



AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,
L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE



VALUTAZIONI PRELIMINARI SUGLI INDICI DI PRESTAZIONE ENERGETICA NEL SETTORE DELLA PRODUZIONE DEL VETRO



AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,
L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE



Premessa	1
Processo di costruzione degli IPE di riferimento	2
Fabbricazione di vetro cavo	6
Conclusioni	14



AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,
L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE



Premessa

Tale documento nasce dal lavoro che ENEA sta portando avanti nell'ambito del programma di definizione del contesto energetico del sistema produttivo italiano come è emerso dalle diagnosi energetiche pervenute ad ENEA nell'ambito di quanto previsto dall'art. 8 del dlgs 102/2014.

In particolare esso rappresenta la prima pubblicazione relativa all'analisi del settore della produzione del vetro.

Alla stesura di tale documento ha contribuito l'ing. Dario Atzori.

Processo di costruzione degli IPE di riferimento

In questo documento si è cercato di individuare una formula per la definizione degli IPE di riferimento sulla base dei dati disponibili. Tali dati provengono dalla documentazione allegata alle diagnosi energetiche inviate dai soggetti obbligati dall'art. 8 del d.lgs. 102/2104.

Per l'elaborazione degli IPE di riferimento è stato sviluppato un metodo che parte dalla ricerca di una relazione, in prima approssimazione lineare, tra i consumi energetici e la produzione. Il modello energetico che si ottiene in questo modo ha il pregio di restituire, ove possibile, mediante l'utilizzo di una formula analitica, un IPE di riferimento in funzione della produzione, fornendo un quadro rappresentativo della realtà produttiva.

Quando la relazione così cercata non è risultata affidabile si è ricorsi a definire gli IPE mediante una formula che teneva conto del valor medio e la deviazione standard dei dati delle diagnosi. Schematicamente, le fasi di tale processo possono essere così suddivise:

- **Fase 1:** Aggregazione dei dati

Le grandezze (consumo energetico e produzione) sono rappresentate in un grafico a dispersione.

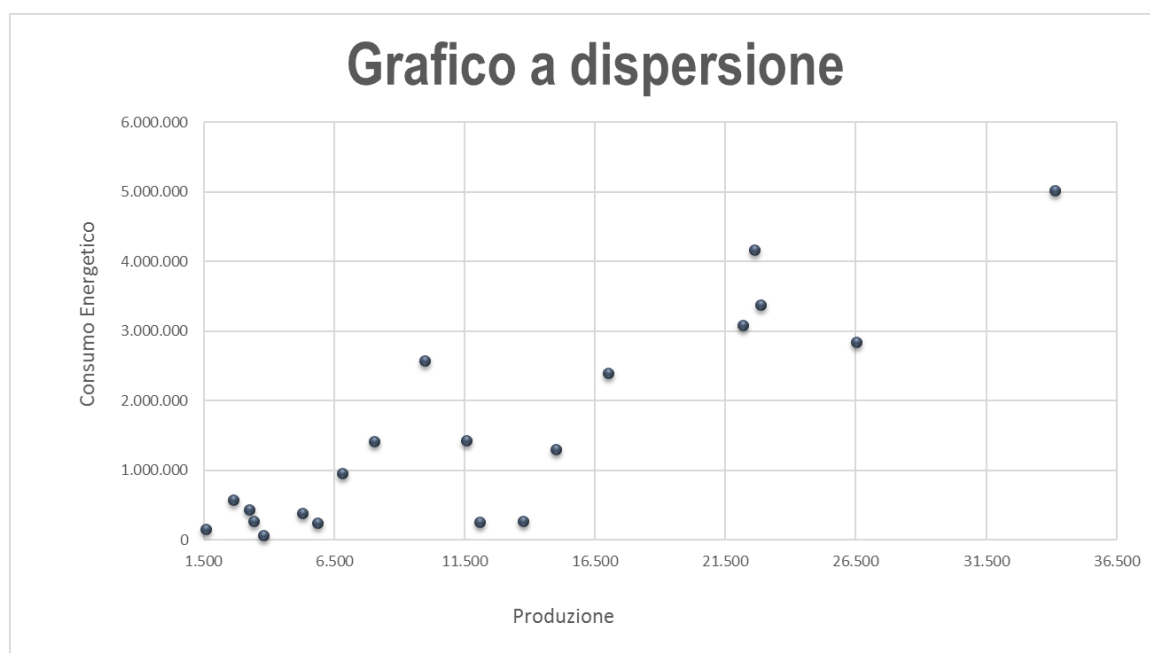


Figura 1 Esempio grafico a dispersione

- **Fase 2:** Ricerca di un legame tra le grandezze rappresentate nel grafico a dispersione
Partendo dalla regressione lineare si ottiene un legame del tipo $y = ax + b$;

L'equazione della retta sopracitata ha il seguente significato fisico:

Consumi Energetici

$$= \text{Quota di energia variabile per unità di produzione} * \text{Volume di produzione} \\ + \text{Quota di energia fissa}$$

