



Ricerca di Sistema elettrico

Valutazione del potenziale di risparmio energetico nelle PMI mediante un'applicazione informatica

*G. Nardin, P.L. Montessoro, E. Toppano, P. Simeoni
G. Ciotti, F. Dal Magro, Y. Alvarez*

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI RISPARMIO NELLE PMI PREDETERMINATA DA UN SISTEMA INFORMATICO DI PRE-AUDIT

G. Nardin, P.L. Montessoro, E. Toppo, P. Simeoni, G. Ciotti, F. Dal Magro, Y. Alvarez (Università di Udine, Dipartimento Politecnico di Ingegneria e Architettura - DPIA)

Settembre 2016

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2015

Area: Efficienza energetica e risparmio di energia negli usi finali elettrici e interazione con altri vettori energetici

Progetto: Processi e macchinari industriali

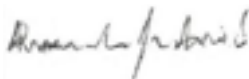
Obiettivo: Metodologia per la caratterizzazione di processi industriali energivori: benchmark e valutazione dei potenziali di risparmio energetico

Responsabile del Progetto: Ilaria Bertini, ENEA



Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di collaborazione "Valutazione del potenziale di risparmio nelle pmi predeterminata da un sistema informatico di pre-audit"

Responsabile scientifico ENEA: Alessandro Federici



Responsabile scientifico Università di Udine, DPIA: Gioacchino Nardin



Si ringrazia il dott. Federico Collaone per l'organizzazione ed elaborazione dei dati dei casi studio

Indice

Indice	3
Sommario.....	4
1 Introduzione.....	5
2 Descrizione delle attività svolte e risultati	6
2.1 L'analisi normativa e la definizione degli utenti di SPAS.....	6
2.2 Il modello SPAS.....	11
2.3 Casi studio	30
2.4 Linee Guida per la per la realizzazione di un sistema informatico a supporto del metodo SPAS.....	36
2.4.1. Approccio basato su una ontologia (informale) di dominio	36
2.4.2 Progettazione centrata sull'utente	38
2.4.3 Attenzione alle problematiche orientate alla sicurezza, disponibilità, interoperabilità del sistema informatico	38
2.4.4 Ricadute in termini di trasferimento della conoscenza mediante iniziative di formazione basate su e-learning	38
3 Conclusioni	39
4 Riferimenti bibliografici.....	40
Breve curriculum scientifico dei membri del gruppo di lavoro	41

Sommario

Il lavoro descritto nel presente rapporto rappresenta le attività preliminari svolte ai fini della progettazione e sviluppo di un software informatico, denominato SPAS (acronimo di Software di Pre Audit di Sistema o *System Pre-Auditing Software*), che, partendo dalle informazioni fornite via web dalle figure preposte all'audit e dal codice NACE/ATECO della generica PMI, fornisca alle aziende un report con gli indicatori di benchmark e le soluzioni per il miglioramento delle proprie performance energetica quantificandole in termini energetici, economici ed ambientali.

Nella relazione è riportata in primo luogo una breve analisi della legislazione e della normativa, condotta per individuare le figure preposte alla effettuazione dell'audit all'interno delle aziende che rappresenteranno gli utenti del software SPAS. Sono state riassunte le aree di competenza al fine di individuare le necessità delle diverse tipologie di utenti che determinano le restrizioni d'uso del software e la struttura e i contenuti del report di sintesi delle misure di efficienza adottabili. Si è poi passati alla descrizione dell'approccio metodologico e alla spiegazione del metodo con l'esplicitazione degli algoritmi per il calcolo delle misure di efficientamento energetico.

Per validare la correttezza dell'approccio SPAS, è stato applicato al contesto delle aziende della produzione di carne (codice ATECO C. 10.13) in particolare ai prosciuttifici della zona di San Daniele: oltre alla sintesi energetica, è stato applicato il metodo valutando i risparmi energetici conseguibili attraverso una serie di interventi di efficientamento energetico suggeriti e le relative analisi costi-benefici. Si è poi estesa l'analisi all'intero distretto agro-industriale. Per verificare la generalità del metodo, lo si è applicato anche ad un contesto civile energivoro: il settore ospedaliero.

Alla luce dei risultati ottenuti, l'approccio SPAS si è dimostrato idoneo a stimare con sufficiente accuratezza le misure di efficientamento e a proporre interventi di sistema. Il metodo SPAS può quindi essere utilizzato (una volta implementato) sia in fase di individuazione di misure di efficientamento fornendo un report automatico, e quindi come strumento di lavoro per le varie figure professionali che a vario titolo sono coinvolte nel contenimento degli usi energetici nei cicli produttivi, sia come strumento per il supporto alle decisioni in fase di pianificazione di bacini energetici.

1 Introduzione

Nel presente rapporto si descrive il lavoro realizzato nell'ambito dell'Accordo di Collaborazione tra ENEA e Università di Udine, Dipartimento Politecnico di Ingegneria e Architettura (DPIA), in seno all'Accordo di Programma MSE-ENEA sulla Ricerca di Sistema Elettrico, Piano Annuale di Realizzazione 2015, Area "efficienza energetica e risparmio di energia negli usi finali elettrici e interazione con altri vettori energetici", Progetto "Efficienza energetica nel settore industria", Obiettivo "Valutazione del potenziale di risparmio nelle PMI determinato da un sistema informatico di pre-audit"

L'obiettivo della ricerca è stata l'individuazione del modello per effettuare un pre-audit energetico "inside box" (ovvero indagando la struttura di consumi energetico ed ambientale in relazione alle aree funzionali - di processo, generali e ausiliari) con la modellizzazione del calcolo delle Misure di Efficientamento Energetico (MEE) nelle PMI per una successiva fase di progettazione e implementazione software. L'obiettivo ultimo è quello di fornire prime ontologie e linee guida per creare un tool che serva da strumento di lavoro per le figure preposte dalla legge a condurre un audit energetico, che crei un report conforme con le modalità previste dalle normative tecniche e che dia informazioni idonee per le richieste di incentivazioni per interventi inerenti il risparmio energetico previsti dai recenti aggiornamenti legislativi e normativi

La presente relazione sintetizza le attività ed è articolata come sintetizzato in figura 1 nella quale sono riportati anche gli sviluppi futuri. In primo luogo sono stati analizzati i contenuti delle norme tecniche e leggi di riferimento al fine di individuare coerentemente le figure che effettuano la raccolta dei dati e l'audit che, di fatto riemergeranno essere gli utenti del tool informatico, e una analisi dei vari metodi di pre audit energetici disponibili sul web sintetizzando le lacune. Output di tale fase è una specifica del modello degli utenti che useranno l'applicazione. Verranno identificati e classificati i ruoli degli utenti potenziali del sistema e definiti i requisiti funzionali e non funzionali dell'applicazione. Successivamente viene definito il modello e vengono riportati i casi studio nei quali il modello è stato applicato. Infine sono riportate delle linee guida per la progettazione e realizzazione del tool. L'obiettivo è infatti quello di fornire le basi per creare un tool che serva da strumento di lavoro per le figure preposte dalla legge a condurre un audit energetico, che crei un report conforme con le modalità previste dalle normative tecniche e che dia informazioni idonee per le richieste di incentivazioni per interventi inerenti il risparmio energetico previsti dai recenti aggiornamenti legislativi e normativi

