



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,  
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile



MINISTERO DELLA  
TRANSIZIONE ECOLOGICA



# Gli indici di prestazione energetica nel settore delle fonderie industriali

*Brescia, 15 giugno 2022*

**Claudia Toro – Laboratorio Efficienza Energetica nei Settori Economici (ESE)**

**Dipartimento Unità Efficienza Energetica – Agenzia Nazionale Efficienza Energetica**



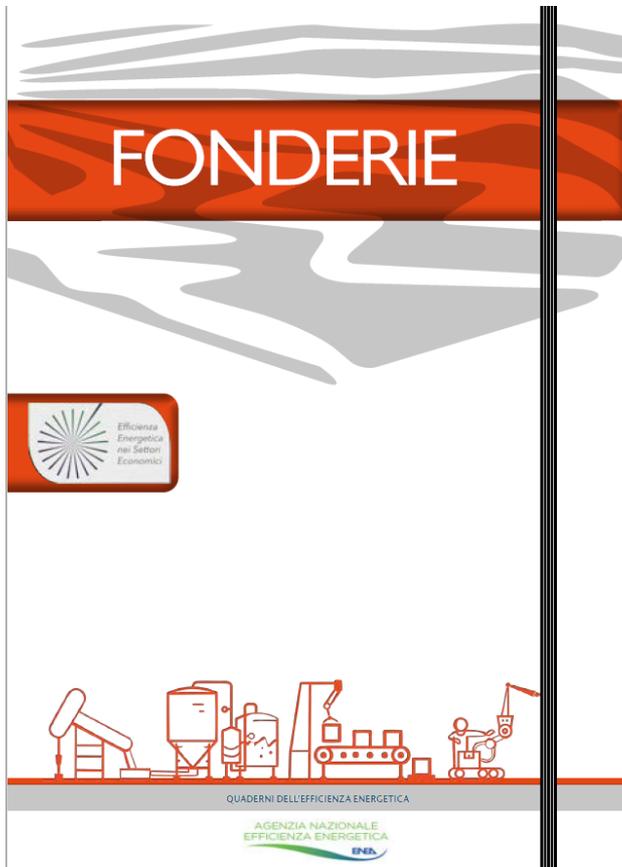
1101 0110 1100  
0101 0010 1101  
0001 0110 1110  
1101 0010 1101  
1111 1010 0000

AGENZIA NAZIONALE  
EFFICIENZA ENERGETICA



# Attività svolta in collaborazione con ASSOFOND

## Risultati ottenuti: quaderni dell'efficienza energetica



### Indice Sintetico della pubblicazione

1. Quadro normativo di riferimento
2. Obiettivo della pubblicazione
3. L'industria italiana di Fonderia
4. Metodologia di analisi dei dati\*
5. La diagnosi energetica
6. **Risultanze delle diagnosi per metalli ferrosi**
7. **Risultanze delle diagnosi per metalli non ferrosi**
8. Interventi di efficienza energetica: soluzioni tecnologiche
9. Analisi degli interventi

\*G. Bruni, A. De Santis, C. Herce, L. Leto, C. Martini, F. Martini, M. Salvio, F. A. Tocchetti and C. Toro, "From energy audit to energy performance indicators (ENPI): a methodology to characterize productive sectors. the italian cement industry case study", *Energies* 2021, 14, 8436. [HTTPS://DOI.ORG/10.3390/EN14248436](https://doi.org/10.3390/EN14248436)

# Gli Indici di Prestazione Energetica per le fonderie industriali

- ✓ **Indici di Prestazione Energetica generale (IPEg) o di I livello:**  
rapporto tra il **vettore energetico** (Energia Totale, Elettrica e Termica) e la **destinazione uso** (la produzione netta dello stabilimento)
- ✓ **Indici di Prestazione Energetica specifici (IPEs) o di II livello:** per ciascun area funzionale/reparto **il rapporto tra il vettore energetico** ed **il relativo driver di consumo**

	IPE di stabilimento	Fusione	Formatura	Pressocolata	Aria Compressa	Impianti di aspirazione
Ghisa	✓	✓	✓		✓	✓
Acciaio	✓	✓	✓		✓	✓
Alluminio	✓	✓		✓	✓	✓