A questo punto si analizza il valore del coefficiente di Correlazione R^2 : quanto esso è prossimo ad 1 tanto più la correlazione tra le variabili è significativa. Se il valore del coefficiente è basso, si tenta di approssimare i punti con una polinomiale di secondo grado. Qualora non si abbiano ancora riscontri positivi, si prova a studiare o un diverso raggruppamento dei dati a disposizione in quanto possono essere presenti gruppi di dati relativi a differenti realtà produttive. In tutte queste situazioni un attento esame del coefficiente di correlazione rappresenta il primo passaggio, in quanto bisogna tenere anche conto che un valore basso garantisce sicuramente una relazione poco significativa tra consumi e produzione (spesso per la presenza di altri fattori in gioco più influenti), mentre un alto valore del coefficiente non garantisce una relazione buona, in quanto la presenza di punti molto lontani tra di loro tende a favorire un tale valore del coefficiente.

Retta di Regressione

$$y = ax + b$$

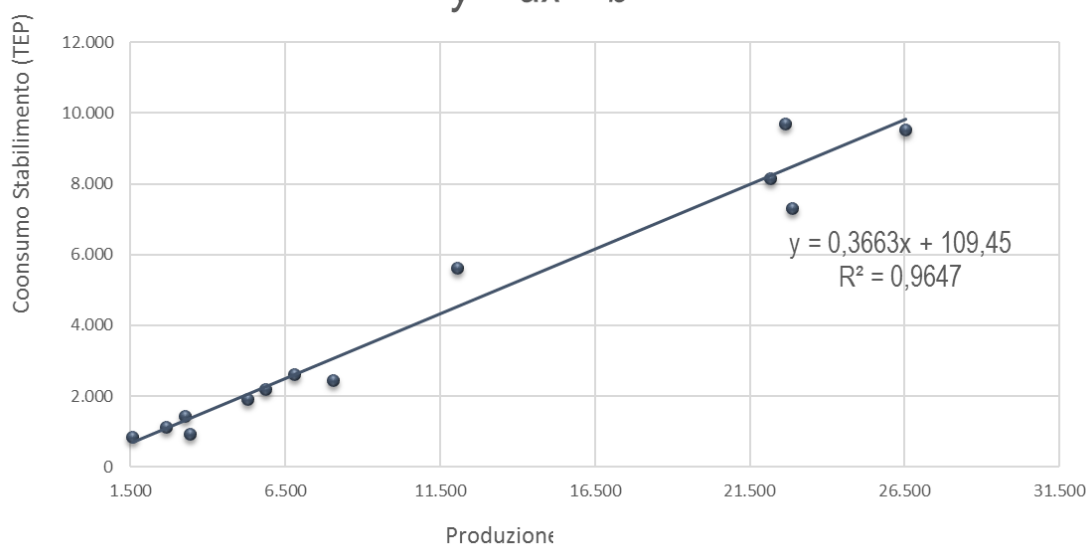


Figura 2 Esempio retta di regressione

- **Fase 3:** Costruzione della curva dell'IPE

Successivamente si individua la curva dell'IPE, rappresentata da una funzione del tipo seguente:

$$IPE = \frac{ax + b}{x} = a + \frac{b}{x}$$

dove a e b rappresentano rispettivamente la pendenza e la intercetta della retta di regressione lineare.

Indicatore di Performance

$$IPE \text{ Riferimento} = f(\text{Produzione})$$

$$IPE = a + b/x$$

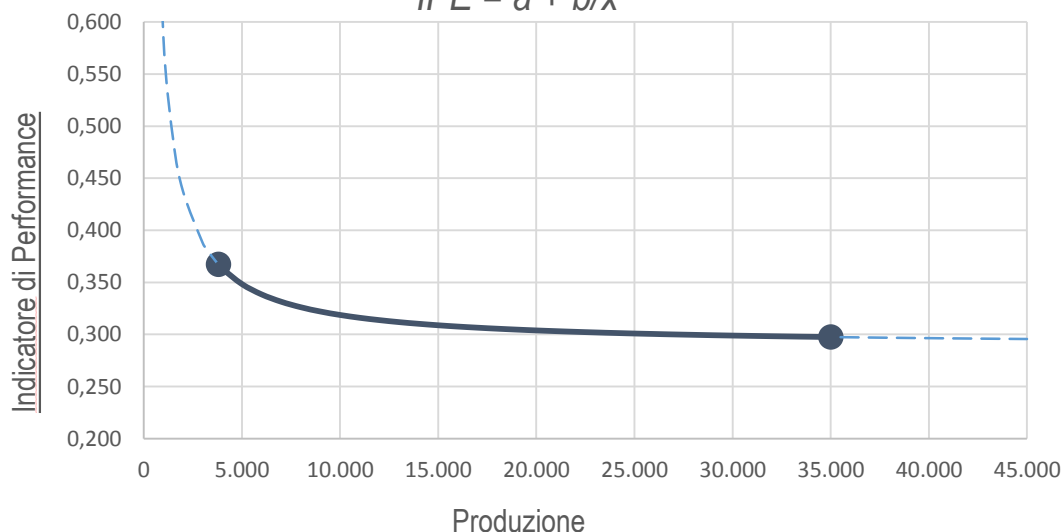


Figura 3 Esempio modello analitico

In questo grafico la parte continua rappresenta il tratto della curva IPE corrispondente all'intervallo di valori della produzione per cui si ha un riscontro nelle diagnosi energetiche. La parte tratteggiata rappresenta i valori degli IPE ricavati matematicamente dal modello ma per i quali non si ha avuto un riscontro in termini di produzione.