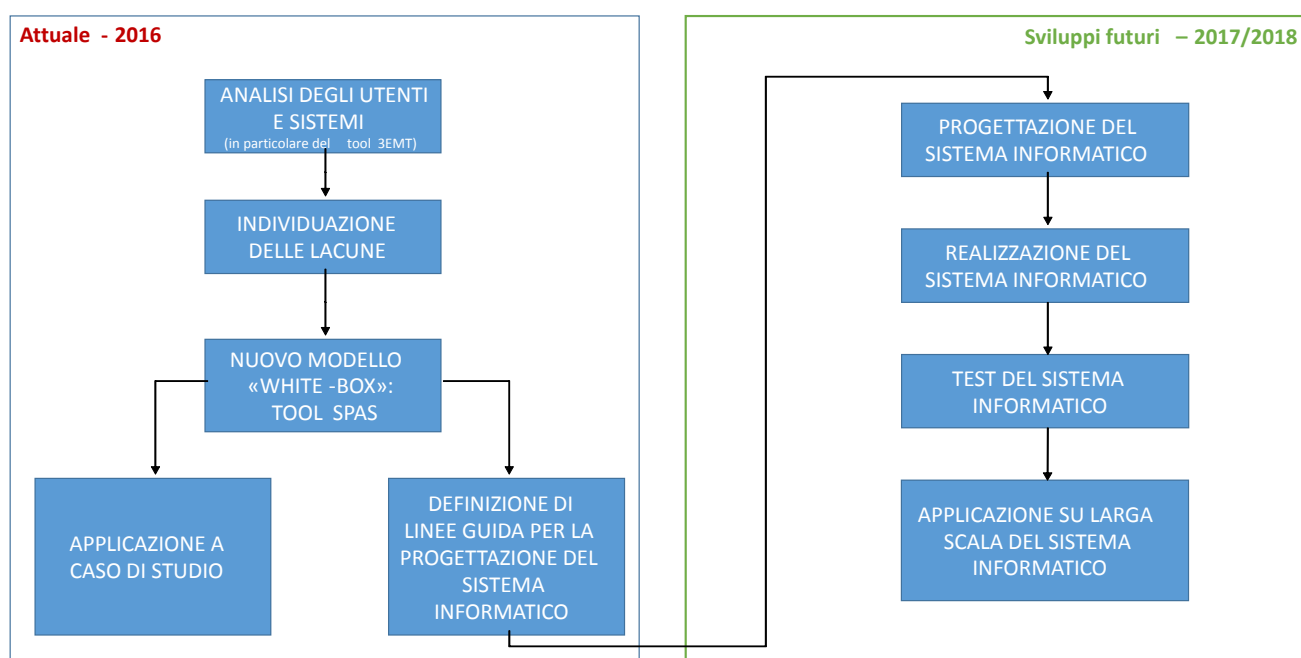


Figura 1 – Sintesi delle attività e degli sviluppi futuri

2 Descrizione delle attività svolte e risultati

Nel capitolo seguente sono descritte in dettaglio le attività svolte. In primo luogo si è condotta un'analisi legislativa per individuare gli utenti del tool. La volontà, infatti, è quella di fornire le basi per creare un tool che serva da strumento di lavoro per le figure preposte dalla legge a condurre un audit energetico, che crei un report conforme con le modalità previste dalle normative tecniche e che dia informazioni idonee per le richieste di incentivazioni per interventi inerenti il risparmio energetico previsti dai recenti aggiornamenti legislativi e normativi. Successivamente si sono analizzati vari tool presenti sul web al solo fine di individuare la coerenza con le necessità previste dalla legislazione e dalla normativa.

Si è poi descritto il modello di calcolo per l'individuazione e la valutazione degli interventi di efficientamento energetico nelle piccole e medie imprese di ogni settore con gli algoritmi di calcolo. Tale modello si basa sull'introduzione della caratterizzazione impiantistica mediante il codice NACE/ATECO per creare un tool di tipo *white box* che superi i limiti dell'approccio degli attuali metodi di pre-audit (di tipo *black box*) che producono indicatori di benchmark solo generali e difficilmente informano sulle potenzialità di efficientamento energetico, economico ed ambientale. Vengono riportati l'approccio, la struttura e gli algoritmi di calcolo.

2.1 L'analisi normativa e la definizione degli utenti di SPAS

Le istituzioni europee perseguono due obiettivi per garantire la sicurezza degli approvvigionamenti: la promozione dell'autosufficienza energetica, soprattutto tramite lo sviluppo di fonti alternative ai combustibili fossili, e il contenimento della domanda di energia. Per quanto riguarda il contenimento dei consumi numerose sono le emanazioni tra le quali si annoverano, rilevanti per lo studio, la Direttiva 2006/32/UE [1] sull'efficienza degli usi finali dell'energia e dei servizi energetici e la successiva Direttiva 2012/27/EU [2] che fornisce le indicazioni per incrementare la diffusione dell'utilizzo delle diagnosi energetiche ponendo enfasi sulla comunicazione e sull'informazione. A livello nazionale le direttive sono state recepite con i decreti D.Lgs. 115/08 [3] e D.Lgs. 102/14 [4].

In particolare il D.Lgs. 115/08 di recepimento della Direttiva 2006/32/CE:

- introduce l'audit definendola come una procedura sistematica finalizzata a *ottenere un'adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico* di un edificio o gruppo di edifici, di una attività o impianto industriale o commerciale o di servizi pubblici o privati, a *individuare e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici* e a riferire in merito ai risultati;
- affida all'ENEA il compito di costituire un'Agenzia che avrà la funzione, tra l'altro, di raccogliere i dati relativi ai risultati conseguiti a livello nazionale e locale relativamente all'efficienza energetica e di monitorare i principali provvedimenti attivi per promuovere la diffusione di interventi e lo sviluppo del mercato energetico;
- definisce le figure operanti nel campo dei servizi energetici:
 - La ESCO: persona fisica o giuridica che fornisce servizi energetici e/o altre misure di miglioramento dell'efficienza energetica dell'utente accettando un certo margine di rischio finanziario. Il pagamento dei servizi forniti si basa (totalmente o parzialmente) sul miglioramento dell'efficienza energetica conseguito e sul raggiungimento degli altri criteri di rendimento stabiliti.
 - La Società di Servizi Energetici (SSE/ESPCo): soggetto fisico o giuridico, incluse le imprese artigiane e le loro forme consortili, che ha come scopo l'offerta di servizi energetici.
 - L'Esperto in Gestione dell'Energia (EGE): professionista specializzato che ha le conoscenze, l'esperienza e la capacità necessarie per gestire l'uso dell'energia in modo efficiente.

Va ricordato a tal proposito che già la L. 10/91 [5] prevedeva che tutte le aziende operanti nei settori industriale con consumi energetici annuali superiori a 10.000 TEP, o aziende del terziario e le pubbliche amministrazioni con consumi superiori a 1.000 TEP/anno avessero l'obbligo di nominare un Energy Manager (EM), cioè un tecnico responsabile della conservazione e dell'uso razionale dell'energia. Questa figura professionale prevede un alto livello tecnico, il possesso di competenze manageriali, economico-finanziarie, legislative e di comunicazione e capacità di supportare i decisori aziendali nelle politiche e nelle azioni collegate all'energia. In presenza di un sistema di certificazione energetica UNI CEI EN 50001 [6], l'EM si

configure come Responsabile del Sistema di gestione stesso. Le figure dell'EM ai sensi della Legge 10/91 e quella dell'EGE ai sensi del D.Lgs. 115/08 possono coincidere ma può verificarsi anche il caso in cui un EM non sia un EGEE viceversa.

La L. 10/91 prevede anche una ulteriore professionalità: il Terzo Responsabile (TR). E' la persona fisica o giuridica alla quale un privato, un amministratore, un'azienda (o comunque il proprietario) delegata la responsabilità dell'esercizio, della manutenzione ordinaria e straordinaria e dell'adozione delle misure necessarie al contenimento dei consumi energetici. È un soggetto che deve essere in possesso di determinate requisiti previsti dalle norme.

In aggiunta il Decreto 102/14 di recepimento della Direttiva 2012/27/CE:

- introduce per le grandi imprese e le imprese energivore l'obbligo ad eseguire una diagnosi energetica nei siti produttivi localizzati sul territorio nazionale entro il 5 dicembre 2015 e successivamente ogni 4 anni;
- definisce che gli *audit* dovranno essere condotti solo da SSE, EGE o Auditor Energetici (EA) - definiti come persona fisica o giuridica che esegue diagnosi energetiche - certificati secondo le norme UNI/CEI;
- definisce che la diagnosi energetica dovrà valutare anche la fattibilità tecnica, la convenienza economica e il beneficio ambientale, derivante dall'utilizzo del calore cogenerato o dal collegamento alla rete locale di teleriscaldamento eventualmente presenti nei pressi dell'impresa;
- affida ad ENEA la costituzione di una banca dati delle imprese soggette a diagnosi energetica ed eseguirà controlli a campione con possibilità di verifiche in situ. Le diagnosi svolte da auditor interni all'impresa verranno tutte verificate dall'Enea.

Sia per quanto riguarda l'audit che per quanto attiene la certificazione dei soggetti tenuti alla diagnosi energetica il decreto sostiene l'adozione di apposite norme tecniche. In particolare le norme UNI CEI 11352:2010 [7], UNI CEI 11339:2009 [8] e UNI CEI EN 16247-5:2012 [9] definiscono le caratteristiche e competenze delle figure al fine dell'ottenimento dell'idoneità per effettuare le diagnosi energetiche mentre le norme tecniche UNI CEI/TR 11428:2011 [10] e CEI UNI EN 16247-3:2014 [11] sono il riferimento per l'approccio all'audit.

La norma UNI CEI 11352:2010, fornisce la definizione di Società di Servizi Energetici (ESCO) come *"Persona fisica o giuridica che fornisce servizi energetici ovvero altre misure di miglioramento dell'efficienza energetica nelle installazioni o nei locali dell'utente e, ciò facendo, accetta un certo margine di rischio finanziario. Il pagamento dei servizi forniti si basa, totalmente o parzialmente, sul miglioramento dell'efficienza energetica conseguito e sul raggiungimento degli altri criteri di prestazioni e rendimento stabiliti."* I suoi principali obiettivi sono quelli di supportare i clienti nel valutare e qualificare le aziende che offrono servizi di miglioramento dell'efficienza energetica e di fornire uno strumento di autodiagnosi per le ESCO stesse. La norma UNI CEI 11339:2009 definisce le competenze e i compiti dell'EGE che sono volti a migliorare l'efficienza energetica dell'organizzazione in cui lavora, incrementando la qualità e la quantità di tutti i servizi collegati all'uso razionale dell'energia. Tra gli altri compiti che l'EGE è tenuto ad eseguire compaiono anche le diagnosi energetiche, perciò il suo ruolo comprende anche la figura di auditor. In sostanza l'EGE è una figura interdisciplinare che agisce nel contesto del mercato europeo e dispone di solide competenze tecniche, ambientali, economico-finanziarie, di gestione aziendale e di comunicazione. La norma tecnica UNI CEI EN 16247-5 definisce le competenze che l'EA deve possedere per effettuare in modo efficace gli audit. Egli deve analizzare e valutare gli edifici e/o i sistemi produttivi, valutare le condizioni di comfort, proporre soluzioni di efficientamento energetico anche in termini di analisi costi-benefici, avere competenze per utilizzare strumentazioni e software oltre che capacità di comunicazione efficiente anche con i "non addetti ai lavori".