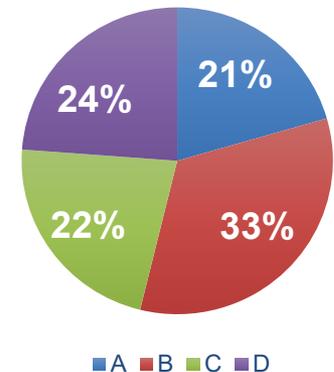
# Fonderie produttrici di getti in ghisa

Fonderie produttrici di getti in ghisa ATECO 24.51	
Numero imprese che hanno presentato diagnosi	79
Produzione netta da imprese che hanno presentato diagnosi (2019) [t]	850.905
Tonnellate di getti prodotte (produzione netta) dalla totalità delle fonderie metalli non ferrosi [t] Anno di riferimento 2019 - ASSOFOND	1.049.067
Livello di rappresentatività del campione	81%
Campo di produzione netta rappresentato [t]	1.200-65.000

# Fonderie produttrici di getti in ghisa

Le diagnosi relative alle fonderie di Ghisa sono state analizzate e suddivise in **cluster omogenei sulla base della tipologia di forno utilizzato e del tipo di formatura** con lo scopo di elaborare specifici **Indicatori di Prestazione Energetica**.

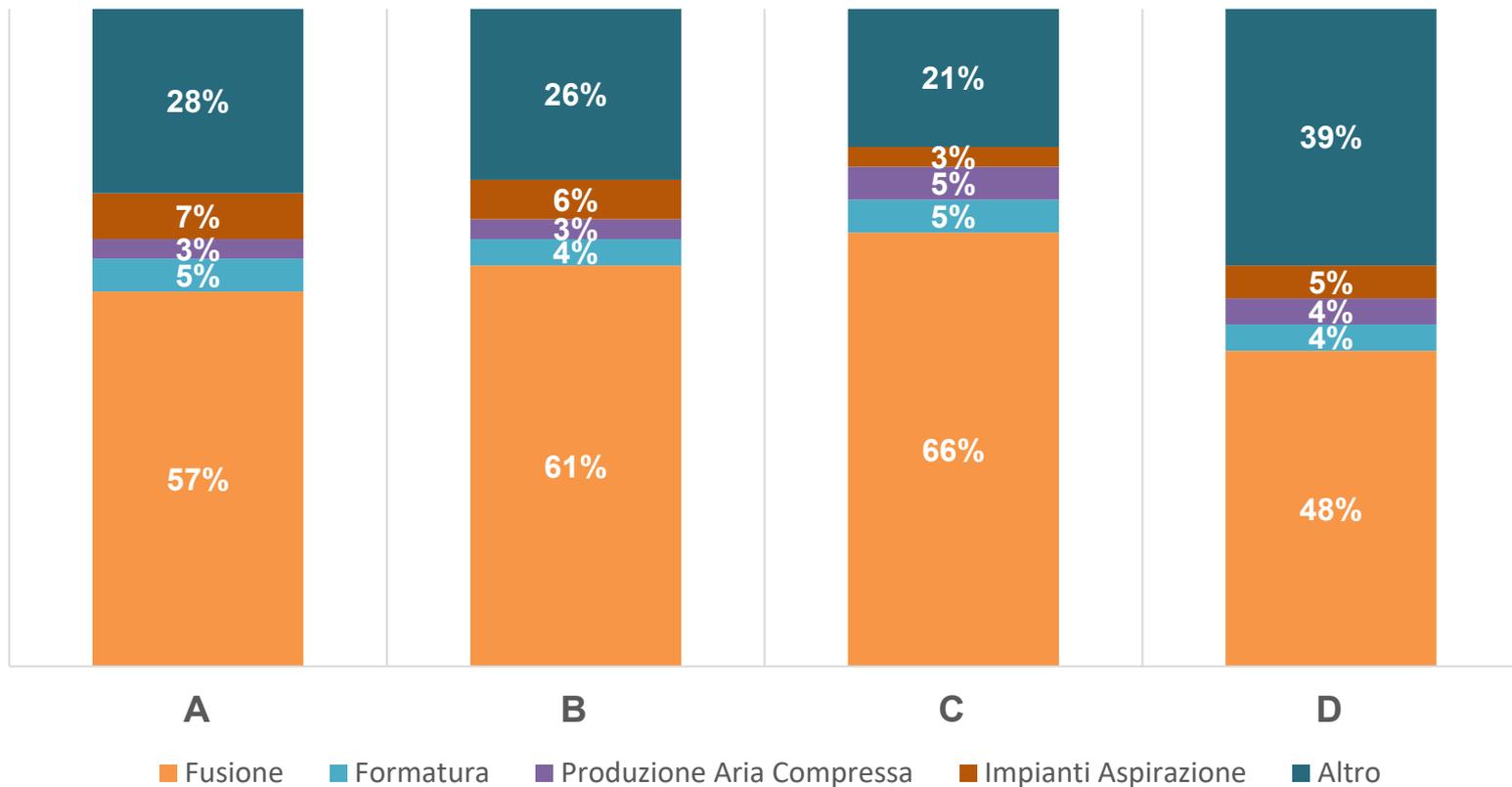
Cluster	Tipologia di forno fusorio	Tipologia di formatura	# DE	Getti prodotti [t]	Campo di produzione
<b>A</b>	Elettrico	Sabbia/Resina	18	139.567	400-35.000
<b>B</b>	Elettrico	A verde	14	184.923	1.700-31.000
<b>C</b>	Cubilotto	A verde	10	236.577	3.600-37.000
<b>D</b>	Rotativo	A verde	10	69.328	1.200-15.000
<b>TOT</b>			<b>52</b>	<b>630.396</b>	<b>400-35.000</b>



