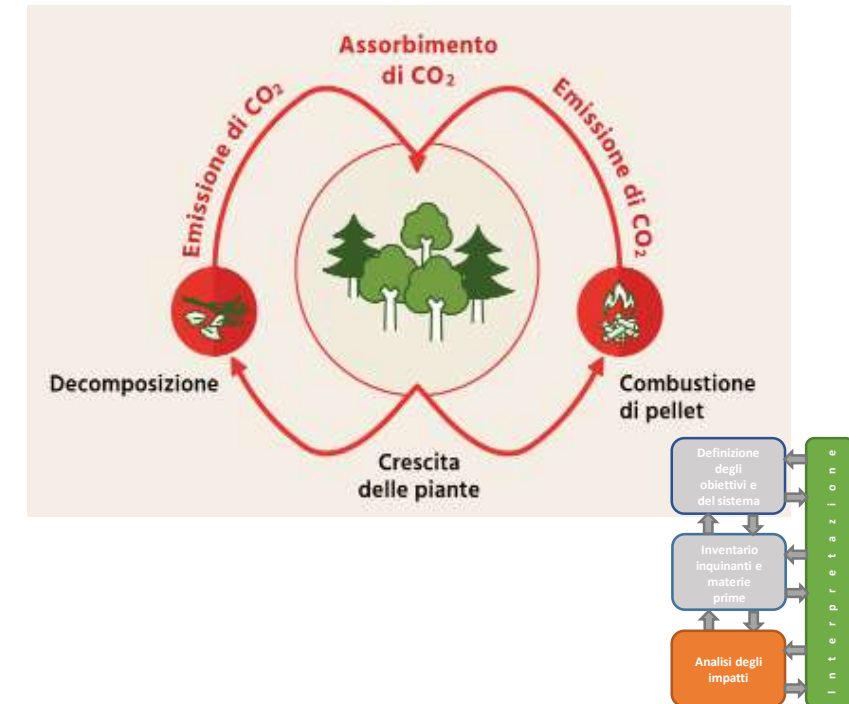
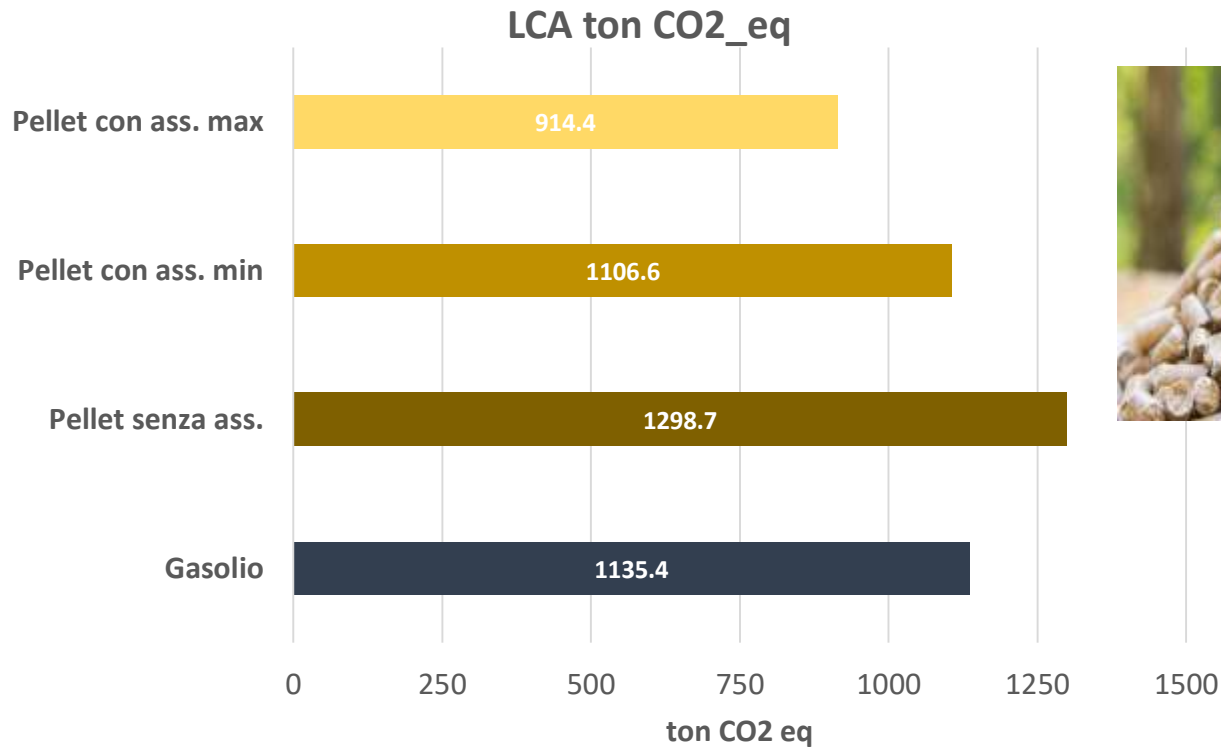