- **Fase 4:** Valutazione dell'affidabilità del modello analitico

Per ogni valore di produzione riscontrato nelle diagnosi si effettua il rapporto tra il valore reale ed il valore teorico dell'IPE corrispondente:

A) se il 90% degli IPE reali risultano lontani meno del 30% dal valore del modello, quest'ultimo viene definito affidabile

B) se più del 10% degli IPE reali risultano lontani più del 30% dal valore del modello, quest'ultimo viene ritenuto poco affidabile

- **Fase 5:** La costruzione del grafico "valore medio \pm deviazione standard"

Quando non è possibile realizzare il modello in forma analitica od esso non risulta affidabile, l'indicatore di riferimento si costruisce mediante la formula "valor medio \pm deviazione standard" utilizzando i valori reali di IPE ricavati dalle diagnosi.

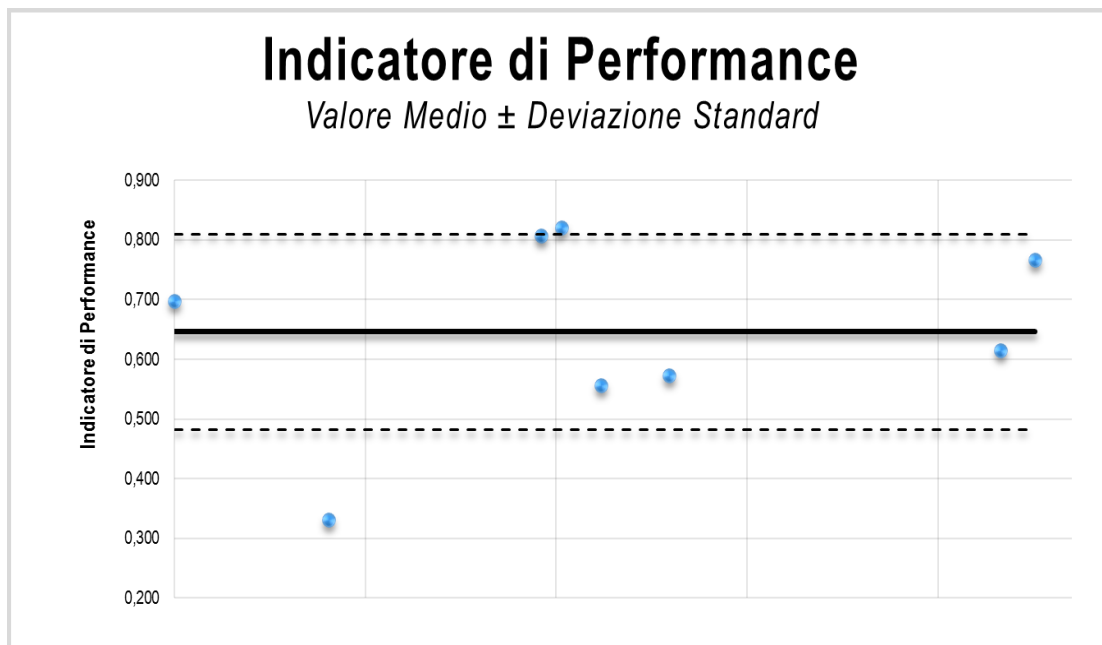


Figura 4 Esempio valor medio \pm deviazione standard

- **Fase 6:** Valutazione dell'affidabilità della formula «valor medio \pm deviazione standard»:

I criteri di valutazione dell'indicatore ottenuto sono i seguenti:

A) se il rapporto tra la deviazione standard e il valore medio risulta minore del 20%, il modello viene ritenuto «Affidabile»

B) se il rapporto tra deviazione standard e valore medio risulta compreso tra il 20% ed il 50% il modello viene ritenuto «Poco Affidabile»

C) se il rapporto tra la deviazione standard e il valore medio risulta maggiore del 50%, il modello viene ritenuto «Non Affidabile»

Si sottolinea che la differenza tra valore massimo e valore minimo dell'indicatore ricavato in questo modo generalmente è sempre superiore alla differenza tra il valore minimo ed il valore massimo ricavato con il modello analitico.

Fabbricazione di vetro cavo

La numerosità del campione e l'omogeneità dei dati riportati nella documentazione relativa alle diagnosi energetiche permette un'analisi di dettaglio per quanto riguarda la fabbricazione del vetro cavo.

Il campione utilizzato comprendente tutti gli stabilimenti ed è formato da 34 aziende, per una produzione di cavato totale pari a 4.499.681 t, ed un campo di produzione compreso tra le 8.000 e le 285.000 t circa.

