

# La diagnosi energetica industriale: aspetti operativi

LA DIAGNOSI ENERGETICA INDUSTRIALE DEVE ESSERE CONDOTTA SIA RISPETTANDO L'ATTUALE NORMATIVA TECNICA SIA IN MODO CHE RISULTI CONCRETAMENTE UTILE ALLE IMPRESE CHE LA COMMISSIONANO. LE CONOSCENZE TECNICHE E L'ESPERIENZA SUL CAMPO DELL'ENERGY AUDITOR SONO QUINDI UNA PREMESSA ESSENZIALE ALLA CORRETTA STESURA DI UN RAPPORTO DI DIAGNOSI

3<sup>a</sup> puntata - di Francesco Della Torre - EGE e consulente energetico

Nelle due precedenti puntate si è approfondita la diagnosi energetica nei suoi aspetti amministrativi e normativi. Si sono anche esaminati a fondo gli obiettivi che dovrebbero essere conseguiti con una diagnosi energetica e si è cercato di chiarire quali

requisiti dovrebbe rispettare una diagnosi energetica "fatta bene", sia quelli imposti dalla Normativa attuale sia quelli che sono - o dovrebbero essere - guidati dalla competenza professionale, dall'onestà intellettuale e dal buon senso di chi redige il rapporto di diagnosi.

In questa terza ed ultima puntata si analizzeranno invece più nel dettaglio gli aspetti operativi di una diagnosi energetica. Lo scopo è quello di comprendere cosa aspettarsi durante le differenti fasi di lavorazione e, in ultimo, cosa attendersi, come clienti, dal rapporto tecnico finale che verrà consegnato dall'Energy Auditor.

A proposito di quest'ultimo, limitatamente al presente articolo verrà indicato come "Energy Auditor", senza fare alcuna distinzione, un Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) certificato ai sensi della Norma UNI CEI 11339, un responsabile dell'energia socio di una Energy Service Company (ESCO) certificata ai sensi della Norma UNI CEI 11352 oppure un Energy Auditor vero e proprio, certificato secondo gli schemi recentemente proposti da Accredia.

## LA METODOLOGIA ADOTTATA

Nelle prime due parti del presente articolo sono state richiamate le Normative tecniche ad oggi vigenti che trattano e vincolano le diagnosi energetiche in Italia. Come tutti i documenti normativi, esse costituiscono di fatto soltanto delle "linee guida" alla realizzazione di una diagnosi eseguita a regola d'arte.

Ciò che fa concretamente la differenza sono le capacità professionali (anche teoriche) e l'esperienza sul campo di cui l'Energy Auditor si è dotato negli anni. Egli, nell'eseguire le diagnosi, deve infatti:

- Possedere le competenze tecniche nei settori relativi ai diversi vettori energetici utilizzati dall'impresa cliente (ad esempio: energia elettrica, gas metano, biocombustibili, olio combustibile, energie rinnovabili, ecc.)
- Saper cogliere l'essenza di ogni processo produttivo analizzato

- Conoscere a fondo le tecnologie costruttive dei sistemi edificio-impianti relativi ai siti produttivi in analisi

- Avere competenze economico-finanziarie e nell'ambito dell'analisi del costo del ciclo di vita (LCCA, "Life Cycle Cost Assessment"), necessarie per effettuare nel miglior modo possibile le analisi costi-benefici degli interventi di riqualificazione energetica da proporre all'impresa cliente

- Sapersi rapportare sia con il management dell'impresa, che con gli impiegati dei diversi uffici che, infine, con i capireparto e gli operai presenti nelle differenti zone (produttive o meno) dei siti industriali analizzati

- Avere ottime doti di comunicazione e di sintesi verbale, necessarie per illustrare sia "cosa si farà", sia "cosa si sta facendo" sia, infine, "cosa è stato fatto" a tutte le persone coinvolte

- Conoscere a fondo i mercati dell'energia ed il loro funzionamento

- Essere informato ed adeguatamente aggiornato riguardo i differenti sistemi di incentivazione messi a disposizione delle imprese nell'ambito dell'efficienza energetica e delle fonti rinnovabili di energia

Come si intuisce facilmente, tutte queste caratteristiche possono dirsi acquisite soltanto dopo diversi anni di lavoro professionale nell'ambito qui trattato, ossia quello della gestione aziendale dell'energia. Certamente non si tratta di esperienze che si possono maturare semplicemente studiando a fondo la Normativa tecnica del settore. Né, se per questo, esclusivamente studiando i diversi manuali che, negli anni, sono stati pubblicati su tali argomenti. Quello che è certo è che, dal punto di vista operativo, poco o nulla può essere fatto applicando pedissequamente i contenuti delle Norme, i quali, come già evidenziato, costituiscono di fatto soltanto delle linee guida per la stesura delle diagnosi. Linee guida da rispettare alla lettera ma che non consentono di produrre un rapporto di diagnosi a regola d'arte.

Come accennato, in Letteratura esistono numerosissimi riferimenti bibliografici, non molti dei quali però concretamente utili allorché si tratta di andare "sul campo" e, successivamente, svolgere calcoli più o meno complessi e redigere infine il rapporto di diagnosi. Nel box dedicato sono raccolti alcuni riferimenti bibliografici scelti fra quelli che, a giudizio dell'Autore, costituiscono un insieme completo ed in grado di coprire tutti gli aspetti citati in precedenza.

Altro discorso riguarda i calcoli da eseguire e le misure da (eventualmente) effettuare in campo. Nel primo caso il mercato attuale offre veramente ben poco, soprattutto nel caso di diagnosi energetiche che debbano rispettare i vincoli dettati dal D.Lgs. 102/2014 e dai documenti normativi ad esso collegati (cfr. la seconda puntata). Nel secondo caso, al contrario, il mercato offre addirittura troppo, con proposte e costi estremamente variegati e differenziati.

In un contesto "caotico" come quello qui solamente accennato, l'ENEA ha avuto il merito, perlomeno, di "mettere ordine" nelle procedure operative per le diagnosi energetiche, fornendo anche una modalità di studio e simulazione tutto sommato abbastanza coerente con l'attuale Normativa e di implementazione non troppo complicata né "cervellotica", a patto che l'Energy Auditor l'abbia ben compresa e sia in grado di applicarla ed adattarla alle differenti situazioni che si trova ad affrontare.