Le tre figure (EM, EGE ed EA) sono dunque differenti fra di loro ma va rilevato che le norme promuovono un approccio olistico tra tutte queste competenze, poiché l'audit è, per sua definizione, un'operazione di sistema che coinvolge diversi sistemi fisici, competenze e tipologie di analisi energetiche ed economiche. Esiste però una nuova figura professionale che sta iniziando a diffondersi presso le aziende e il terziario: il *consulente energetico*. (EC) il quale racchiude in sé le tre figure professionali e ha maturato esperienze lavorative e competenze tecniche in tutti i settori. In Italia tale professionalità non è stata ancora introdotta

da alcuna norma ma è chiaro come questa figura sia/diventerà il referente tecnico ed amministrativo per la gestione dell'energia nelle attività produttive, nel terziario, nel settore residenziale e per la PA.

A queste figure previste dalla legislazione e dalla normativa si incrociano le figure che operano all'interno delle aziende nei siti produttivi e che effettuano i rilevamenti dei dati energetici o che operano direttamente sulle macchine. Tra queste figure, in posizione gerarchica crescente:

- *Tecnico di utenza.* Si occupa delle macchine periferiche di consumo e i suoi interessi sono relativi alla gestione dei volumi tecnici e dei volumi condizionati, alla riduzione dei consumi, alle utenze ed in generale alle tecnologie per le macchine di consumo. Nelle aziende in genere è sottovalutato il suo possibile impatto sul risparmio energetico.
- *Tecnico di centrale.* È la figura incaricata di condurre la centrale e i relativi impianti, tenendo conto dell'efficienza e dell'affidabilità. La sua funzione principale è quella di attuare una gestione oculata dei consumi e di segnalare all'EM o al funzionario tecnico-amministrativo eventuali sistemi/macchinari obsoleti. I suoi interessi peculiari riguardano soprattutto gli aspetti manutentivi.
- *Funzionario tecnico-amministrativo industriale.* Figura che recepisce i piani dell'EM e del responsabile terzo effettuando il monitoraggio dei consumi e segnalando eventuali malfunzionamenti. È interessato ad una conoscenza approfondita delle problematiche dell'utenza e quelle relative alla produzione di energia.
- *Funzionario tecnico-amministrativo del civile e terziario.* Figura che recepisce i piani dell'EM e del responsabile terzo effettuando il monitoraggio dei consumi e segnalando eventuali malfunzionamenti. È interessato ad una conoscenza approfondita sui trend dei costi energetici (tariffe) con un'attenzione spiccata per le problematiche dell'utenza civili

A conclusione della analisi normative si sintetizza nella tabella 1 gli utenti del sistema SPAS. I tipi di utenti del sistema informatico individuati sono: tecnico di utenza, tecnico di centrale, il funzionario tecnico/amministrativo (utenze civili/utenze industriali), il TR, l'EM (civile e industriale), l'EGE, l'AE, le ESCOs, gli Enti esterni (che a vario titolo entrano nel processo decisionale dell'applicazione e realizzazione della misura di efficientamento). Gli utenti possono essere classificati:

- in funzione che siano personale interno o esterni all'azienda: sono *utenti interni* gli enti e le professionalità direttamente connesse alla attività o all'insieme di attività indagata/e (EGE, Auditor, Consorzi, ecc.); sono *utenti esterni* enti e professionalità non coinvolte direttamente alle attività considerate (ESCO, Regione, Comune, Enti di controllo, ecc.).
- in funzione delle necessità di reporting: sono di *classe 1* gli enti e le professionalità che necessitano solo di **indicatori di benchmark** che descrivano il comportamento dell'azienda e degli impianti e ne consentano il confronto con le prestazioni degli anni precedenti e con le altre realtà nazionali ed europee caratterizzate dallo stesso codice NACE/ATECO; sono di *classe 2* gli enti e le professionalità che, oltre di indicatori di benchmark hanno necessità di **individuazione e quantificazione di MEE**.

Tabella 1 – Sintesi degli utenti del Sistema

TIPO UTENTE	CLASSIF.		CONOSCENZE	NECESSITA'
Tecnico di Utenza	UI	1	• Manutenzione in campo energetico • Sicurezza degli impianti energetici • Normativa • Teoria • Aspetti generali	• Valutare la riduzione dei fabbisogni energetici • Valutare le prestazioni per l'efficientamento degli impianti periferici di utenza • Monitorare e mantenere in efficienza gli impianti.
Tecnico di centrale	UI	1	• Manutenzione in campo energetico • Sicurezza degli impianti energetici • Normativa • Teoria • Aspetti generali	• Valutare la riduzione delle fonti primarie • Valutare le prestazioni per l'efficientamento degli impianti di generazione energetica e delle reti per la copertura dei fabbisogni degli impianti periferici • Monitorare e mantenere in efficienza gli impianti • Monitorare l'affidabilità degli impianti

TIPO UTENTE	CLASSIF.		CONOSCENZE	NECESSITA'
Terzo Responsabile	UI/E	2	• Normativa • Aspetti energetici, ambientali e sociali dell'energia • Manutenzione • Sicurezza • Aspetti commerciali • Teoria	• Individuazione di MEE di macchina periferica • Individuazione di MEE di macchine principali di generazione. • Monitorare l'affidabilità degli impianti
Funzionario tecnico/amministrativo utenze industriali	UI	2	• Aspetti commerciali • Manutenzione in campo energetico • Teoria • Normativa	• Valutare l'introduzione delle MEE • Valutare e ridurre i costi energetici • Mantenere e monitorare le prestazioni di consumo degli impianti • Mantenere l'affidabilità degli impianti
Funzionario tecnico/amministrativo utenze civili	UI	2	Come sopra	• Valutare la riduzione delle fonti primarie • Valutare e ridurre i costi energetici • Mantenere e monitorare le prestazioni di consumo degli impianti • Mantenere l'affidabilità degli impianti
Energy manager industriale	UI	2	• Normativa • Teoria • Manutenzione • Sicurezza • Aspetti commerciali • Collaudo • Illuminazione • Involucro edilizio	• Valutazione della prestazione economica per l'introduzione di MEE • Monitoraggio e mantenimento delle prestazioni di consumo e affidabilità
Energy manager utenze civili	UI	2	Come sopra	• Valutazione della prestazione economica per l'introduzione di MEE • Monitoraggio e mantenimento delle prestazioni di consumo e affidabilità
Esperto Gestione dell'Energia EGE	UI/E	2	Come sopra	• Valutazione introduzione fonti rinnovabili • Valutazione riduzione dei consumi fonti primarie • Valutazione delle MEE più articolate (cogenerazione, trigenerazione, gruppi switch, ecc.) per la riduzione del consumo delle fonti primarie e per l'efficientamento energetico degli impianti di generazione energetica e delle reti per la copertura dei fabbisogni degli impianti periferici di utenza e dei relativi fabbisogni sorgente. • Monitoraggio e mantenimento delle prestazioni di consumo e affidabilità.
Auditor Energetico (AU)	UI/E	2	Come sopra	• Valutare le prestazioni per l'efficientamento degli impianti periferici di utenza • Individuazione delle MEE di sistema e di dettaglio
ESCOs	UE			• Individuazione delle MEE per singola azienda e "di sistema (SMART) e di gestione del servizio.

Le norme tecniche UNI CEI/TR 11428:2011 e la CEI UNI EN 16247:2012 costituiscono il riferimento per l'approccio globale alle diagnosi; in particolare la seconda definisce i requisiti di qualità e le modalità di esecuzione dell'audit oltre che quelle di *reporting*. L'approccio punta sulla tracciabilità del dato (deve essere possibile ricostruire il percorso logico e tecnico seguito dal responsabile della diagnosi), sull'utilità (la

valutazione dei possibili interventi migliorativi deve essere effettuata con un'analisi costi-benefici al fine di essere realmente utili per il cliente) e sulla verificabilità (l'effettivo aumento di efficienza energetica a seguito degli interventi proposti deve poter essere verificata dal committente in linea con quanto preventivato). In figura 2 è riportato lo schema di analisi energetica così come previsto dalla UNI CEI/TR 11428:2011.