Distribuzione dei consumi tra 4 cluster  
**Tot consumi 170ktep**

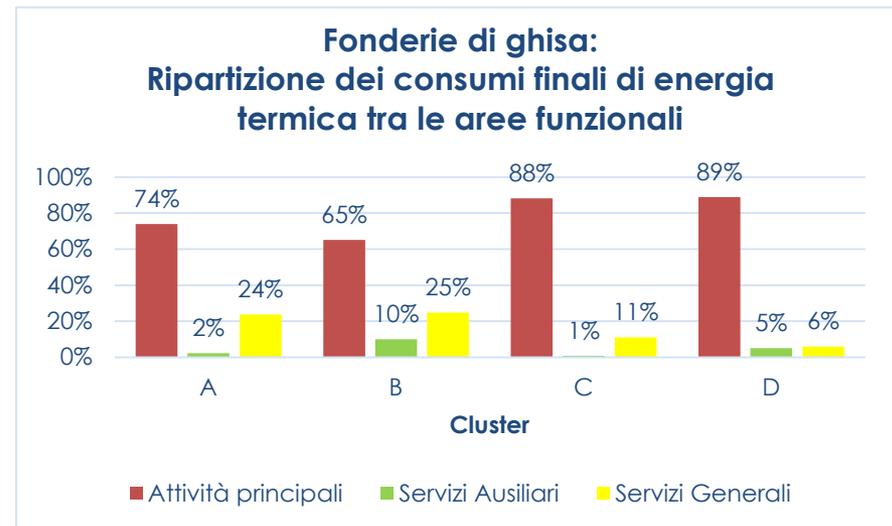
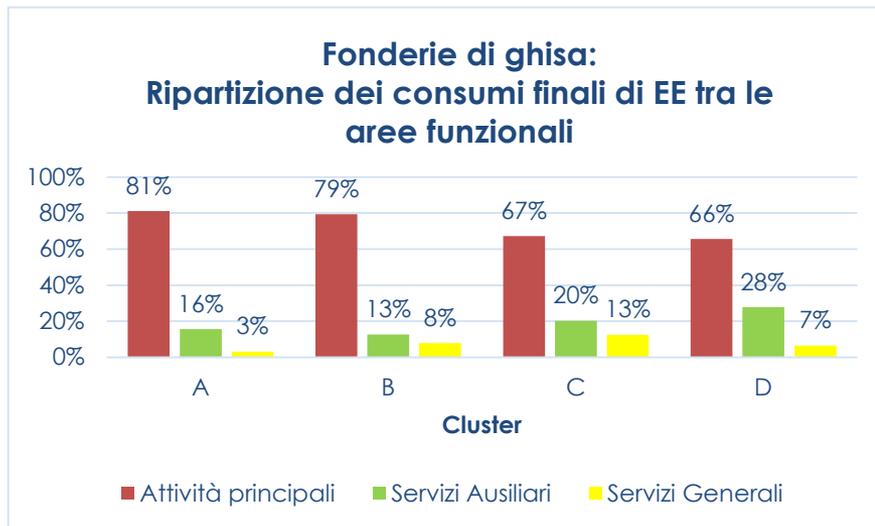
# Fonderie produttrici di getti in ghisa