Ci si riferisce al metodo analitico proposto dall'ENEA attraverso i documenti citati nella seconda parte del presente articolo, che qui si illustrerà appoggiandosi, per comodità e chiarezza, ad un esempio pratico, riferito ad una diagnosi energetica di recente condotta presso un'azienda cliente dell'autore del presente articolo. Per

FIGURA 1

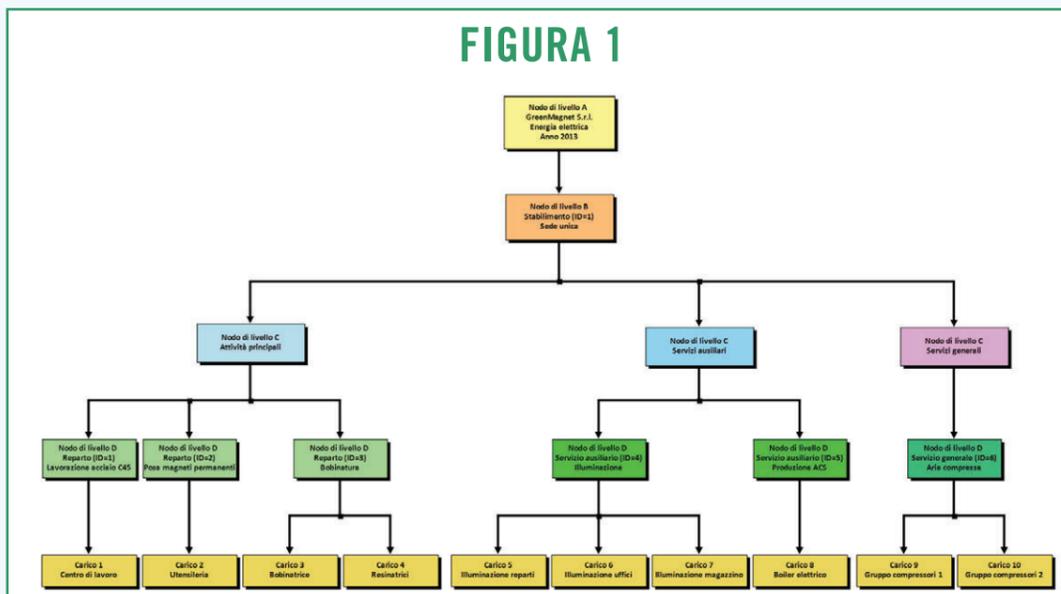
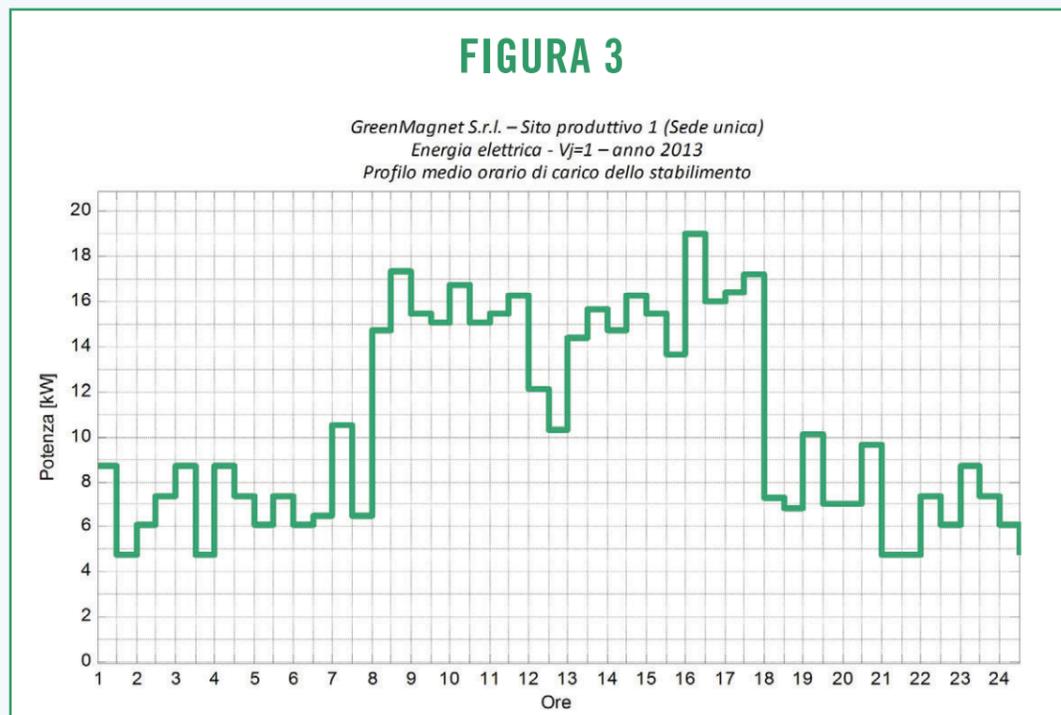


FIGURA 2

Consumi complessivi - Anno di riferimento: 2013									
Vettore energetico			Fattori di emissione		Potere cal. inferiore		Consumi annui totali		
Vj	Denominazione	UF	Valore	u.m.	Valore	u.m.	[UF]	[kWh]	[TEP]
1	Energia elettrica	kWh	0,000187	TEP/kWh	1,00	kWh/kWh	64.776,91	64.776,91	12,113
2	Gas metano	smc	0,00082	TEP/smc	9,59	kWh/smc	11.263,00	108.012,17	9,236
3	Olio combustibile	€	0,00093	TEP/€	10,85	kWh/€	588,00	6.379,80	0,547

FIGURA 3



## L'AUTORE

Francesco della Torre,  
ingegnere esperto in Gestione dell'Energia certificato UNI CEI 11339 e  
certificatore energetico Cened,

si occupa di efficienza energetica civile, industriale e per la pubblica amministrazione.

Ha creato e gestisce il portale informativo [www.bottegaenergia.com](http://www.bottegaenergia.com).

Cell. 340-54.66.462 - [ingfradt@gmail.com](mailto:ingfradt@gmail.com)



garantire la riservatezza dei dati presentati si è esplicitamente scelto di adottare dei nomi di fantasia per quanto riguarda i parametri sensibili quali la ragione sociale dell'impresa, la partita IVA, l'anagrafica societaria, ecc. Una diagnosi energetica eseguita ad opera d'arte deve però presentare contenuti aggiuntivi rispetto a quanto proposto dall'ENEA, altrimenti non risulta soddisfacente l'attuale Normativa né può essere di una qualche utilità all'impresa committente. Nel seguito verranno dunque presentati anche tali contenuti.