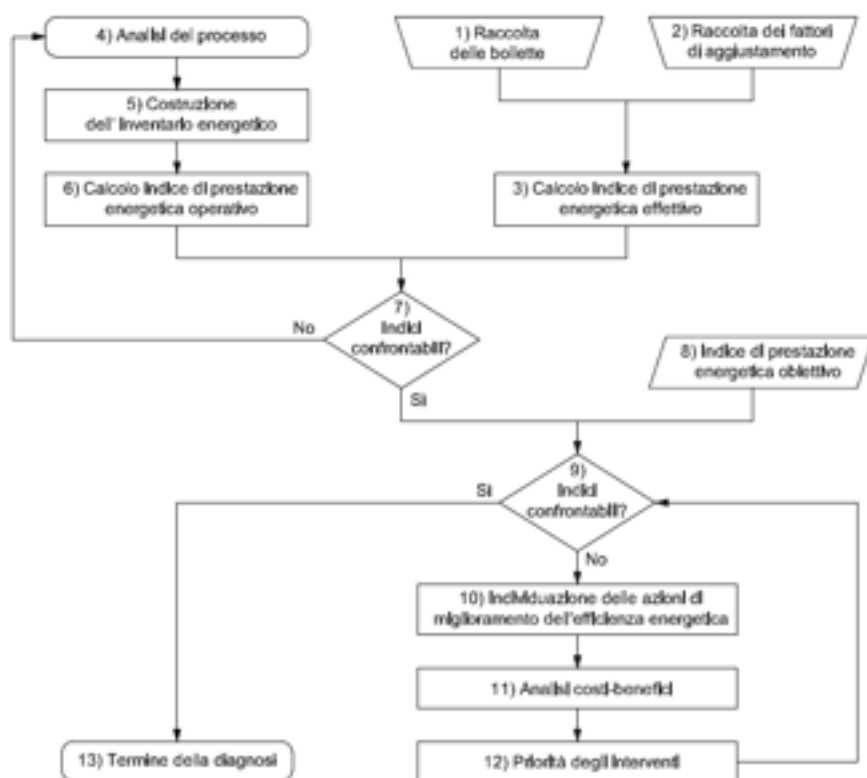


Figura 2 – Schema di analisi energetica previsto dalla UNI CEI/TR 11428:2011

Le norme tecniche fin qui descritte non forniscono indicazioni sulla modellazione fisico/matematica del sistema analizzato, ma riguardano unicamente l'aspetto "gestionale" delle operazioni di audit. Ciò ha fatto sviluppare numerosi strumenti, reperibili su web, che valutano i risparmi conseguibili dall'introduzione di misure di efficientamento. Piattaforme di valutazione più impiantistiche e generali sono stati impostati da Società di Ingegneria (ad esempio l'Audit plus o Energy system) che però risultano parziali e di non immediato utilizzo. Concentrandosi sui tool free emerge che sono settoriali: molti si concentrano sui risparmi conseguibili dall'efficientamento dell'involucro edilizio come ad esempio Rivalue peer e il tool SEAS, altri, realizzati dai produttori stessi di machine, valutano il risparmio conseguibile dalla sostituzione di machine con altre più performanti (ad esempio il tool di Hoval) o l'introduzione di fonti rinnovabili, (come ad esempio solarelit). Nell'ambito del progetto CEEM è stato sviluppato il 3EMT, un sistema di autovalutazione online¹ dei parametri ambientali dell'impresa, inseriti dall'impresa stessa attraverso un questionario relativo alle proprie performance ambientali/energetiche [12]. Il tool è strutturato per fare una analisi black box dell'azienda fornendo come report automatico una analisi di benchmarking utilizzando indicatori generali di confronto con attività europee e del settore di attività, senza fornire valutazioni di misure di efficientamento.

In sintesi i programmi informatici free esistenti in materia energetica sono numerosissimi quando le tematiche sono circoscritte (fotovoltaico, termico solare, cicli processuali) o quando la soluzione impiantistica è stata già definita (gate cycle, ecc.). In ogni caso tutti i TOOL attualmente disponibili hanno almeno uno dei seguenti limiti:

¹ Il software è accessibile al seguente indirizzo: <https://3emt.ceemproject.eu/c/#LoginPage>. Tale strumento elabora automaticamente un report per ciascun questionario compilato. Per il questionario si veda il report RdS/PAR2014/046.

- non sono aggiornati e adeguati con le recentissime nuove norme sulle figure in materia energetica (EGE, Auditor, ESCO, ecc.);
- non considerano le nuove opportunità (nuova norma) derivanti dalle reti elettriche condivise;
- non hanno un approccio multidisciplinare tra le seguenti aree: fisica tecnica, macchine, impianti, economia e informatica;
- Infine la più rilevante, non hanno un approccio concettuale coerente, condiviso e univoco dell'insieme di aree culturali considerate.

2.2 Il modello SPAS

È stato ideato con approccio olistico un modello atto a descrivere la situazione energetico ambientale delle aziende in un contesto territoriale e a consentire un confronto tra sistemi che utilizzino diverse combinazioni di tecnologie utile per un efficientamento energetico. Esso consente, a fronte della compilazione da parte della generica azienda di un questionario dettagliato, l'elaborazione automatica di un report finale, completo di una strategia personalizzata di miglioramento della performance energetica ed ambientale dell'impresa. L'aspetto più rilevante della metodologia SPAS è quello di mettere in connessione organica e ordinata le banche dati collegate ai codici di attività e la banca dati afferente alle opportunità tecnologiche di efficientamento con le relative schede di valutazione, già in parte predisposte da ENEA nell'ambito del meccanismo dei Certificati Bianchi [13].

Nella figura 3 è riportato il modello concettuale del dell'approccio che come si può vedere ripercorre gli schemi di analisi energetica previste dalle norme tecniche ed è strutturato in tre fasi come un sistema di support alle decisioni: investigative phase, design phase e decision phase.

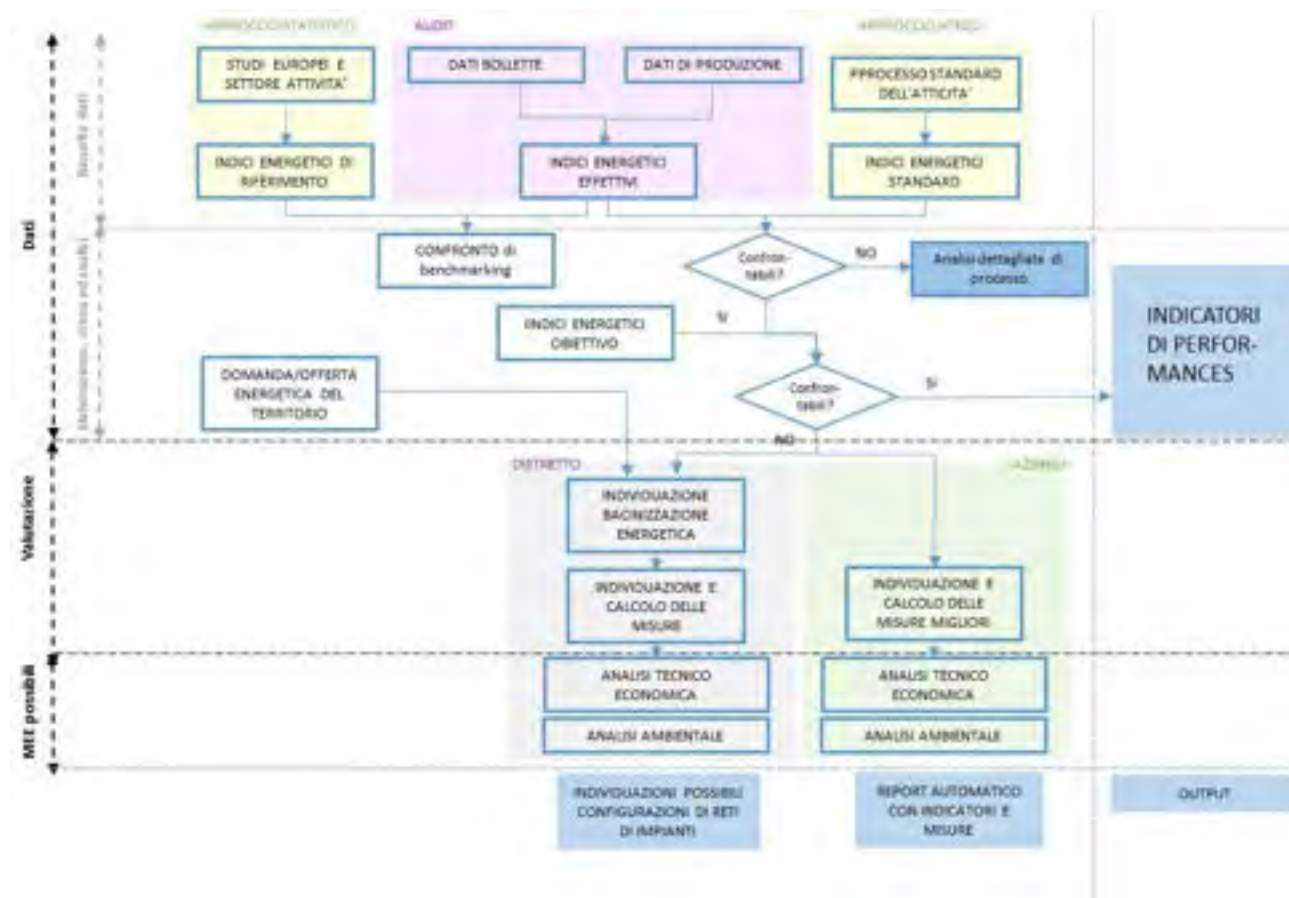


Figura 3 – Flow chart dell'approccio sistemico proposto SPAS

La **prima fase** consta di due parti, una fase di *raccolta dati* ed una fase di *elaborazione e stima di indici*. Per la raccolta dei dati già nell'ambito del precedentemente accennato tool 3EMT era stato sviluppato un questionario, la cui compilazione avviene on line dall'impresa stessa, relativo alle proprie performance

ambientali/energetiche. I dati richiesti in input sono informazioni che riguardano diversi livelli aziendali (figura 4) di tipo generale (settore di business, dimensione, giorni di attività anno, fatturato), informazioni sullo stato aziendale (relative alle varie sorgenti energetiche, alle forme di energia utilizzate, al profilo di consumo, alle misure pianificate e adottate), sulla gestione energetica (informazioni sul management e, più in generale, circa la capacità dell'impresa di gestire internamente le problematiche relative all'energia e l'efficienza). Il questionario è ben strutturato per fare una analisi black box dell'azienda. Per poter passare da una analisi black box ad una white box è necessario implementare il questionario già realizzato con una nuova sezione inerente l'impiantistica. Nella tabella 2 viene riportata l'integrazione necessaria.