## Distribuzione percentuale dei consumi totali tra i diversi centri di consumo



# Fonderie produttrici di getti in ghisa

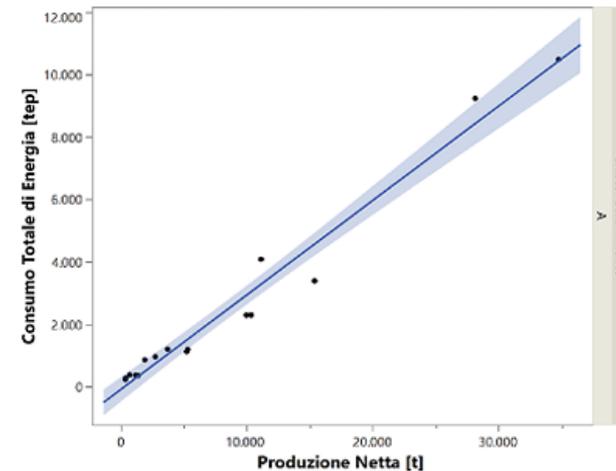
## Ripartizione dei consumi finali tra le diverse aree funzionali



# Fonderie produttrici di getti in ghisa

## Indicatori di Prestazione Energetica Esempio Cluster A: Forni Elettrici + Formatura in Sabbia/Resina

Fonderie di Ghisa - Cluster A - Forni elettrici e formatura in sabbia-resina					
Rette di Regressione Consumo Totale [tep] vs Produzione netta [t]					
Consumo Etot [tep] = 18,12 + 0,2984 * Produzione netta [t] Int Confidenza > 99%					
	R <sup>2</sup>	R	P <sub>value</sub>	Rcrit (bidir.) α=0,05	Rcrit (bidir.) α=0,01
Consumo Totale [tep]	0,95	0,974	<0,0001	0,5751	0,4869



Fonderie di Ghisa - Cluster A - Forni elettrici e formatura in sabbia-resina				
IPE Totale				
Campo variazione Produzione netta		IPE	Affidabilità	
Min.	Max.			
t	t	tep/t	Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
400	3.700	0,484 ± 0,176	36%	<b>MEDIO</b>
3.701	35.000	0,269 ± 0,059	22%	<b>MEDIO</b>

# Fonderie produttrici di getti in ghisa

## Indicatori di Prestazione Energetica Esempio IPE II Livello: Fusione

Per il calcolo degli IPE della fase di fusione il campione è stato suddiviso in 3 cluster sulla base della tipologia principale di forni utilizzata all'interno dello stabilimento:

- ✓ Forno Elettrico;
- ✓ Forno a Cubilotto;
- ✓ Forno Rotativo.

Come destinazione d'uso è stata considerata la **produzione annua lorda espressa in tonnellate.**