La ripartizione dei vettori energetici all'interno dello stabilimento è risultata:

Ripartizione Vettori Energetici nello stabilimento

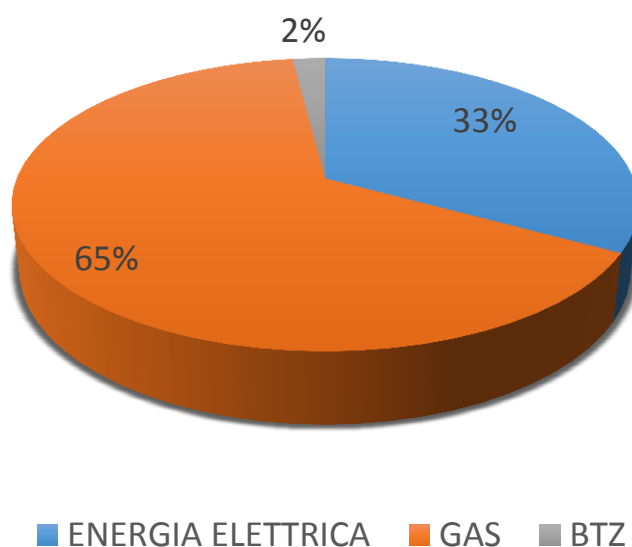


Figura 5 Ripartizione vettori energetici

Il 2% dei consumi legato al BTZ è dovuto al fatto che il 12% del campione possiede forni che utilizzano proprio tale vettore energetico.

Per quanto riguarda la ripartizione dei consumi energetici tra attività principali, servizi ausiliari e generali si hanno i seguenti dati:

RIPARTIZIONE DEI CONSUMI ENERGETICI PER LE FONDERIE DI VETRO CAVO

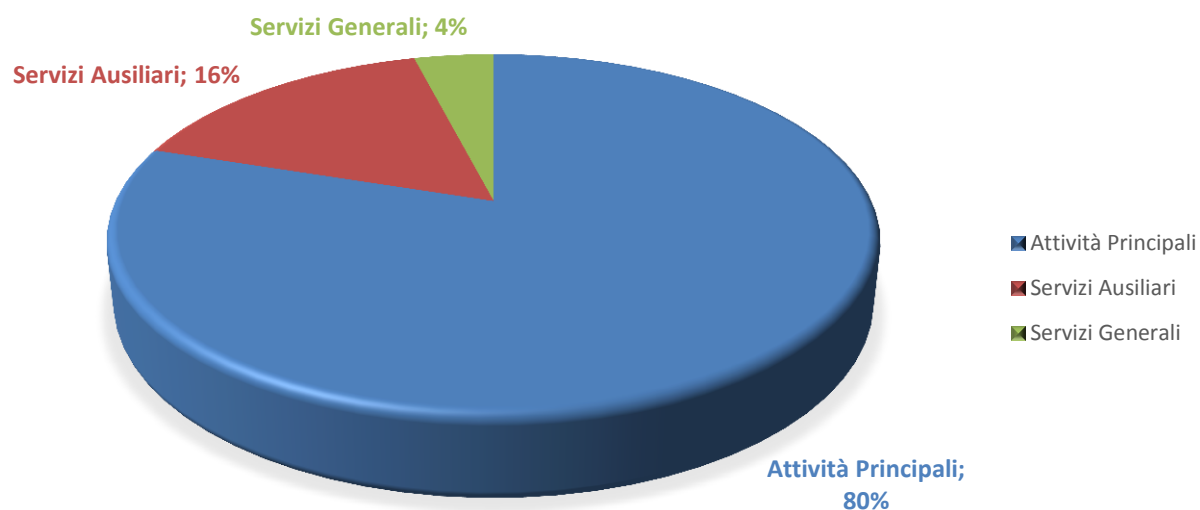


Figura 6 Ripartizione dei consumi energetici

La ripartizione dei consumi energetici nelle varie fasi del processo produttivo invece risulta:

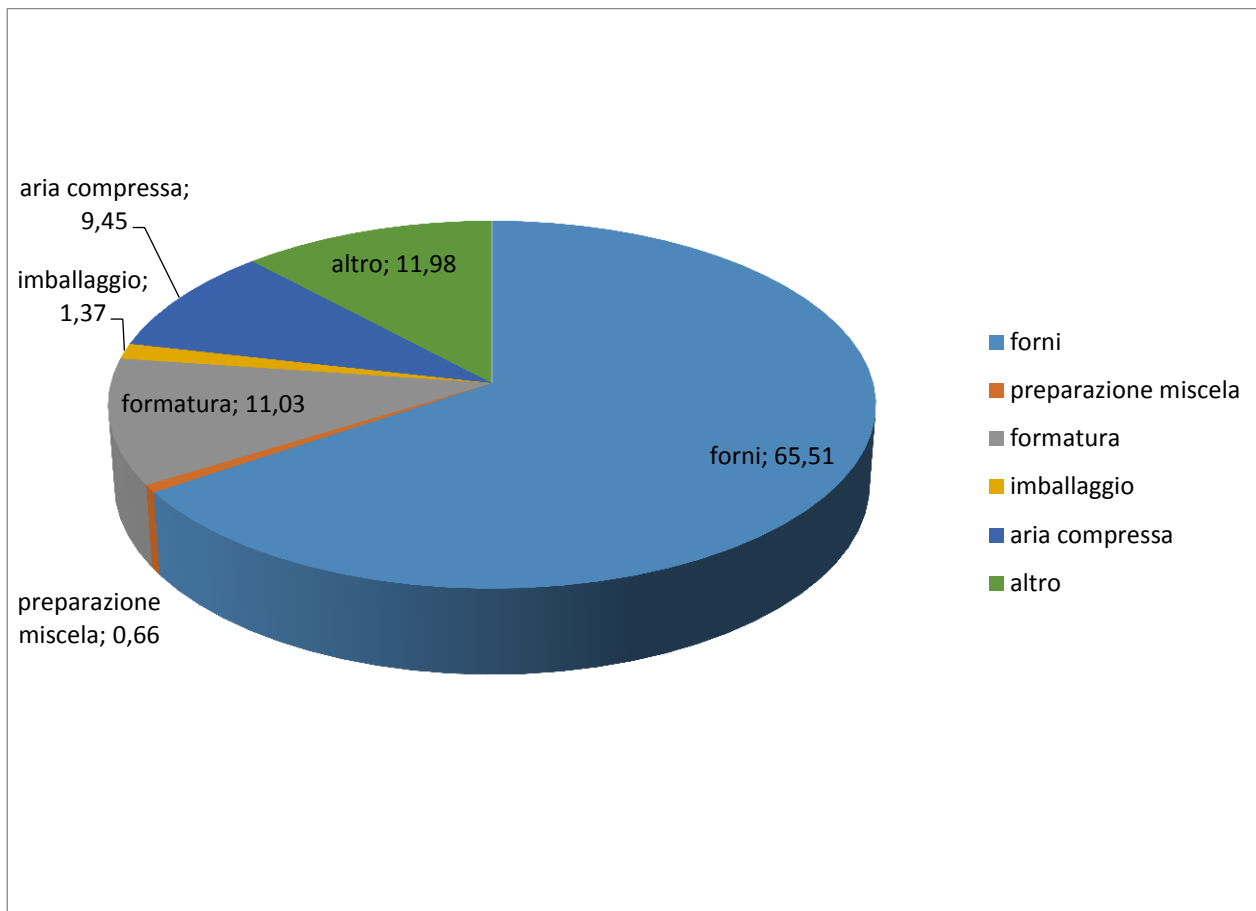


Figura 7 Ripartizione consumi energetici per fasi

Sulla base di tale ripartizione sono stati cercati indici di riferimento per lo stabilimento e per i forni.

Per quanto riguarda lo stabilimento, considerando tutti i valori aggregati, la retta di regressione con valore di R^2 di 0,76 è risultata:

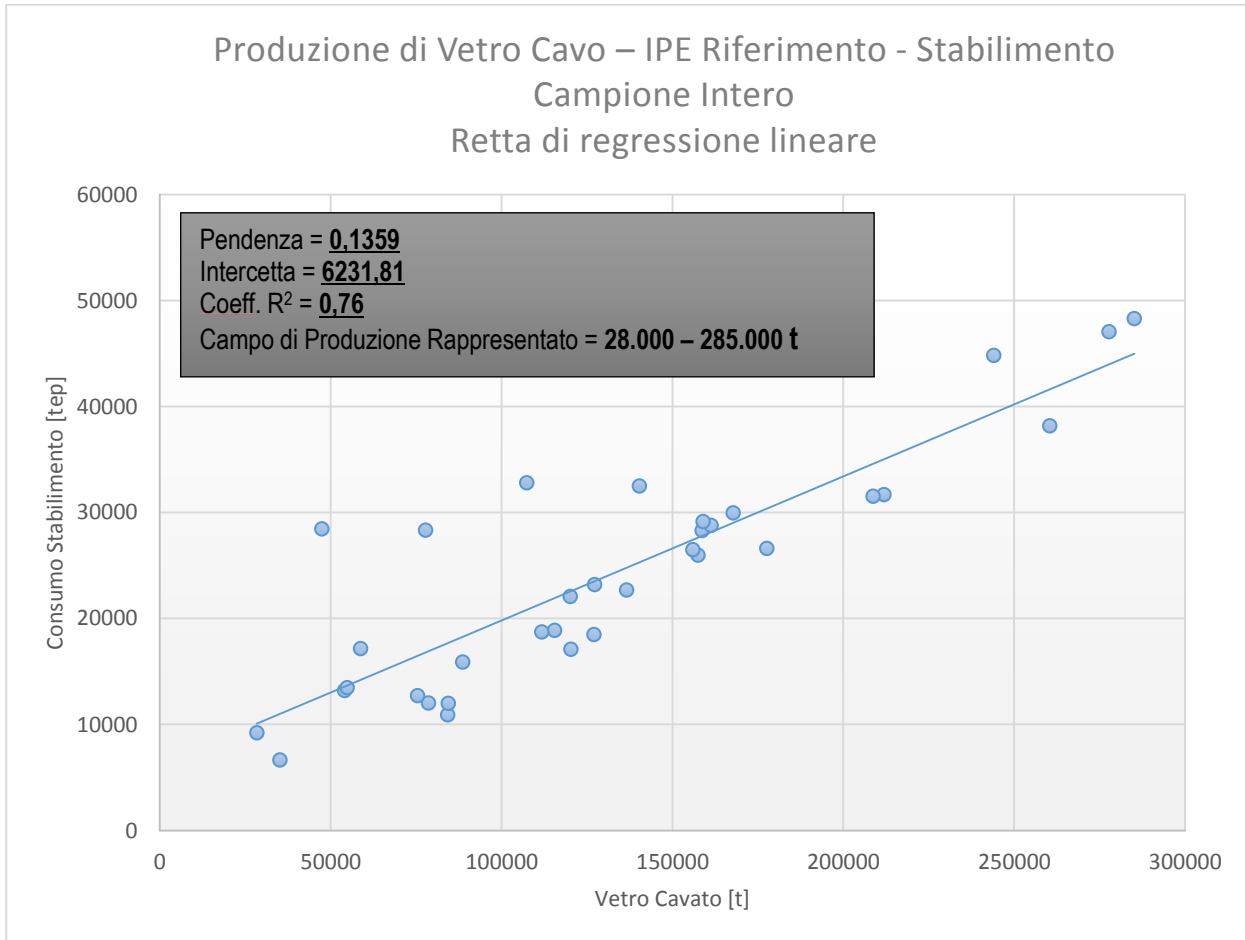


Figura 8 Retta di regressione - vetro cavo - stabilimento aggregato

Al fine di fornire alcune indicazioni di massima, non essendo rispettati i criteri di validità del modello analitico, viene comunque riportato il grafico con media e deviazione standard, sebbene anche esso risulti poco attendibile in base ai criteri di accettabilità:

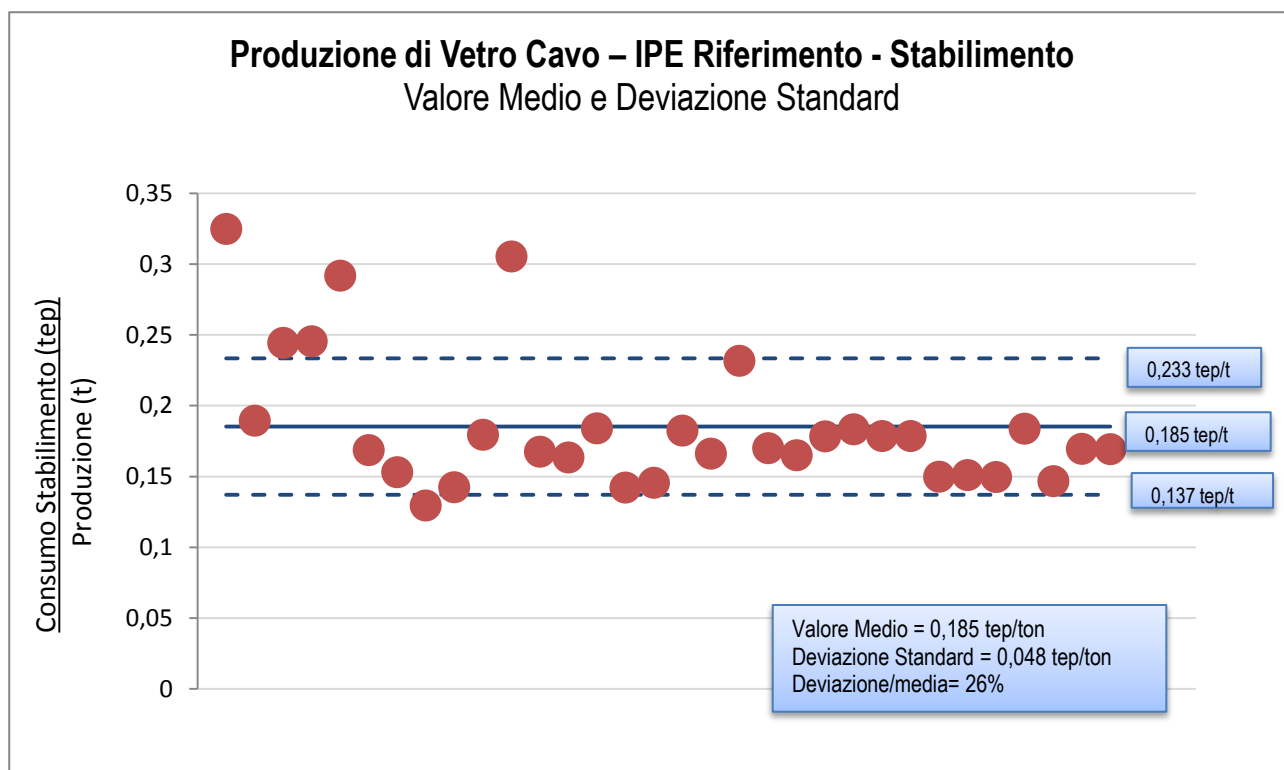


Figura 9 Vetro cavo - Stabilimento aggregato - valor medio \pm deviazione standard