### IL MODELLO ENERGETICO AZIENDALE

Il "cuore" di una diagnosi energetica è il cosiddetto "modello energetico" relativo all'impresa cliente. Esso costituisce la base sulla quale costruire successivamente qualsiasi tipo di analisi (energetica, economica, ecc.) e con la quale analizzare i possibili interventi di miglioramento dell'efficienza energetica (e dunque anche economico-finanziaria) dell'impresa stessa.

Come anticipato, un modo coerente per procedere operativamente è quello suggerito dall'ENEA, ossia costruire il modello energetico aziendale suddividendolo per siti produttivi e, per ciascun sito, per vettore energetico. Ciò significa associare ad ogni vettore energetico utilizzato da ciascun sito uno specifico modello, detto in gergo "struttura energetica".

Un esempio di tale struttura è riportato in Fig. 1, dove è rappresentato il modello energetico relativo al vettore "energia elettrica" utilizzato in uno dei tre siti produttivi di proprietà di un'impresa energivora (dunque soggetta all'obbligo di diagnosi ex D.Lgs. 102/2014), qui denominata "GreenMagnet S.r.l.". Essa produce piani magnetici per l'ancoraggio di pezzi ferromagnetici ed è situata in provincia di Modena. Il sito produttivo qui considerato è quello principale dell'impresa, ove ha sede la produzione vera e propria, ed è costituito da tre reparti produttivi, un'area uffici e servizi ed un'area destinata a magazzino. Coerentemente con il modello proposto dall'ENEA, la struttura è suddivisa in cinque livelli, contrassegnati da altrettante lettere.

#### Livello A

È il livello più "alto" della struttura e costituisce, di fatto, il trait-d'union fra i differenti siti produttivi presi in esame. Tale livello deve come minimo essere caratterizzato dai seguenti dati:

- Anagrafica aziendale (sede legale, partita IVA e codice fiscale, rappresentante legale, numero di dipendenti, fatturato e utile relativi ai due anni precedenti quello della diagnosi, settore merceologico, ecc.)
- Classificazione dell'azienda (PMI, grande impresa, impresa a forte consumo di energia, ecc.)
- Periodo di riferimento dei dati considerati per la diagnosi energetica
- Elenco ed identificazione formale dei siti produttivi afferenti all'impresa
- Consumi complessivi aziendali, suddivisi per vettore energetico ed espressi in unità fisiche (UF), in kWh ed in Tonnellate Equivalenti di Petrolio (TEP)

Quando all'ultimo punto, in realtà l'ENEA tali informazioni con esclusivo riferimento a ciascun singolo sito produttivo, cioè con riferimento al livello B che verrà nel seguito descritto. È però chiaro che l'azienda ha tutto l'interesse nel disporre globalmente di tali dati, che dovranno dunque essere forniti all'interno del rapporto di diagnosi. La modalità con la quale fornire tali informazioni è simile a quella che verrà descritta per il livello B.

#### Livello B

Rappresenta il singolo sito produttivo e riassume globalmente i dati di utilizzo di tutti i vettori energetici in esso utilizzati. Tale informazione deve innanzitutto essere fornita per mezzo di una tabella che, coerentemente con quanto proposto dall'ENEA, è rappresentata in Fig. 2

per l'impresa qui considerata come caso di studio.

A tale tabella è bene affiancare dei grafici che consentono una visione immediata delle informazioni energetiche. L'insieme minimo di diagrammi da includere nel rapporto di diagnosi è costituito dai seguenti grafici:

- Profilo giornaliero medio orario di carico dello stabilimento, riferito ad ogni vettore energetico, rappresentato in Fig. 3 per l'energia elettrica. Tale diagramma riporta, sulla base di predeterminati intervalli temporali di campionamento (preferibilmente non superiori ai 30 minuti) l'andamento della potenza primaria necessaria per gli usi dello stabilimento, espressa in kWh. Esso rappresenta, di fatto, il profilo orario di una tipica giornata lavorativa.

- Andamento annuale dei consumi medi mensili totali, riportato relativamente all'esempio qui considerato in Fig. 4.

- Curva di durata del carico dello stabilimento. Si tratta di un diagramma (cfr. la Fig. 5 per il presente caso di studio) che rappresenta per quante ore giornaliere (asse delle ascisse) una determinata potenza primaria (asse delle ordinate) è stata richiesta dallo stabilimento per l'espletamento di tutte le attività lavorative. Tale diagramma si rivela fondamentale, ad esempio, per le analisi costo-benefici relative ad interventi di riqualificazione energetica che prevedono l'installazione di impianti ad energia rinnovabile oppure di cogenerazione/trigenerazione.

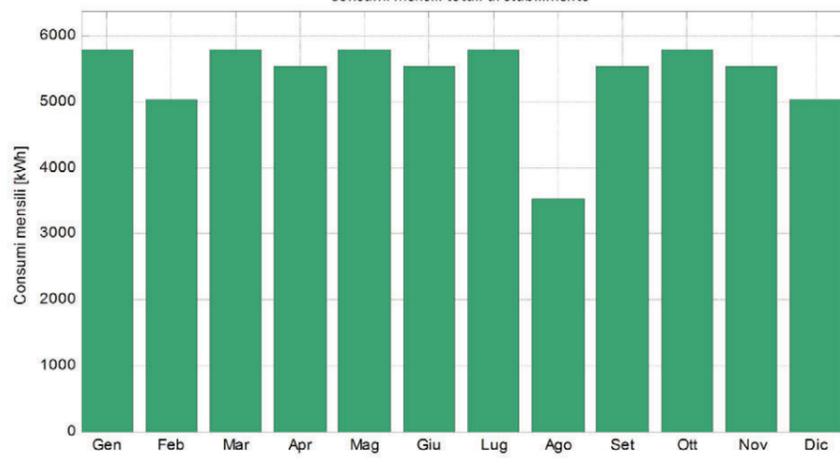
- Andamento mensile di quella che l'ENEA definisce come "Destinazione d'uso Generale" (DG). Si tratta di un dato mensile riassuntivo dello "scopo" per il quale l'impresa esiste e produce; esempi di DG sono la produzione in tonnellate, metri lineari o volumi (questi ultimi espressi in metri cubi o litri), i volumi di vendita (in Euro) per le imprese di servizi, ecc. In alcuni casi sporadici è utile esprimere la DG in "numero di pezzi prodotti"; per la verità l'ENEA sconsiglia esplicitamente tale scelta, ma è ormai assodato come essa risulti invece imprescindibile in alcuni contesti. È proprio questo il caso dell'esempio qui considerato, dove la DG è espressa in "numero di piani prodotti" (Np), come risulta dalla Fig. 6.