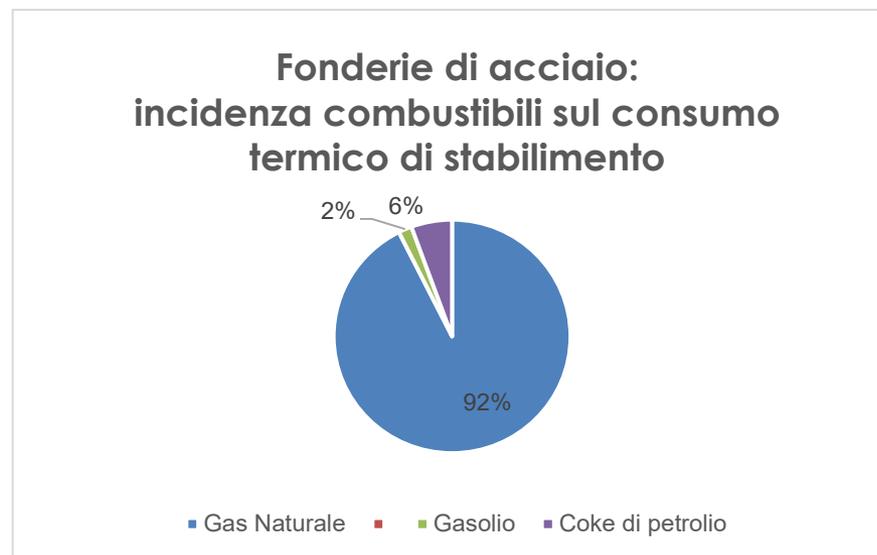
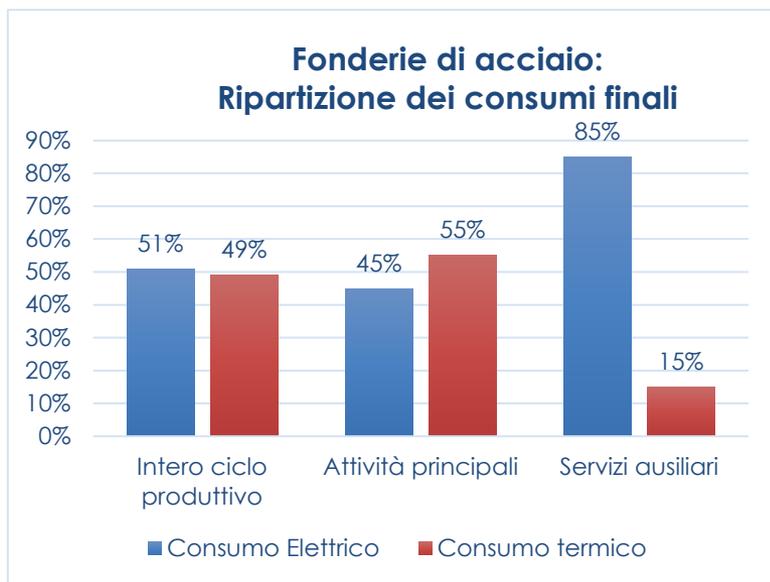
Fonderie di Ghisa – FASE DI FUSIONE –				
IPE Forni ELETTRICI: Consumo elettrico [kWh]/Produzione lorda [t]				
Campo variazione Produzione lorda		IPE	Affidabilità	
Min.	Max.			
t	t	kWh/t <sub>lorde</sub>	Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
390	2.200	1.639 ± 732	44%	MEDIO
2.201	55.000	857 ± 217	25%	MEDIO
IPE Forni a CUBILOTTI: Consumo coke fonderia [t]/ /Produzione lorda [t]				
Campo variazione Produzione lorda		IPE	Affidabilità	
Min.	Max.			
t	t	t <sub>coke</sub> /t <sub>lorde</sub>	Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
2.200	46.000	0,145 ± 0,033	22%	MEDIO
IPE Forni ROTATIVI: Consumo gas naturale [Sm <sup>3</sup> ]/Produzione lorda [t]				
Campo variazione Produzione lorda		IPE	Affidabilità	
Min.	Max.			
t	t	Sm <sup>3</sup> /t <sub>lorde</sub>	Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
3.100	23.000	67,3 ± 11,5	17%	ALTO

# Fonderie produttrici di getti in acciaio

<b>Fonderie produttrici di getti in acciaio ATECO 24.52</b>	
Numero imprese che hanno presentato diagnosi	20
Produzione netta da imprese che hanno presentato diagnosi (2019) [t]	40.795
Tonnellate di getti prodotte (produzione netta) dalla totalità delle fonderie metalli non ferrosi [t] Anno di riferimento 2019 - ASSOFOND	59.854
Livello di rappresentatività del campione	68%
Campo di produzione netta rappresentato [t]	200-18.000

# Fonderie produttrici di getti in acciaio

Per le fonderie di getti in acciaio si è considerato un unico *Cluster* (**forni elettrici con formatura in sabbia resina**) nell'elaborazione sia degli IPE di stabilimento (primo livello) che per quelli di secondo livello.



