

Lo spazio energetico quadridimensionale delle PMI: un modello geometrico illustrativo per la strategia energetica d'impresa

Mario Menichella¹

¹Fisico e Analista Energetico, I-55049, Viareggio (LU), Italy

E-mail: m.menichella@gmail.com

Sommario

La gestione energetica delle piccole e medie imprese viene tipicamente descritta come una somma di interventi indipendenti — ottimizzazione delle utenze, efficientamento, autoproduzione da fonti rinnovabili, accesso alla finanza agevolata — valutati e finanziati uno alla volta. Questo lavoro propone invece di trattare le quattro leve come le coordinate di uno spazio energetico quadridimensionale $S = [0,1]^4$, in cui ogni impresa occupa un punto $P = (u, e, r, f)$ e un punto ideale $P^ = (1, 1, 1, 1)$ rappresenta la piena maturità energetica. Sono definite formalmente una metrica pesata, una distanza dall'ottimo, un indice di maturità energetica a doppia formulazione — lineare e geometrica — e un campo di gradiente che identifica la direzione di intervento a massima convenienza economico-energetica. Si mostra, nel quadro della metrica euclidea pesata adottata, che la formulazione geometrica dell'indice penalizza i profili sbilanciati più di quella lineare, fornendo una base matematica al principio secondo cui una dimensione molto debole può limitare la maturità complessiva dell'impresa. L'applicazione illustrativa a un dataset sintetico di 180 imprese e a un caso studio applicativo con coordinate stimate da intervista (settore fabbricazione di prodotti in metallo, ATECO 25) mostra, entro le ipotesi del modello, che il gradiente grezzo dell'indice di maturità individua come priorità le rinnovabili (33% del gradiente), mentre il gradiente corretto per il costo marginale di intervento sposta la priorità sulla finanza agevolata (41%), illustrando come la quarta dimensione possa modificare la metrica di convenienza dello spazio piuttosto che generare essa stessa risparmio diretto.*

Parole chiave: spazio energetico multidimensionale · PMI · indice di maturità energetica · ottimizzazione multi-obiettivo · gradiente di convenienza · finanza agevolata

Introduzione

La strategia energetica di un'impresa manifatturiera viene comunemente scomposta in quattro ambiti d'intervento che, nella pratica corrente, sono gestiti in sequenza e con strumenti separati: la razionalizzazione delle utenze (contratti di fornitura, gestione della potenza impegnata, mercato libero), l'efficientamento dei processi e degli impianti, l'autoproduzione da fonti rinnovabili, e l'accesso alla finanza agevolata (credito d'imposta, certificati bianchi, fondi nazionali e regionali). Questa scomposizione ha un vantaggio operativo evidente — ciascun ambito ha un proprio mercato di fornitori, una propria normativa e un proprio orizzonte di payback — ma introduce un costo concettuale altrettanto evidente: induce a trattare le quattro leve come variabili indipendenti, da sommare, mentre l'esperienza di campo suggerisce sistematicamente il contrario. Un impianto fotovoltaico dimensionato senza una preventiva razionalizzazione dei consumi è sovradimensionato o sottodimensionato; un intervento di efficientamento finanziato con un mix inadeguato di

capitale proprio e incentivi cambia drasticamente di convenienza; la stessa riduzione percentuale di consumo vale economicamente in modo diverso a seconda della struttura tariffaria preesistente.

Questo lavoro propone un cambio di rappresentazione: anziché quattro interventi paralleli, un'unica impresa rappresentata come un punto in uno spazio energetico a quattro dimensioni, in cui ciascun asse misura il grado di maturità relativo a una delle quattro leve. La proposta non è puramente metaforica. Definire uno spazio richiede di specificare coordinate, una metrica e una nozione di distanza, e da questi tre elementi discendono in modo naturale concetti operativi utili al consulente energetico e all'impresa: una distanza dall'ottimo che funge da indicatore sintetico di posizionamento, un campo di gradiente che indica la direzione di intervento più conveniente dato lo stato attuale, e una nozione di traiettoria che descrive l'ordine con cui le quattro leve vengono storicamente attivate da imprese diverse.

L'approccio si colloca all'incrocio fra energy management, ricerca operativa e teoria delle decisioni multi-