- Andamento mensile dell'indice generale di prestazione energetica (Ipg) del vettore considerato, espresso come rapporto fra il consumo mensile totale di tale vettore ed il valore della DG relativo al medesimo mese (Fig. 7). È utile conoscere anche il valore su base annua di tale indice, peraltro richiesto esplicitamente dall'ENEA nell'ambito delle diagnosi energetiche ex D.Lgs. 102/2014. Tale indice deve inoltre essere confrontato con l'indice medio del mercato di riferimento per l'impresa, di modo da poter valutare se i consumi aziendali, normalizzati rispetto alla propria produzione, sono in linea o meno con tale valore.

- Breakdown energetico dei consumi del vettore considerato, in base alla suddivisione adottata per il livello C (cfr. la Fig. 8 per il presente caso di studio). Tale diagramma è fondamentale per avere una prima idea delle quote di consumo del vettore allocabili alle voci "Attività principali", "Servizi ausiliari" e "Servizi generali" e poter così iniziare a

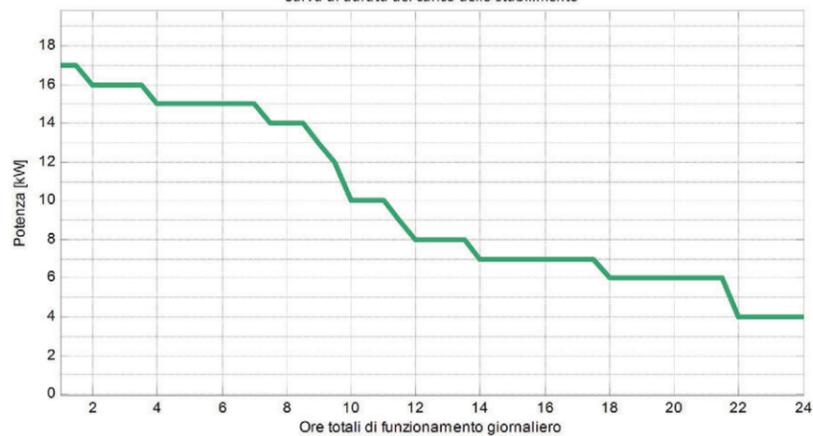
### FIGURA 4

GreenMagnet S.r.l. - Sito produttivo 1 (Sede unica)  
Energia elettrica - Vj=1 - anno 2013  
Consumi mensili totali di stabilimento



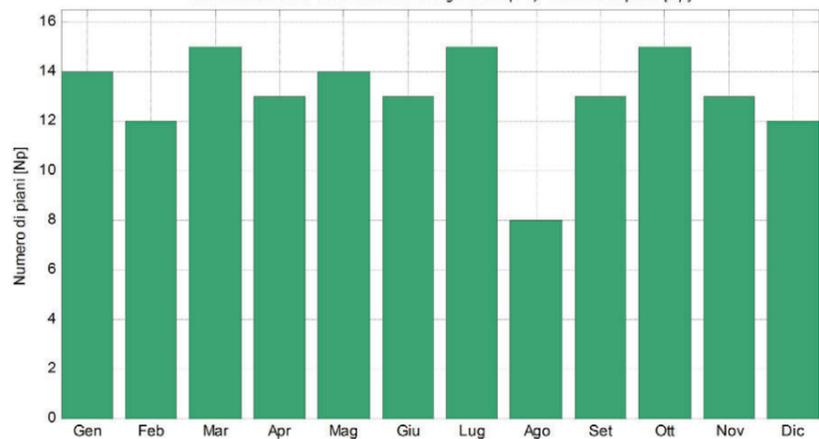
### FIGURA 5

GreenMagnet S.r.l. - Sito produttivo 1 (Sede unica)  
Energia elettrica - Vj=1 - anno 2013  
Curva di durata del carico dello stabilimento



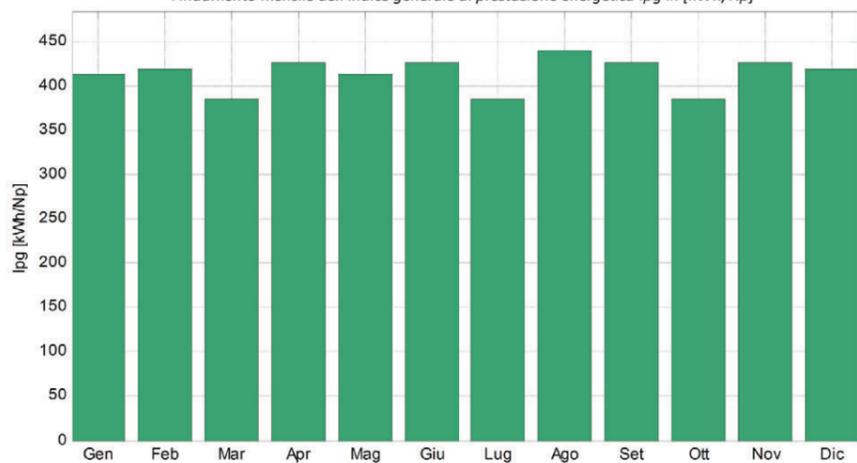
### FIGURA 6

GreenMagnet S.r.l. - Sito produttivo 1 (Sede unica)  
Energia elettrica - Vj=1 - anno 2013  
Valori mensili della destinazione d'uso generale (DG) - Numero di piani [Np]



### FIGURA 7

GreenMagnet S.r.l. - Sito produttivo 1 (Sede unica)  
Energia elettrica - Vj=1 - anno 2013  
Andamento mensile dell'indice generale di prestazione energetica Ipg in [kWh/Np]



# EFFICIENZA E RISPARMIO ENERGETICO

comprendere a quali settori sono dovuti i maggiori consumi.

- Diagramma a torta che sintetizza i consumi energetici complessivi, espressi tutti nella medesima unità di misura (normalmente in kWh o TEP) e l'allocazione dei consumi dovuti ai singoli vettori energetici utilizzati dal sito produttivo allo studio (cfr. la Fig. 9). Tale rappresentazione è molto utile per comprendere, in modo diretto ed immediato, quali sono i vettori energetici maggiormente utilizzati dal sito produttivo, anche se non fornisce alcuna indicazione sull'effettiva efficienza di tali utilizzi. Tale informazione viene quindi resa nota all'interno dei successivi livelli della struttura energetica aziendale.