# Fonderie produttrici di getti in acciaio

## Indicatori di Prestazione Energetica Esempio Tabella Riepilogativa

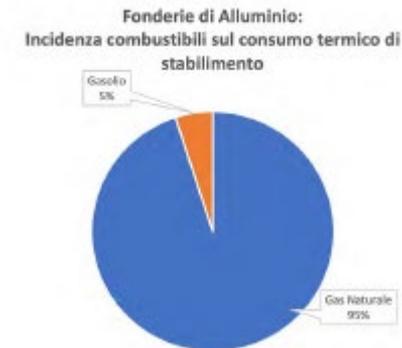
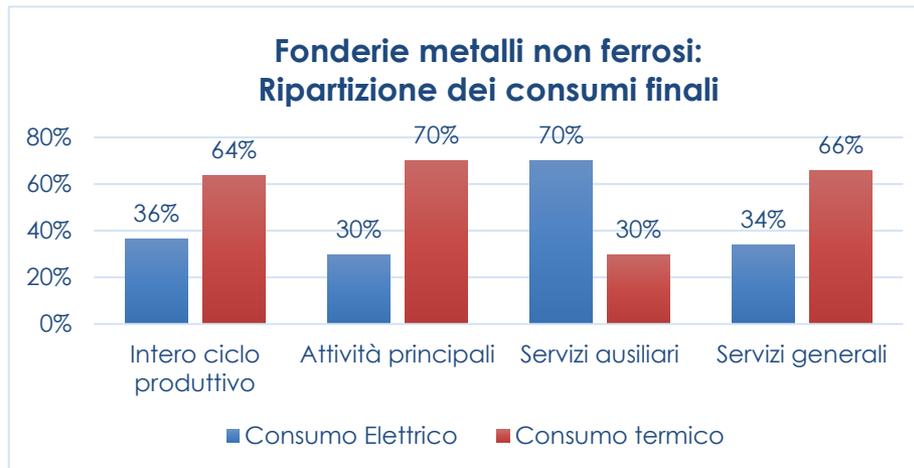
FONDERIE DI ACCIAIO						
IPE di primo Livello						
Energia	Campo variazione produzione netta [t]		IPE Stabilimento			
			Value		U.M.	
Elettrica	360	1.200	4.472 ± 1.923		kWh/t	
	1.201	3.000	2.152 ± 576			
Termica	360	3.000	6.744 ± 4.015		MJ/t	
Totale	360	3.000	0,36 ± 0,15		tep/t	
IPE di secondo Livello						
Fase / Servizio	Driver di consumo	Vettore Energetico	Campo variazione produzione [t]		IPE Stabilimento	
					Valore	U.M.
Fusione	Produzione Lorda [t]	Energia Elettrica	190	1.400	1.229 ± 740	kWh/t <sub>lorda</sub>
			1.401	6.000	809 ± 155	
Formatura	Produzione Netta [t]	Energia Elettrica	370	2.400	152 ± 112	kWh/t
Aria Compressa	Produzione Netta [t]	Energia Elettrica	370	5.400	210 ± 171	kWh/t
Impianto di Aspirazione	Produzione Netta [t]	Energia Elettrica	370	5.400	167 ± 107	kWh/t

# Fonderie produttrici di getti in metalli non ferrosi

<b>Fonderie produttrici di getti in metalli non ferrosi ATECO 24.53 e 24.54</b>	
Numero imprese che hanno presentato diagnosi	70+52=122
Produzione netta da imprese che hanno presentato diagnosi (2019) [t]	932.835*
Tonnellate di getti prodotte (produzione netta) dalla totalità delle fonderie di alluminio [t] Anno di riferimento 2019 - ASSOFOND	959.000
Livello di rappresentatività del campione	-
Campo di produzione netta rappresentato [t]	300-180.000