Figura 4 – Relazione tra i dati raccolti nelle sezioni del questionario i livelli aziendali

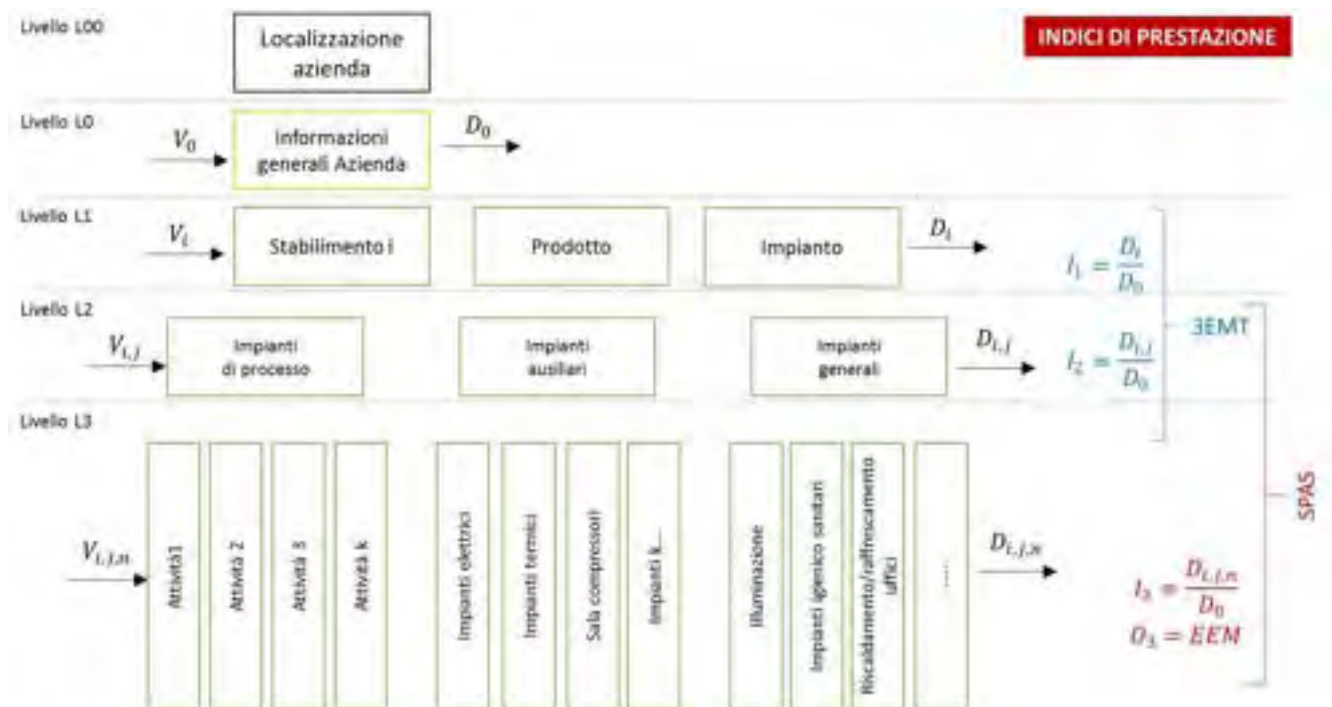


Figura 5 – Relazione tra gli indicatori calcolati e i livelli aziendali

Dai dati forniti dalle aziende vengono definiti degli *indici energetici effettivi* riportati in figura 5 e tabella 3. Al fine di valutare le prestazioni dell'azienda in esame tali indici vengono confrontati, da un lato, con gli *energetici di riferimento* desunti da analisi europee o di settore. Dall'altro con gli *indici energetici di standard* derivanti appunto da un valore di riferimento calcolati individuando il ciclo produttivo standard di ciascuna attività caratterizzata da un codice NACE/ATECO. Gli *indici di performance generali* (I_1) valutano le performances energetiche in rapporto alla produzione annuale di prodotto principale (espresso in tonnellate). I *fattore impiantistici* (I_2) valutano l'incidenza energetica per area netta di stabilimento. Gli *indicatori economici* valutano le performances economiche calcolando il costo dell'energia in rapporto alla produzione annuale (espressa in tonnellate) o come peso sul fatturato. Si è scelto di imputare il costo specifico dell'energia elettrica al kWh e per l'energia termica al m³ di metano consumato per una maggiore semplicità nella conversione tra m³ e tep. I *fattori energetici* valutano l'energia primaria fornita al fabbisogno *elettrico* e *termico* espresso in tep di stabilimento in rapporto alla produzione annuale di prosciutto espressa in tonnellate. Gli indicatori *ambientali* valutano la produzione di emissioni di CO₂ in rapporto alle tonnellate di prodotto finite annuale.

Tabella 2 – Sezione di raccolta dati relative agli Impianti, tecnologie e dati di funzionamento

1. Indicare la figura che effettua l'inserimento de dati			
Tecnico Utente	☐	Tecnico Centrale	☐
Funzionario tec. ind	☐	Funzionario tec. Civ.	☐
EM civile	☐	EGE.	☐
ESCO	☐		☐
		Tecnico Responsabile	☐
		EM industriale	☐
		AU	☐
			☐
2. La figura che effettua l'inserimento dei dati rispetto all'azienda è:			
Personale interno	☐	Personale esterno	☐
3. Indicare la potenza totale installata delle attrezzature e degli impianti, espressa in kW			
Anno XX	kW ☐	Anno XX-1	kW ☐
4. L'approvvigionamento di energia elettrica all'azienda avviene:			
AT	☐	MT	☐
		BT	☐
5. Indicare tipologia e potenze installate, espresse in kW, dei macchinari più energivori			
	kW ☐		kW ☐
	kW ☐		kW ☐
6. Sono utilizzati generatori diversi per la copertura dei fabbisogni termici per il riscaldamento e per il ciclo produttivo?			
	sì ☐	no	☐
7. Sono utilizzati impianti per raffreddamento nelle varie fasi del ciclo produttivo?			
	sì ☐	no	☐
8. Riporatre i dati relativi ai generatori di calore presenti nell'azienda ad uso esclusivo del riscaldamento o uso promiscuo (riscaldamento) e produzione			
	Descrizione		
	1	2	3
Tipologia			
Potenzialità impianto termico (kW)			
Potenzialità impianto termico (kcal/h)			

Anno di costruzione				
Marca				
Utilizzo				
Costo annuo di manutenzione				
Ore di funzionamento giornaliero				
Ore di funzionamento settimanale				
Periodo di funzionamento annuo				
Combustibile				
Fluido vettore				
Pressione di esercizio				
Temperatura di esercizio				
Volumetrie riscaldate				

9. Riporatre i dati relativi generatori di calore ad uso esclusivo del processo

	Descrizione			
	1	2	3	4
Tipologia				
Potenzialità impianto termico (kW)				
Potenzialità impianto termico (kcal/h)				
Anno di costruzione				
Marca				
Utilizzo				
Costo annuo di manutenzione				
Ore di funzionamento giornaliero				
Ore di funzionamento settimanale				
Periodo di funzionamento annuo				
Combustibile				
Tipo di fluido vettore				
Portata di esercizio				
Pressione di esercizio				
Temperatura di esercizio				

10. Riporatre i dati relativi agli impianti di raffreddamento

	Descrizione			
	1	2	3	4
Tipologia				
Potenzialità impianto (kW)				
COP				
Anno di costruzione				
Marca				
Utilizzo				
Costo annuo di manutenzione				
Ore di funzionamento giornaliero				
Ore di funzionamento settimanale				
Periodo di funzionamento annuo				
Alimentazione (en. elettrica, metano....)				
Tipo di fluido vettore				

Portata di esercizio				
Pressione di esercizio				
Temperatura di esercizio				

11. Riporatre i dati relativi ai trasformatori presenti

	1	2	3	4
Tipologia (<i>a olio, a resina,...</i>)				
Marca e modello				
Anno di costruzione				
Potenza nominale [kVA]				
Tensione primaria nominale [V]				
Tensione secondaria nominale [V]				
Perdite nel ferro [% su P _n]				
Perdite a vuoto [%]				

12. Riporatre i dati relativi ai compressori

	1	2	3	4
Tipologia (<i>a vite, pistoni...</i>)				
Marca e modello				
Anno di costruzione				
Potenza nominale [kW]				
Portata [m ³ /n]				
Pressione [bar]				
È presente essiccatore d'aria?				
Se sì che tipo?				
Se sì qual è la potenza impegnata?				