- Curva di performance energetica del sito produttivo, con riferimento ai singoli vettori energetici utilizzati (cfr. la Fig. 10 per il presente caso di studio e per l'energia elettrica).

L'ultimo diagramma sopra indicato è di fatto il più importante di tutti e riporta contemporaneamente due rappresentazioni. La prima, di tipo puntuale, si basa sulle coppie mensili di valori consumo energetico/DG. La seconda è ricavata per regressione lineare della prima e, se i dati sono stati acquisiti ed elaborati in modo corretto (con

anche le dovute normalizzazioni), può costituire un vero e proprio modello energetico del sito produttivo (con riferimento al vettore preso in considerazione), utilizzabile non solo per la diagnosi energetica ma anche, ad esempio. Per la predisposizione del ciclo plan-do-check-act (ciclo dei Deming) richiesto per i sistemi di gestione dell'energia conformi alla Norma UNI CEI EN ISO 50001. Di fatto, costruito un valido modello energetico di questo tipo, il management aziendale sarà in grado di prevedere con una sufficiente precisione i consumi di un determinato vettore energetico per uno specifico sito produttivo a partire dal dato previsto per la produzione (ossia a partire dal valore di DG in ascissa del diagramma). La bontà o meno del modello così costruito è riassunta dal coefficiente di correlazione  $r$ , che esprime quanto il modello fornito dalla regressione lineare ben rappresenta i punti reali fornite dalle coppie mensili di valori consumi energetici/DG; tanto più il coefficiente  $r$  si avvicina all'unità, tanto più il modello è "corretto". Per quanto riguarda il caso di studio qui preso come esempio (cfr. ancora la Fig. 10), si è ottenuto un coefficiente di correlazione adeguato, pari a 0,93.

## Livello C

Consente una prima suddivisione generale degli utilizzi energetici di uno specifico vettore, organizzata in tre specifiche macro-aree:

- Attività principali, ossia quelle attività strettamente correlate alla DG e normalmente intese come "core business" dall'impresa
- Servizi ausiliari, cioè quelle attività che pur strettamente collegate a quelle principali non presentano fabbisogni energetici ad esse puntualmente correlabili. Rientrano in questa categoria, ad esempio, l'illuminazione, il riscaldamento, la climatizzazione estiva, ecc.
- Servizi generali, categoria nella quale rientrano le attività di trasformazione del vettore energetico in esame in altri vettori energetici "secondari", a loro volta utilizzati nell'ambito delle attività principali. Rientrano in questa categoria, ad esempio, la produzione di aria compressa, le centrali frigorifere e termiche la cui energia è utilizzata per i processi produttivi, le stazioni di pompaggio, ecc.

Anche per questo livello è consigliabile predisporre dei diagrammi e delle tabelle rappresentative di dati ed informazioni rilevati. I più significativi fra questi sono certamente i grafici a torta che esprimono il breakdown energetico dei consumi di ciascuna area; chiaramente tale rappresentazione è possibile solo per quei "nodi" di livello C a cui sono connessi almeno due "nodi" di livello D; nel presente caso di studio, ad esempio, il breakdown energetico è stato evidenziato per i nodi relativi alle attività principali ed ai servizi ausiliari, ma non per i servizi generali (cfr. la Fig. 11).

## Livello D

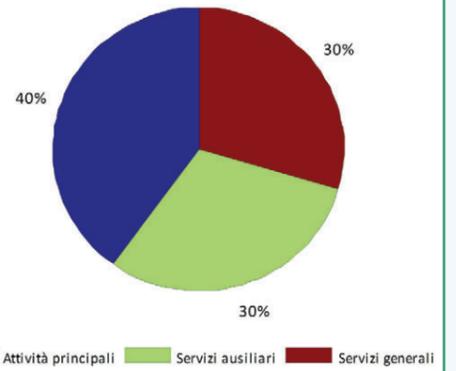
Consente, per ciascuna area di livello C, il raggruppamento dei carichi (livello E) secondo coerenti aree funzionali di utilizzo. In pratica, si tratta di raggruppare i carichi presenti nel sito produttivo di modo che ciascun gruppo sia riferito o ad una specifica fase del processo produttivo oppure ad una specifica area di utilizzo (uffici, magazzino, ecc.) oppure, ancora, ad uno specifico reparto di produzione.

Per ciascun "nodo" di livello D è necessario definire una destinazione d'uso specifico (DS) con le stesse modalità già richiamate in precedenza per la definizione della DG. Si sottolinea che la DS di un "nodo" D può anche non aver alcuna correlazione con la DG; ad esempio, per il servizio generale "riscaldamento" si è soliti riferirsi alla DG espressa in termini di gradi giorno (spesso considerando quelli di tipo effettivo).

Esattamente come per l'indice Ipg, per ciascun "nodo" D viene calcolato, su

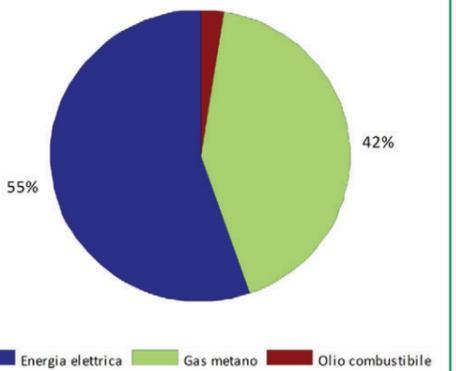
## FIGURA 8

GreenMagnet S.r.l. – Sito produttivo 1 (Sede unica)  
Energia elettrica - Vj=1 – anno 2013  
Breakdown energetico annuale dello stabilimento



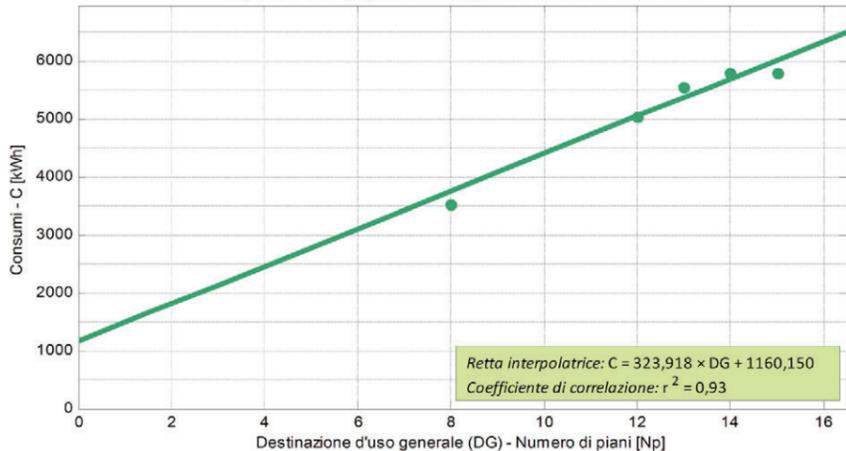
## FIGURA 9

GreenMagnet S.r.l. – Sito produttivo 1 (Sede unica)  
Tutti i vettori – anno 2013  
Breakdown energetico annuale dello stabilimento  
2%