# Fonderie produttrici di getti in alluminio

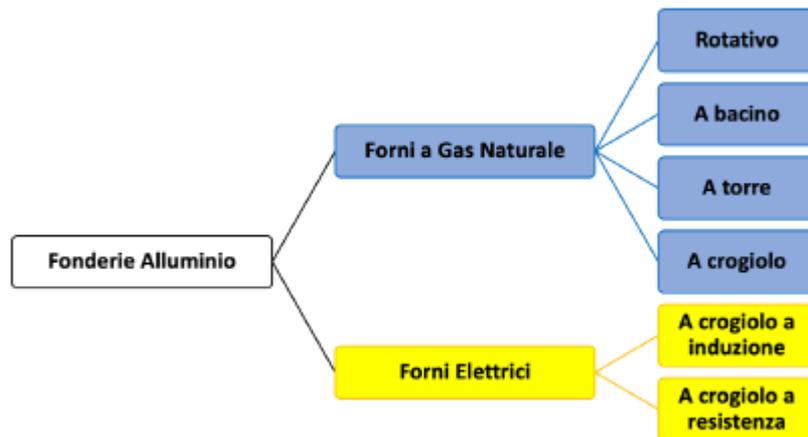
Le analisi presentate sono relative ad un sottogruppo afferente ai codici ATECO 24.53 e 24.54 e relative a fonderie produttrici di **getti in Alluminio** (con piccole percentuali di altri metalli non ferrosi quali zama, zinco e altre leghe di Alluminio) **tramite pressocolata.**



CENTRI DI CONSUMO PREVALENTI				
Fusione	Isole di pressocolata	Produzione Aria Compressa	Impianti Aspirazione	Altro
53%	17%	5%	2%	23%

# Fonderie produttrici di getti in alluminio

## Indicatori di Prestazione Energetica Esempio IPE II Livello: Fase di Fusione

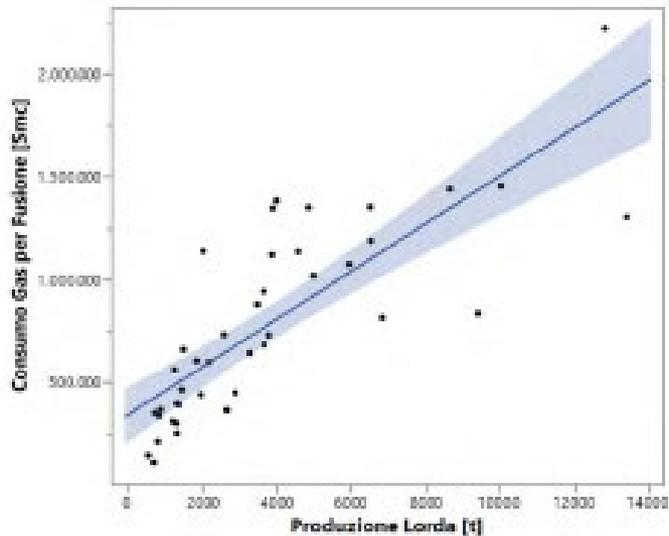


Nella Linea Guida si riportano i risultati dell'analisi relativa solamente per i forni a **Gas Naturale**, approfondendo in particolare sia i **forni a torre** che **quelli a bacino**.

Per le altre tipologie non è possibile riportare nessuna informazione in quanto i dati estrapolati dall'analisi delle diagnosi energetiche risultano essere insufficienti o non presenti.

# Fonderie produttrici di getti in alluminio

## Indicatori di Prestazione Energetica Esempio IPE II Livello: Fase di Fusione



Fonderie di Alluminio				
IPE Forni a GAS NATURALE A BACINO: Gas Naturale [Sm <sup>3</sup> ] / / Produzione lorda [t]				
Campo variazione Produzione netta		IPE	Affidabilità	
Min.	Max.		Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
t	t	tep/t		
700	3.300	372 ± 135	36%	<b>MEDIO</b>
3.301	20.000	222 ± 99	44%	<b>MEDIO</b>
IPE Forni a GAS NATURALE A TORRE: Gas Naturale [Sm <sup>3</sup> ] / / Produzione lorda [t]				
Campo variazione Produzione netta		IPE	Affidabilità	
Min.	Max.		Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
t	t	tep/t		
800	19.000	186 ± 80	43%	<b>MEDIO</b>

# Fonderie produttrici di getti in alluminio

## Indicatori di Prestazione Energetica Esempio IPE II Livello: Pressocolata

I consumi energetici associati alle Isole di Pressocolata nella produzione di Alluminio solitamente possono ricomprendere:

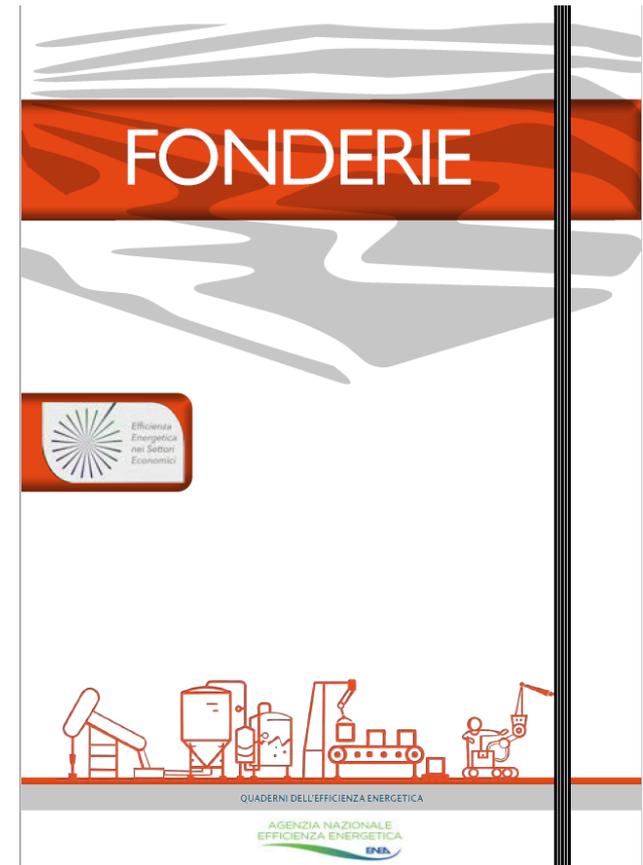
- ✓ Sistemi di preriscaldamento delle siviere;
- ✓ Sistemi di trattamento del metallo liquido (es. degassaggio);
- ✓ Componenti specifici delle Isole come: Pressa, Trancia ed eventualmente il Robot;
- ✓ Eventuali altri componenti specifici.

Fonderie di Alluminio – ISOLE DI PRESSOCOLATA –				
IPE Isole di pressocolata COMPLETE CON FORNI DI COLATA				
Campo variazione Produzione netta		IPE	Affidabilità	
Min.	Max.		Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
t	t	kWh/t <sub>netta</sub>		
700	9.500	1.289 ± 842	65%	<b>BASSO</b>
IPE Isole di pressocolata COMPLETE SENZA FORNI DI COLATA				
Campo variazione Produzione netta		IPE	Affidabilità	
Min.	Max.		Coefficiente di Variazione	Livello di affidabilità
t	t	kWh/t <sub>netta</sub>		
2.000	5.000	573 ± 165	28%	<b>MEDIO</b>

# Conclusioni

L'analisi delle diagnosi energetiche pervenute ad ENEA nel periodo 2019 per l'ottemperamento degli obblighi previsti dall'Art.8 del D. Lgs. 102/2014, con il supporto di ASSOFOND ha permesso **un'analisi approfondita dei consumi energetici del settore delle fonderie industriali di metalli ferrosi e non ferrosi.**

Lo studio ha permesso di elaborare ( o aggiornare ) i principali **indici/parametri di riferimento relativi ai consumi di stabilimento, a specifici sottoprocessi o servizi ausiliari** che consentiranno alle imprese di valutare e confrontare i propri risultati con lo stato dell'arte a livello nazionale ed individuare le opportunità di miglioramento.





Claudia Toro  
claudia.toro@enea.it

1101 0110 1100  
0101 0010 1101  
1111 1010 0000  
**GRAZIE PER L'ATTENZIONE**

<https://audit102.enea.it/> – [www.enea.it](http://www.enea.it) – [www.energiaenergetica.enea.it](http://www.energiaenergetica.enea.it)  
[diagnosienergetica@enea.it](mailto:diagnosienergetica@enea.it) – [audit102.assistenzaportale@enea.it](mailto:audit102.assistenzaportale@enea.it)  
<https://www.energiaenergetica.enea.it/servizi-per/imprese/diagnosi-energetiche/pubblicazioni-e-atti.html> – <https://www.pubblicazioni.enea.it/>