13. Sono presenti sistemi di captazione/depurazione delle emissioni aria o acqua?

sì

☐

no

☐

Se presenti, indicare quali inquinanti vengono abbattuti

14. Riporatre i dati relativi agli impianti di abbattimento

	Descrizione			
	1	2	3	4
Tipologia				
Potenzialità impianto (kW)				
Anno di costruzione				
Marca				
Costo annuo di manutenzione				
Ore di funzionamento giornaliero				
Periodo di funzionamento annuo				
Portata di esercizio				
Temperatura dei gas da depurare				

Tabella 3 – Indici di prestazione individuati

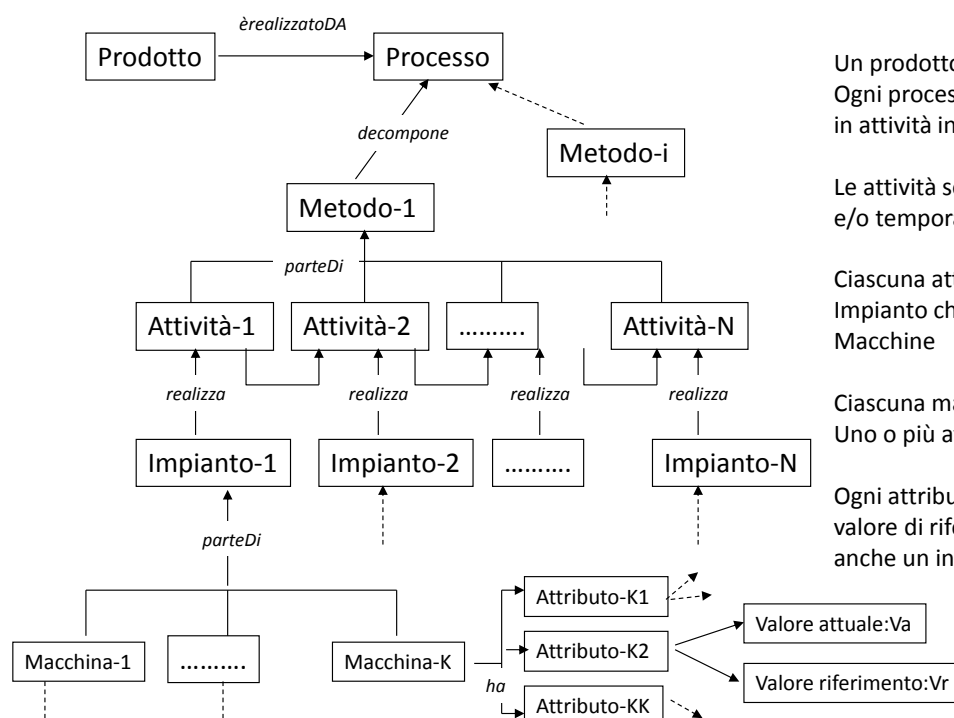
Indici di performance generali (I₁)

Fabbisogno elettrico specifico	[kWh _e /ton/y]
Fabbisogno termico specifico	[kWh _t /ton/y]
Fabbisogno energetico totale specifico	[kWh/ton/y]
Fabbisogno elettrico specifico per addetto	[kWh _e /NoE/y]
Fabbisogno termico specifico per addetto	[kWh _t /NoE/y]
Fabbisogno energetico totale specifico per addetto	[kWh _e /NoE/y]
Fabbisogno elettrico specifico	[kWh _e /m ² /y]
Fabbisogno termico specifico	[kWh _t /m ² /y]
Fabbisogno energetico totale specifico	[kWh/m ² /y]
Fattore penetrazione energie rinnovabili complessivo	[%]
Fattore penetrazione energie rinnovabili elettrico	[%]
Fattore penetrazione energie rinnovabili termico	[%]
Indici di performance impiantistica (I₂)	
Potenza elettrica specifica	[kW _e /m ²]
Potenza totale specifica	[kW/m ²]
Fattore di utilizzo (potenza elettrica)	[%]
Indici di performance economici (I₃)	
Costo energia elettrica	[€/ton]
Costo energia termica	[€/ton]
Costo complessivo energia	[€/ton]
Peso costo energia elettrica sul fatturato	[%]
Peso costo energia termica sul fatturato	[%]
Peso costo energetico totale sul fatturato	[%]
Indici di performance energetici (I₃)	
Energia primaria per fabb. elettrico	[tep/ton]
Energia primaria per fabb. termico	[tep/ton]
Energia primaria per fabb. totale	[tep/ton]
Indici di performance ambientali (I₃)	
Emissioni CO _{2eq} da elettrico	[tCO _{2eq} /ton]
Emissioni CO _{2eq} da termico	[tCO _{2eq} /ton]
Emissioni CO _{2eq} totali	[tCO _{2eq} /ton]

La **seconda fase** è il nucleo centrale del metodo SPAS che prevede una procedura adatta ad essere implementata informaticamente basata sulla definizione di una struttura concettuale organica del dominio. Dapprima si individuano, si isolano e si ordinano gli oggetti generali ed operativi dell'analisi: Le quattro *liste base* di controllo sono: Le **Attività** individuate dai codici Ateco che realizzano un processo; gli **Impianti** di interesse energetico; le **Macchine** energivore; e le **Misure di efficientamento energetico** (MME) di risparmio energetico (figura 6).

I passi necessari della procedura sono quindi i seguenti:

- Individuazione nella forma più estesa e caratterizzante del codice ATECO.* Una azienda generica (figura 7) con la sua ragione sociale è individuata da una attività specifica. Le aziende sono raggruppate in gruppi di attività, univocamente dai codici ATECO, e a loro volta sono raggruppate in Divisioni caratterizzati più generalmente, e questi ultimi fanno parte dei diversi settori produttivi. La classificazione delle attività economiche ATECO è una tipologia di classificazione adottata dall'Istituto Nazionale di Statistica italiano (ISTAT) per le rilevazioni statistiche nazionali di carattere economico ed è la traduzione italiana della Nomenclatura delle Attività Economiche (NACE) creata dall'Eurostat. Con tale codice viene pertanto adottata la stessa classificazione delle attività economiche per fini statistici, fiscali e contributivi, in un processo di semplificazione delle informazioni gestite dalle pubbliche amministrazioni ed istituzioni. L'utilizzo del codice ATECO come identificazione dell'azienda consente quindi anche di poter relazione i dati di SPAS con quelli degli intri sopracitati.



Un prodotto è realizzato da un processo
Ogni processo può essere decomposto
in attività in uno o più modi o metodi

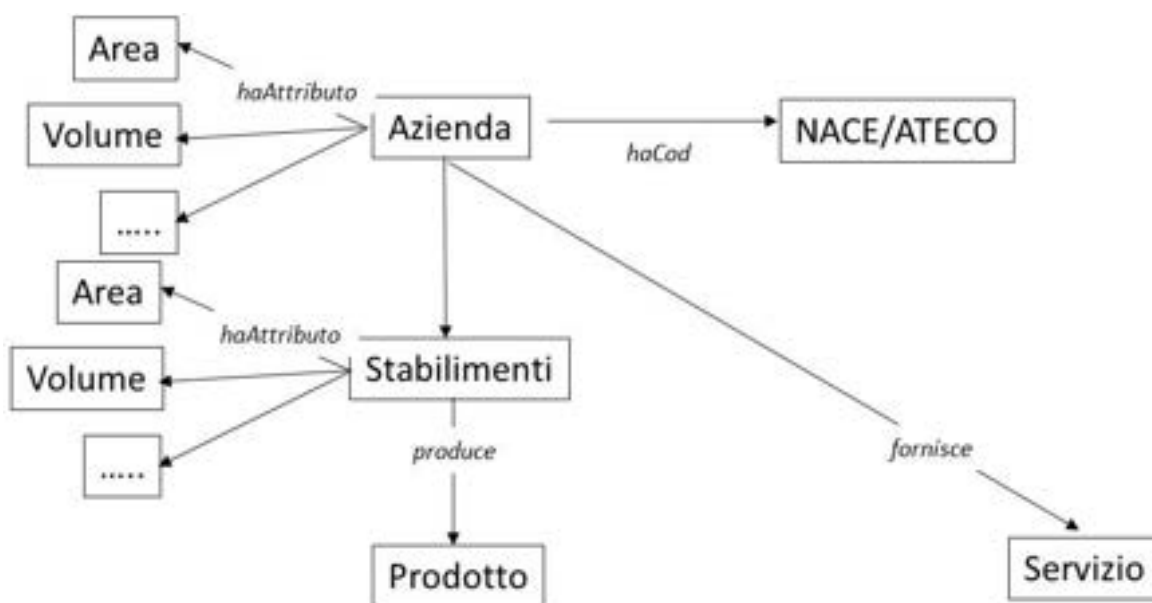
Le attività sono legate da relazioni logiche
e/o temporali

Ciascuna attività è realizzata da un
Impianto che è costituito da una o più
Macchine

Ciascuna macchina è caratterizzata da
Uno o più attributi o parametri

Ogni attributo ha un valore attuale e un
valore di riferimento (che può essere
anche un intervallo di valori!)