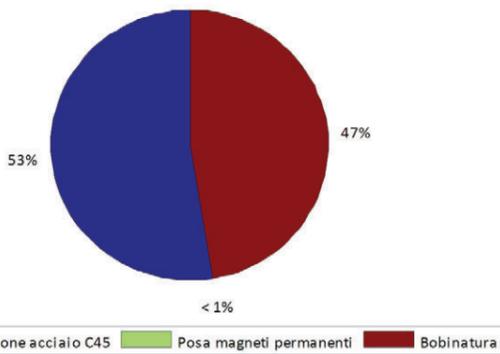
## FIGURA 10

GreenMagnet S.r.l. – Sito produttivo 1 (Sede unica)  
Energia elettrica - Vj=1 – anno 2013  
Diagramma della performance energetica annuale dello stabilimento

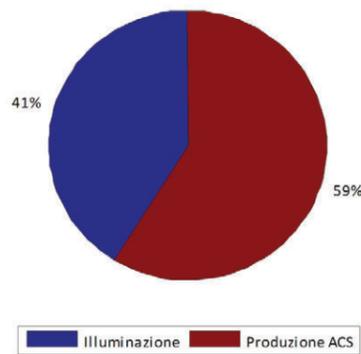


## FIGURA 11

GreenMagnet S.r.l. – Sito produttivo 1 (Sede unica)  
Energia elettrica - Vj=1 – anno 2013  
Breakdown energetico attività principali (liv. C, ID=1\*1)

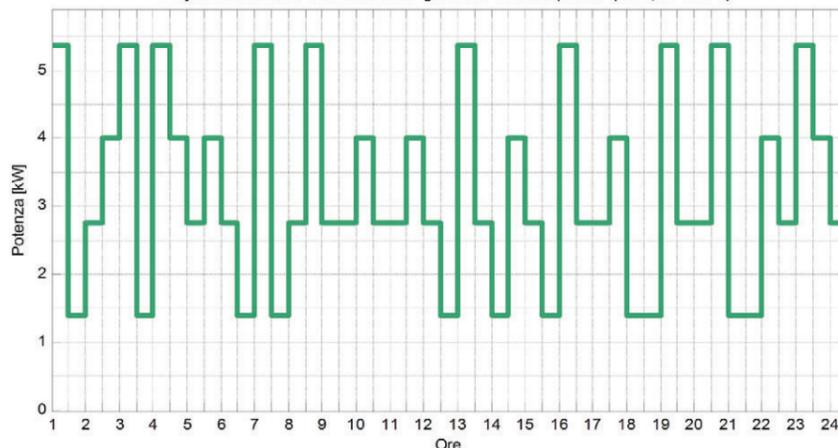


GreenMagnet S.r.l. – Sito produttivo 1 (Sede unica)  
Energia elettrica - Vj=1 – anno 2013  
Breakdown energetico servizi generali (liv. C, ID=1\*3)



## FIGURA 12

GreenMagnet S.r.l. – Sito produttivo 1 (Sede unica)  
Energia elettrica - Vj=1 – anno 2013  
Profilo medio orario di carico servizio generale "Aria compressa" (liv. D, ID=1\*3\*6)



base mensile ed annuale, un indice specifico di prestazione energetica (Ips); per essi non è semplice né immediato effettuare un confronto con i valori medi del mercato di riferimento, sia per la generale mancanza fattiva di dati pubblici necessari per tale confronto, sia perché, molto spesso, gli indici Ips sono talmente influenzati da molteplici parametri "esogeni" da rendere tale confronto poco significativo. Per contro, gli indici Ips possono essere utilizzati proficuamente nell'ambito dei sistemi di gestione dell'energia conformi alla Norma UNI CEI EN ISO 50001.

Anche in questo caso può essere utile esporre le informazioni energetiche attraverso l'utilizzo di tabelle e diagrammi; ad esempio, con riferimento al presente caso di studio, si riporta in Fig. 12 il diagramma di carico medio orario della centrale di produzione dell'aria compressa. Una rappresentazione molto utilizzata a questo livello è il diagramma di Sankey (detto anche "diagramma a fiume"; cfr. la Fig. 13 per il presente caso di studio). Esso rappresenta in un modo grafico di comprensione del tutto immediata i flussi energetici del vettore utilizzato, a partire dal livello A fino al livello D. Normalmente si evita di inserire in tale diagramma il Livello E, per non complicarlo eccessivamente e perdere di conseguenza l'immediatezza propria di tale rappresentazione.

## Livello E

Tale livello non è esplicitamente citato dalla documentazione dell'ENEA. Rappresenta in ogni caso il livello di maggior dettaglio, per il quale è necessario un attento e molto accurato sopralluogo sul campo, eventualmente supportato da misure "spot" e/o monitoraggi continui dei consumi energetici.

Lo scopo ultimo è quello di compilare la cosiddetta "anagrafica dei carichi", che normalmente viene riassunta attraverso una tabella simile a quella riportata in Fig. 14.

## LE STRATEGIE DI EFFICIENTAMENTO ENERGETICO

Un rapporto di diagnosi energetica deve concludersi – e questo è obbligo esplicitamente previsto sia dal D.Lgs. 102/2014, sia dalla Normativa tecnica – con una sezione che tratta i possibili interventi migliorativi da intraprendere per aumentare l'efficienza energetica aziendale (e dei singoli siti produttivi, nel caso di imprese multisito). Ciascun intervento deve essere schematizzato sia in termini di costi e benefici economici, sia attraverso opportuni parametri finanziari che consentano al management aziendale un'agevole valutazione degli investimenti necessari (pay-back time attualizzato, tasso interno di rendimento, valore attuale netto, ecc.).

**RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

- A. Pareschi, "Impianti meccanici per l'industria", Società Editrice Esculapio, Bologna, 2012
- AA.VV., Encon Services, "Energy efficiency and Energy management handbook" (disponibile anche on-line in versione PDF)
- European Environment Agency, "Life Cycle Assessment - A guide to approaches, experiences and information sources", Environmental Issues Series, n. 6, 1997
- F. Beretta, F. De Carlo, V. Introna, D. Saccardi, "Progettare e gestire l'efficienza energetica", McGraw-Hill, Milano, 2012
- G. Golino, G. Lpparoti, "Impianti termotecnici", Hoepli, Milano, 2012
- N. Di Franco, "Introduzione, all'analisi economica degli investimenti", ENEA, 2007
- P. Romano, F. Sgobbi, S. Zanfrini, "La valutazione degli investimenti", Società editrice Esculapio, Bologna, 2008
- S. K. Fuller, S. R. Petersen, "Life-cycle costing manual for the Federal Energy Management Program", NIST Handbook 135, U.S. Department of Energy, 1995
- V. R. Reddy, M. Kurian, R. Ardakanian, "Life-cycle cost approach for management of environmental resources", Springer-Verlag, Berlino, 2015
- V. Ruaro, "Life-cycle cost analysis (con esempi applicativi)", disponibile on-line in versione PDF
- Z. M. Morway, D. D. Gvozdenac, "Applied industrial Energy and environmental management", John Wiley and Sons, Chichester (UK), 2008

infine, smaltire un certo "bene" (inteso come impianto produttivo, centrale di produzione energetica, ecc.) sono considerati tutti potenzialmente importanti per prendere una determinata decisione (cioè se investire o meno in un particolare progetto). Il LCCA consente dunque di determinare il costo attualizzato globale di un certo "bene", considerando in suo intero ciclo di vita, dal momento in cui viene acquistato dall'impresa a quello in cui, cessata la propria vita tecnica, viene smaltito.

Di fatto, in parte, l'analisi di LCCA consente di riorganizzare in modo adeguato le informazioni già

Si riportano in Fig. 15 alcuni interventi tipici del settore industriale, assieme ai relativi valori medi del pay-back time e dei risparmi attesi. Per ciascuno di tali interventi si è soliti riassumere i risultati ottenuti dall'analisi costi-benefici in una scheda sintetica, la cui prima pagina è riportata in Fig. 16-a; a tale scheda si affianca un'accurata descrizione dei costi previsti e dei parametri sopra richiamati. Da specificare che tutti i calcoli debbono essere attualizzati in base ad una ragionevole previsione - spesso decennale - riguardante il costo del denaro e l'inflazione incidente sul costo del vettore energetico analizzato. Tali analisi sono ormai note a tutti i professionisti e, anche per ragioni di spazio, non verranno qui richiamate.

Il modo più efficace per comunicare al management aziendale i possibili interventi attuabili e per fornire contemporaneamente alcuni elementi di base per favorire il processo decisionale è quello di utilizzare un diagramma a bolle come quello riportato in Fig. 17, che riguarda tutti gli interventi esposti in Fig. 15. Con esso si possono contemporaneamente rappresentare per ogni intervento tre parametri, ossia il pay-back time attualizzato (ascisse), la complessità dell'intervento (ordinate) ed i potenziali risparmi, proporzionali al raggio delle "bolle" che rappresentano i singoli interventi. La complessità è da intendersi sia di tipo tecnico sia di tipo economico; nel primo caso la valutazione viene fatta in base all'esperienza dell'Energy Auditor, nel secondo in base ai prezzi medi di mercato ed all'analisi costi-benefici vera e propria, con particolare riferimento al TIR.

**IL LIFE CYCLE COST ASSESSMENT**

L'analisi del costo del ciclo di vita (LCCA, "Life Cycle Cost Assessment" o "Life Cycle Cost Analysis") è un metodo di valutazione economico-finanziaria degli investimenti e può dunque essere proficuamente utilizzato anche per quelli riguardanti gli interventi di efficientamento energetico.

Con tale metodo i costi derivanti dall'acquistare (o progettare e costruire), possedere, utilizzare, mantenere e,

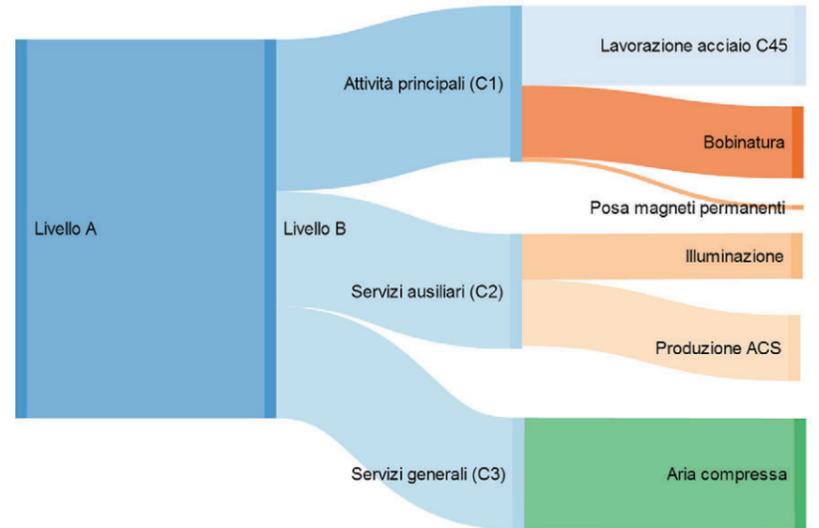
utilizzate per la classica analisi costi-benefici di cui al paragrafo precedente, ma i punti comuni fra le due analisi finiscono essenzialmente qui. L'analisi LCCA è prevista esplicitamente dal D.lgs. 102/2014 (si riveda la seconda puntata del presente articolo), ma poi essa è "misteriosamente sparita" dalla successiva documentazione predisposta dell'ENEA. In ogni caso essa non solo è richiamata dalla Normativa tecnica di settore, ma costituisce uno dei più validi strumenti da offrire al management aziendale per consentire una scelta critica e ben ponderata degli investimenti da effettuare in ambito energetico. Non è possibile, per ragioni di spazio, trattare tale metodologia all'interno del presente articolo. Ci si limita a ricordare che gli indicatori considerati dovrebbero essere almeno il Life Cycle Cost, il Net Saving, l'Operational Saving, l'Additional Investment Cost, il Saving to Investment Ratio ed infine l'Adjusted Internal Rate of Return. Per maggiori dettagli si rimanda ai riferimenti citati nel box della bibliografia.

Anche in questo caso gli esiti del LCCA vengono spesso sintetizzati attraverso opportune schede informative, basandosi sulle quali l'impresa cliente può confrontare fra loro le diverse strategie di efficientamento proposte. In tal senso, dunque, il LCCA e l'analisi finanziaria costi-benefici sono da intendersi come metodi complementari, la cui applicazione simbiotica consente una valutazione degli investimenti "a tutto campo".