Al fine di aggregare i dati in modo opportuno per avere informazioni utili ed affidabili si è proceduto ad una classificazione degli stabilimenti in base al tipo di prodotto realizzato:

Tipo di Prodotto	Numero delle imprese che hanno presentata la Diagnosi Energetica:	Livello di rappresentatività:
Bottiglie	18	53 %
Flaconeria	2	6 %
Vasi Alimentari	2	6 %
Articoli per Uso Domestico	1	3 %
Misto	11	32 %

Tabella 1 Ripartizione stabilimenti per prodotto

A seguito di quanto sopra si è notato che i valori che più si allontanavano dalla retta di regressione precedentemente mostrata erano proprio quelli legati a tipologie specifiche di prodotto (ad esempio gli stabilimenti produttrici di flaconi).

Si è dunque ricavato l'indicatore di stabilimento per le sole aziende produttrici di bottiglie, rinunciando agli indicatori relativi alla produzione di flaconi, vasi alimentari e articoli di uso domestico a causa della bassa numerosità del campione, che avrebbe inevitabilmente compromesso la riservatezza dei dati. Per quanto riguarda la voce "misto", che comprende imprese produttrici di più tipologie di prodotto, non si è potuto procedere ad ulteriori valutazioni in quanto i consumi non potevano essere ripartiti univocamente per ciascuna tipologia di prodotto della singola azienda.

L'analisi dei dati relativi agli stabilimenti produttori di bottiglie, il cui campo di produzione varia da circa 35.000 a circa 285.000 tonnellate, ha fornito la seguente retta di regressione con un valore di R^2 di 0,96:

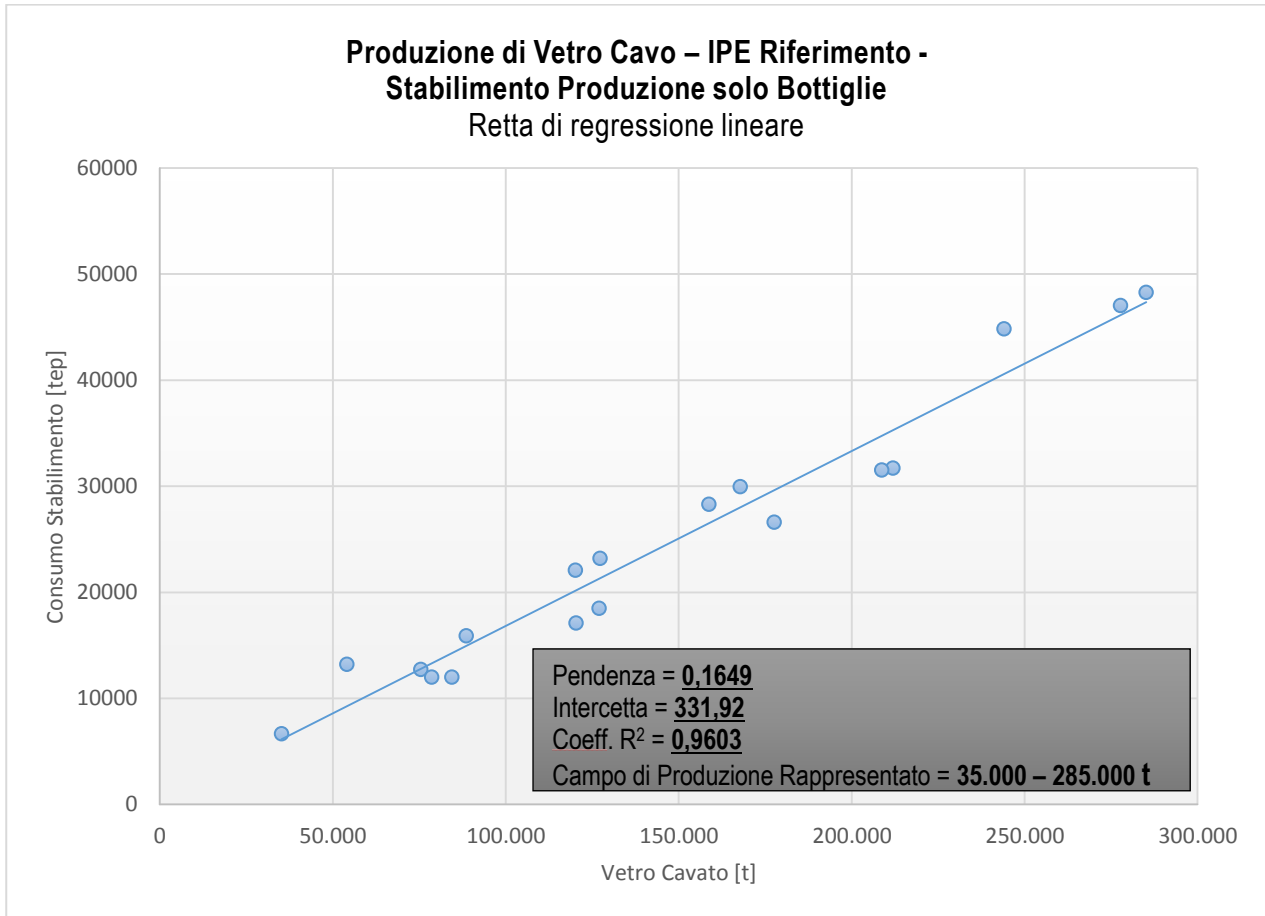


Figura 10 Retta di regressione - vetro cavo - stabilimento solo bottiglie

Sulla base di quanto sopra è stato possibile ricavare un modello analitico, che è risultato affidabile sulla base dei suddetti criteri di accettazione:

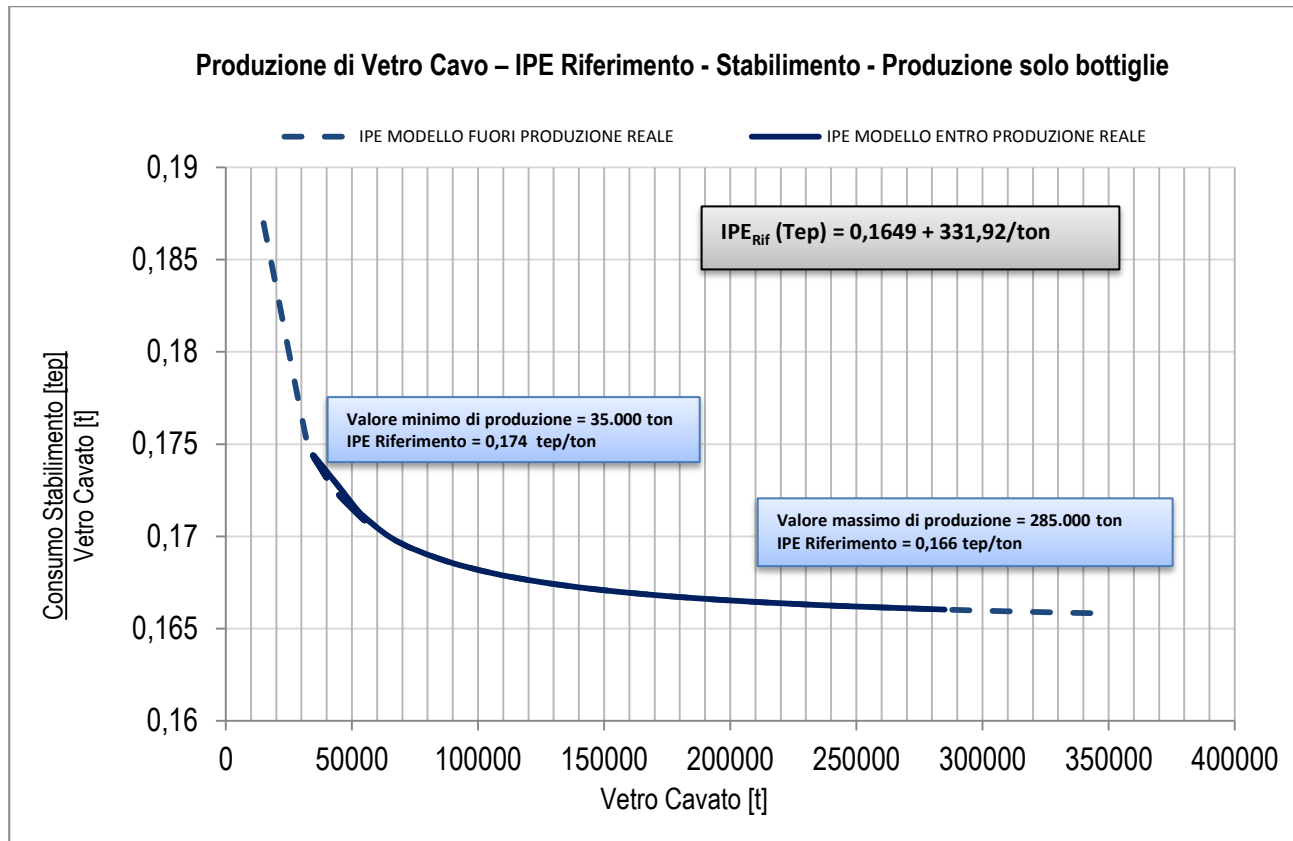


Figura 11 Modello analitico - vetro cavo - stabilimento solo bottiglie



AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,
L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE



Conclusioni

Attualmente si stanno elaborando i dati relativi alle principali fasi di lavorazioni in particolare per quanto riguarda i forni fusori delle diverse tipologie di produzione del vetro. Una difficoltà che si incontra spesso per particolari settori produttivi è la scarsa numerosità dei campioni presi in esame, in particolare ci si riferisce alla produzione di vetro piano e di lana di vetro.

Si sottolinea che tali difficoltà non sono solo collegate alle valutazioni di ordine statistico ma anche a motivi di riservatezza, in quanto dai grafici può essere possibile individuare i singoli siti produttivi.