Figura 6 – Micro-Ontologia di Processo



L'Azienda è caratterizzata da una serie di attributi (Nome, Indirizzo, ...) ed è identificata da codice NACE/ATECO
L'Azienda ha produce beni (Prodotti) oppure offre servizi
L'azienda ha uno o più stabilimenti dove produce 1 o più prodotti (n.d.r. SPAS considera il prodotto prevalente)

Figura 7 – Micro-Ontologia di Azienda

- b) *Identificazione delle aree funzionali impiantistiche e delle macchine.* Gli impianti di interesse energetico sono intesi quell'insieme di macchine, sistemi e apparecchiature con rilevante consumo energetico. In genere, quando si effettua un Audit Energetico o una mappatura energetica ci si riferisce ai fabbisogni dei diversi tipi di impianti che a loro volta caratterizzano le diverse aree produttive delle aziende. Gli impianti sono stati classificati in tre tipologie:

- gli **impianti di processo**: sono gli impianti esclusivamente dedicati alla realizzazione di un prodotto e che sono caratterizzanti dell'attività;
- gli **impianti ausiliari**: sono quelli che non partecipano alla realizzazione del prodotto ma senza i quali l'impianto di processo non può funzionare o sono necessari per la gestione del prodotto (impianti aria compressa, reti a fluidi, filtrazioni, ecc.);
- gli **impianti generali** sono tutti quelli presenti ma che non hanno attinenza con la produzione

Gli impianti oltre ad essere correlati alle attività risultano correlati anche alle macchine che lo compongono (figura 8). Le macchine sono gli elementi base responsabili del consumo (motori elettrici, compressori, lampade, caldaie, ecc.). A questo livello di analisi gli interventi di efficientamento sono immediatamente individuabili mediante discrepanze tra gli indicatori o valori di riferimento di funzionamento. Ad ogni macchina o impianto si può associare una misura di efficientamento.

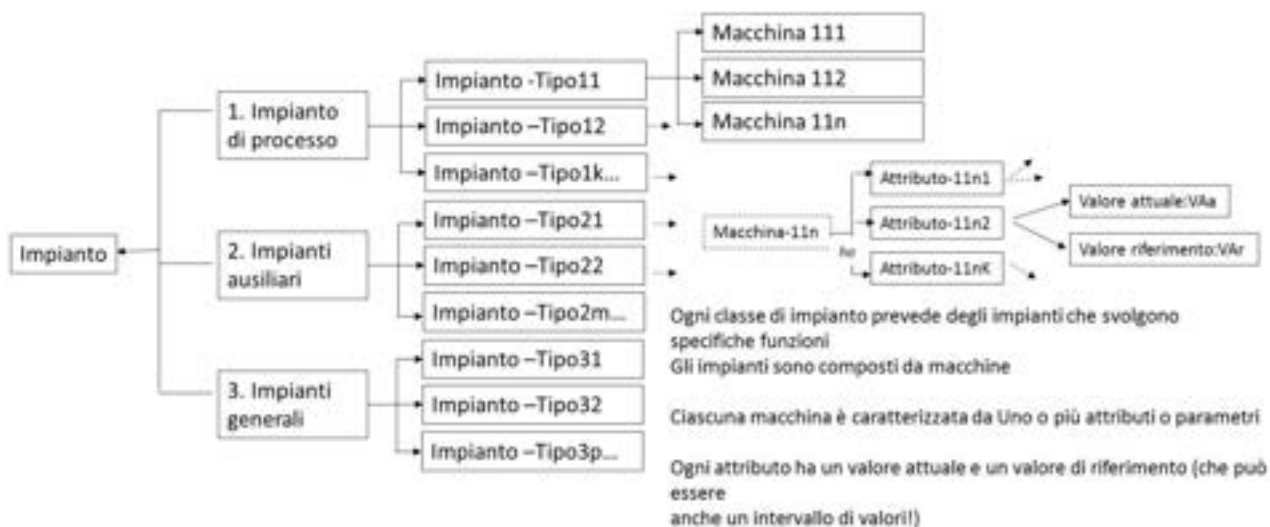


Figura 8 – Micro-Ontologia di impianti e macchine

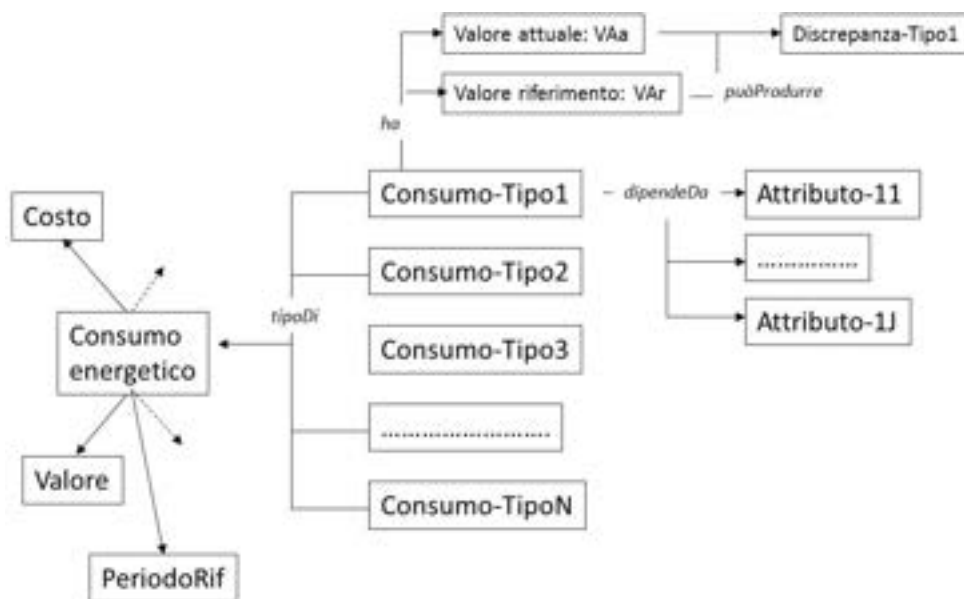


Figura 9 – Micro-Ontologia dei consumi/costi energetici

- c) *Valutazione delle Misure di efficientamento energetico più rilevanti.* Le MEE sono gli interventi tecnici unitari che si applicano agli impianti o alle macchine e finalizzati ad ottenere un consistente risparmio energetico. Generalmente, le MEE sono correlate alle macchine. Per tale ragione gli impianti risultano una correlazione funzionale che collega ordinatamente la banca dati delle attività, con i suoi codici Ateco, alla

banca dati delle MEE direttamente o indirettamente tramite le macchine. Mediante ceck list vengono individuate le MEE possibili. A titolo esemplificativo in figura 10 è riportata la matrice base di correlazione impianti - macchine – misure di efficientamento applicata alle attività del settore della lavorazione della carne classificate con codice ATECO C 10.13.00.

							MISURE EFFICIENTAMENTO ENERGETICO												
							Lampade ad alto rendimento												
							Rifasamento												
							Isolamento												
							Cogenerazione												
							Macchine ad assorbimento												
							Recupero calore dai compressori												
MISURE EFFICIENTAMENTO	Lampade ad alto rendimento	Rifasamento	Isolamento	Cogenerazione	Macchine ad assorbimento	Recupero calore compressori		MACCHINE	Motori elettrici	Caldaie	Compressori	Ventilatori	Lampade	Coibentazione	Motori a combustione				
							IMPIANTI												
							Involucro edilizio												
							Cella di raffreddamento												
							Cella di salatura												
							Cella di pressatura												
							Cella di pre riposo												
							Cella di riposo												
							Cella di asciugamento												
							Cella di pre stagionatura												
							Cella di stagionatura												
							Impianto di illuminazione celle												
							Salatrici												
							Pressatrici												
							Massaggiatrici												
							Lavatrici												
							Spazzolatrici												
							Trasporti interni con muletto												
							Trasporti interni con guidovie												
							Impianto di illuminazione uffici												
							Impianto illuminazione zona produttiva												
							Impianto trattamento acque servizi igienico sanitari												
							Impianto trattamento acque servizi ciclo tecnici												
							Impianto riscaldamento invernale uffici												
							Impianto riscaldamento invernale zona produttiva												
							Impianto di condizionamento uffici												
							Impianto produzione aria compressa												
							Involucro edilizio uffici												
							Involucro edilizio zona produttiva												

Figura 10 – esempio di matrice di correlazione Impianti-Macchine-Misure di Efficientamento Energetico [14]

Le Misure di Efficientamento energetico possono essere raggruppate in due grosse famiglie:

- **Interventi di tipo “educazione energetica”:** sono operazioni economico-sociale con le quale si incentivano gli utenti (con la comunicazione, l’informazione e la formazione) a modificare proprie abitudini adottandone di nuove che comportino minori consumi di energia primaria. (Ne è un esempio

la riduzione dei consumi per le attrezzature di comunicazione e Information Technology: può essere ottenuta incoraggiando lo staff a spegnere i macchinari quando non in utilizzo)

- **Interventi di tipo “risparmio energetico”,** ossia operazioni tecnologiche di riallocazione delle risorse (di capitale, energetiche). Tali interventi possono essere sono classificate a seconda della loro applicazione, e sono afferenti ai/alle: fabbisogni sorgente: lux, fabbisogno “caldo”, “freddo”(illuminazione, ecc.); reti di distribuzione (isolamento, pompe, ventilatori, dimensionamento, ecc.); macchine periferiche (UTA, ventilconvettori, radiatori, ecc.); macchine semplici di elaborazione energetiche (Gruppi frigo, caldaie, cogeneratori, macchine ad assorbimento, ecc.); macchine combinate (trigeneratori, gruppi Switch, ecc.); accumuli.