# Considerazioni sull'Assorbimento CO2

STIMA ASSORBIMENTO CO2 ALBERI	kgCO2_ass/(albero*anno)	
	Caso Minimo Assorbimento	Caso Massimo Assorbimento
Peso medio di un albero [ton]	3	3
Vita media albero prima di essere tagliato	15	20
ton di Pellet consumate	658	658
Resa trasformazione legna-pellet	60%	40%
Peso alberi equivalente	1097	1645
Numero di alberi tagliati	366	549
<b>tonnellate CO2 assorbite</b>	<b>-192</b>	<b>-384</b>



- ❖ Studi e dati presenti in letteratura in via di sviluppo e di definizione
- ❖ Elevata variabilità delle stime
- ❖ «Ago della bilancia» nella valutazione LCA biomasse



# Conclusioni

## Contesto Politico e Tecnico-Economico

- ❖ Attualmente le **caldaie a condensazione alimentate a metano** costituiscono la **BAT di riferimento** per i sistemi di **riscaldamento** domestico e residenziale (**elevata efficienza, combustibile «pulito» ed altamente energetico**).
- ❖ Per il riscaldamento domestico le **normative** prevedono, in caso di sostituzione, l'**installazione di caldaie a condensazione** (dal **2015**) ed il **rimpiazzo** di tutte quelle alimentate **a gasolio** (dal **2017**). Dunque i sistemi a metano tradizionali e a gasolio non sono più percorribili, se non in configurazione poli-combustibile (in accordo con la **SEN** e le **politiche energetiche nazionali**).
- ❖ Il numero di **installazioni a biomassa** sta **crescendo** negli ultimi anni, grazie anche alla **spinta degli incentivi** e al **ridotto** (o nullo) **costo** di approvvigionamento **del combustibile**.

## In Conclusione:

- ✓ I sistemi a **biomassa** potrebbero rappresentare una **soluzione futuribile** a livello tecnico-economico e ambientale, se valutato in modo accurato **l'assorbimento della CO2** («game changer»).
- ✓ Nonostante siano **ancora lontani** da un contributo «**Carbon Neutral** o Negative», ad oggi sono **più vantaggiosi** rispetto ai derivati **del petrolio** e potrebbero **concorrere con** i sistemi a **metano**, soprattutto se integrati in un'ottica di **Km 0 ed economia circolare**.
- ✓ Interessante sarebbe anche il **confronto con** sistemi prettamente elettrici (**pompe di calore**) e/o centralizzati (**teleriscaldamento**).

# Bibliografia e Riferimenti

- *Slides del corso*
- *[Isprambiente.gov.it](http://Isprambiente.gov.it)*
- *ENEA ([www.enea.it](http://www.enea.it))*
- *Schede Tecniche e Manuali*
- ***Comparative Life Cycle Assessment of Bioenergy Production from Different Wood Pellet Supply Chains** Andrea Sgarbossa, Martina Boschiero, Francesca Pierobon Raffaele Cavalli and Michela Zanetti Department of Land, Environment, Agriculture and Forestry, Università degli Studi di Padova*
- ***Il sistema di gestione dei RAEE in Lombardia, Parte II- Valutazione del ciclo di vita** Alida Falbo, Laura Biganzoli, Federica Forte, Lucia Rigamonti, Mario Grosso Politecnico di Milano, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale - sezione ambientale*
- ***Carichi Termici Invernali**, Dipartimento di Ingegneria Industriale- Sezione ETEC Università degli studi di Napoli Federico II, Prof. Ing. F. Minichiello*
- *Database PEF OpenLCA*
- *Documentazioni relative a installazioni realizzate (Stato dell'Arte)*





**Grazie  
dell'attenzione**