In Fig. 16-b si riporta la scheda LCCA relativa al medesimo investimento di cui alla scheda finanziaria di Fig. 16-a. Da notare la presenza, per entrambe, di un sistema di indicatori posti subito a destra del titolo, in evidenza; questo è uno dei differenti modi con i quali è possibile comunicare in modo immediato al management aziendale i contenuti della scheda informativa.

**FIGURA 13**

GreenMagnet S.r.l. - Sito produttivo 1 (Sede unica)  
Energia elettrica - Vj=1 - anno 2013  
Diagramma di Sankey



**FIGURA 14**

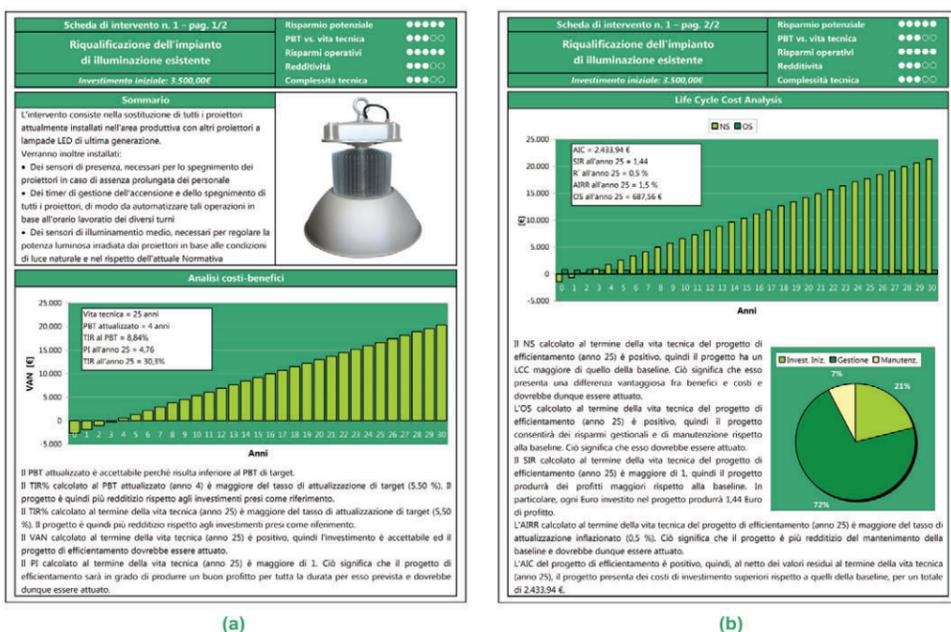
ID del carico	Denominazione	Nodo D di afferenza	Anni di vita	Anno di installaz.	Numero di carichi	Coeff. di contempor. [-]	Potenza nominale [kW]	Potenza in stand-by [kW]	Rendimento nominale [%]	Fattore di carico [%]	Ore annue di funzion. [ore]	Consumo totale anno 2013 [kWh]	Tipo di misura
1-1-1-1	Centro di lavoro	Lavorazione acciaio C45 (Reparto, LD=1-1-1)	5	2010	1	1	5,12	1,2	99,83	85,4	2.200	13.660	Spot
1-1-2-2	Utensileria	Posa magneti permanenti (Reparto, LD=1-1-2)	15	2014	30	0,1	0,5	0	100	0,1	2.200	3.277	Calcolo
1-1-3-3	Bobinatrice	Bobinatura (Reparto, LD=1-1-3)	5	2010	1	1	1	0	100	90	2.200	1.966	Calcolo
1-1-4-4	Resinatrice	Bobinatura (Reparto, LD=1-1-4)	10	2003	5	0,25	3,65	2,2	97	50	1.700	10.300	Spot
1-2-4-5	Illuminazione reparti	Illuminazione (Servizio ausiliario, LD=1-2-4)	15	2000	25	0,85	0,12	0	100	100	2.600	6.554	Monitor.
1-2-4-6	Illuminazione uffici	Illuminazione (Servizio ausiliario, LD=1-2-4)	15	2000	5	1	0,07	0	100	91	2.200	715,6	Calcolo
1-2-4-7	Illuminazione magazzino	Illuminazione (Servizio ausiliario, LD=1-2-4)	15	2000	13	0,5	0,07	0	100	91	1.400	602	Calcolo
1-2-5-8	Boiler elettrico	Produzione ACS (Servizio ausiliario, LD=1-2-5)	5	2010	1	1	3	1	85	76	3.200	11.260	Spot
1-3-6-9	Gruppo compressori 1	Aria compressa (Servizio generale, LD=1-3-6)	15	2000	5	0,25	1,8	0,3	89	65	3.500	6.440	Monitor.
1-3-6-10	Gruppo compressori 2	Aria compressa (Servizio generale, LD=1-3-6)	3	2012	2	0,85	2,5	0,75	98	86	2.400	13.280	Monitor.

**FIGURA 15**

Strategie di efficientamento	Pay-back time [anni]	Complessità intervento (da 1 a 5)	Risparmi attesi [%]
Adozione di un Sistema di Gestione dell'Energia	1,8 - 2,2	5	6 - 9,8
Addestramento del personale ad un uso più corretto dell'energia	0,1 - 0,3	1	5 - 12
Cambio del fornitore di energia elettrica	0,1 - 0,3	1	14 - 19,5
Efficientamento dei sistemi di illuminazione	1 - 2,5	2,5	30 - 65
Eliminazione o massima riduzione delle perdite in circuiti ad aria compressa	1,6 - 2	2	15v25
Installazione di impianti di cogenerazione	10 - 18	5	35 - 48
Installazione di impianti solari termici asserviti ai processi	4 - 8	3	28 - 43
Installazione di UPS ad alta efficienza	6 - 10	3	2 - 5,2
Installazione di impianti di rifasamento	1,1 - 1,5	2	30 - 40
Recupero di calore in dispositivi per la produzione di energia refrigerante	8 - 12	4	65 - 90
Sostituzione di motori elettrici con altri a più elevata efficienza	6 - 10	2	2,8 - 4,7
Utilizzo di inverter per l'azionamento di macchine a processo continuo	1,1 - 1,5	3	9 - 13,1

Fonte: rielaborazione ing. Francesco Della Torre su dati dell'Energy & Strategy Group del Politecnico di Milano

**FIGURA 16**



**FIGURA 17**