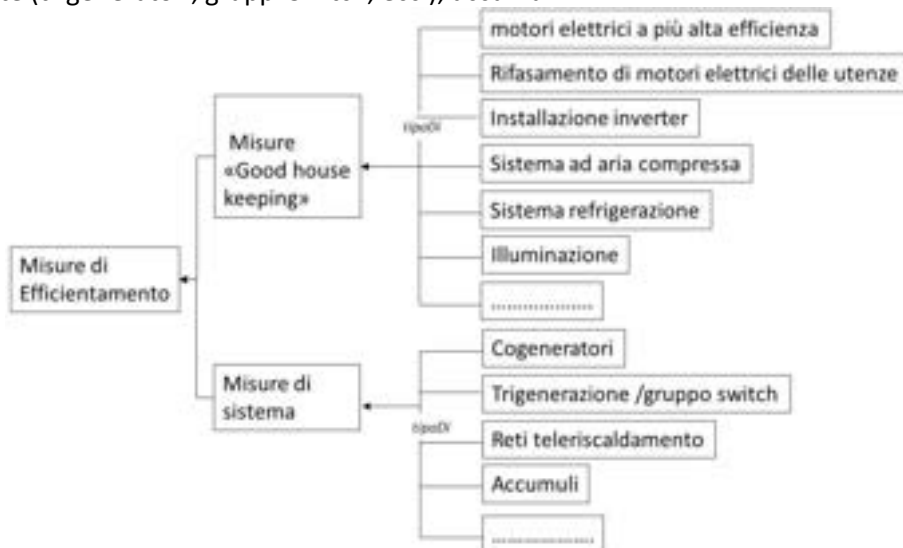


Figura 11 – Micro-Ontologia delle Misure di Efficientamento Energetiche

Come precedentemente detto il metodo implementato in un tool vuole essere strumento di lavoro per le varie figure professionali che a vario titolo sono coinvolte nel contenimento degli usi energetici nei cicli produttivi. Per tale motivo per la valutazione dei risparmi conseguibili dall’applicazione degli interventi di tipo “risparmio energetico” si è scelto di mettere in connessione organica e ordinata le banche dati collegate ai codici di attività e la banca dati afferente alle MEE valutate, ove possibile, con le schede già in parte predisposte da ENEA nell’ambito del meccanismo dei Certificati Bianchi [13]. Di seguito si sintetizzano le modalità di calcolo delle MEE.

- **Installazione di motori elettrici a più alta efficienza.** Le perdite energetiche e conseguentemente i risparmi di energia sul motore elettrico, sono correlati alla capacità di trasformare più o meno completamente l'energia elettrica assorbita dalla rete in energia meccanica. I motori a d alta efficienza presentano un rendimento maggiore rispetto ai motori tradizionali grazie ad accorgimenti spinti sulla geometria delle componenti del motore e sui materiali utilizzati permettono di avere una curva di rendimento del motore più piatta con rendimento più costante e vicino a quello ottimale. Sono divisi per classi e partono dalla classe *IE1* che identifica i motori con le efficienze più basse per arrivare alla classe *IE3* che identifica i motori più efficienti. Con la definizione della nuova classificazione sono state introdotte delle scadenze per la sostituzione di motori obsolete:
 - a. dal 16 Giugno 2011 si attua la prima fase e tutti i motori dovranno rientrare come minimo nel livello di efficienza *IE2*;
 - b. dal 1 Gennaio 2015 è partita la seconda fase che prevede che tutti i motori di potenza tra 7,5 kW e 375 kW dovranno appartenere alla classe di efficienza *IE3* o in classe *IE2* se il motore è alimentato da un inverter;
 - c. dal 1 Gennaio 2017 la fase 3 estenderà i requisiti richiesti nella fase 2 anche ai motori di potenza compresa tra 0,75 e 7,5 kW.
 In tabella 4 sono riportate le caratteristiche dell’intervento. La procedura di riferimento per il calcolo

del risparmio di energia primaria è descritta nella scheda tecnica n. 30E e nel relativo allegato del Decreto “certificate Bianchi”[13].

Tabella 4 – Caratteristiche dell’intervento di sostituzione di motori elettrici

Categoria di intervento:	IND-E Processi industriali: sistemi di azionamento efficienti (motori, inverter, ecc.), automazione e interventi di rifasamento
Settore di intervento	Industria
Tipo di utilizzo	Riduzione dei consumi elettrici in applicazioni industriali della forza elettromotrice
Vita utile U	5 anni
Vita tecnica T	15 anni

Il risparmio energetico annuale R, conseguibile dall’installazione di un motore ad alta efficienza IE3 al posto di un motore IE2, può quindi essere determinato attraverso la seguente relazione:

$$R = P \cdot C_c \cdot h \cdot C_u \cdot \left(\frac{1}{\eta_{IE2}} - \frac{1}{\eta_{IE3}} \right) [kWh]$$

Dove:

- R: risparmio annuo di energia elettrica [kWh]
- P: potenza di targa del motore [kW]
- C_c : coefficiente di carico del motore, cioè la percentuale alla quale lavora il motore rispetto al pieno carico;
- h: numero di ore annuo dell’attività produttiva a cui si fa riferimento [h/a];
- C_u : coefficiente di utilizzo del motore, cioè la percentuale di ore di lavoro dello stabilimento per cui il motore viene impiegato;
- η_{IE2} : rendimento di un motore con livello di efficienza (minima) IE2;
- η_{IE3} : rendimento di un motore con livello di efficienza (massima) IE3.

È possibile introdurre il parametro “coefficiente di risparmio CR” derivante dalla sostituzione del motore, per semplificare la notazione grafica della formula, che diventa:

$$R = P \cdot C_c \cdot h \cdot C_u \cdot CR [kWh]$$

Per convertire il risparmio in termini di energia primaria, il valore di R va moltiplicato per il fattore di conversione tep/kWh = $0.187 \cdot 10^{-3}$ come indicato dall’Agenzia per l’Energia Elettrica ed il Gas. Si ottiene così il Risparmio Lordo di energia primaria RL:

$$RL = P \cdot C_c \cdot h \cdot C_u \cdot CR \cdot 0,187 \cdot 10^{-3} [tep]$$

È possibile esprimere il risparmio lordo in funzione della potenza P del motore installato raccogliendo tutti i fattori in un unico fattore RSL [tep/anno/kW]; si ha quindi:

$$RL = P \cdot RSL [tep]$$

I parametri sopra definiti sono forniti nelle schede tecniche standard, in modo da consentire un calcolo omogeneo a tutti gli utenti. In particolare si ha che:

- Numero di ore di funzionamento annuo h del motore: dipende dal numero di turni lavorativi adottati dall’industria dove è installato, quindi dal tipo di attività produttiva. Può quindi essere determinato sulla base del CODICE ATECO, ed è inoltre un’informazione che viene richiesta attraverso il questionario. In tabella 5 sono definite le quattro possibilità, con associato il valore di h da utilizzare per i calcoli:

Tabella 5 – Relazione tra attività lavorativa ed ore di funzionamento del motore

Categoria	h min	h max	h [ore]
Attività industriale con 1 turno di lavoro	1760	2200	2000
Attività industriale con 2 turni di lavoro	3520	4400	4000

Attività industriale con 3 turni di lavoro	-	-	7680
Attività industriale stagionale	-	-	2160

- Rendimento dei motori e Coefficiente di Risparmio: i valori dei rendimenti standard e quindi del CR sono definiti dalla norma CEI EN 60034-30 per le classi di efficienza IE2 e IE3, e sono riportati nelle tabelle delle schede tecniche dell'Allegato Decreto "Certificati Bianchi 2013-2016",
- Coefficiente di carico C_c : si può considerare costante e pari a $C_c = 0,75$ per semplificare le valutazioni di risparmio energetico;
- Coefficiente di utilizzo del motore C_u : si può considerare sempre pari a $C_u = 1$ adottando un'ipotesi semplificativa ai fini del calcolo del risparmio energetico.

Nell'ipotesi di adottare tali ipotesi semplificative per i fattori C_c , h , C_u e CR, è possibile quantificarne i valori ed i possibili valori di RSL possono essere riportati in una tabella parametrizzata in funzione delle classi di potenza P dei motori elettrici considerati ed in funzione delle ore di lavoro h (e quindi del tipo di attività industriale). Tale tabella² presenta quindi i valori di RSL che possono essere impiegati per il calcolo standardizzato del risparmio di energia primaria

- **Rifasamento di motori elettrici di tipo distribuito presso la localizzazione delle utenze.** La potenza può essere pensata come la somma di due componenti: una componente attiva e una componente reattiva. il coseno dell'angolo (ϕ) di sfasamento tra la corrente e la tensione in un sistema elettrico in corrente alternata ed equivale al rapporto tra potenza attiva e potenza reattiva è noto come fattore di potenza. Un fattore di potenza elevato, e quindi uno sfasamento, causa perdite di potenza dovute ad effetto Joule, cadute di tensione dei cavi e nei trasformatori e, in sintesi, una perdita di potenzialità dell'impianto. Oltre a tali problematiche di tipo tecnico si aggiungono svantaggi di tipo economico dovuti all'applicazione di penali. Con l'energia reattiva pari al 50% dell'energia attiva si ha un $\cos\phi$ di 0,894: per evitare penali il $\cos\phi$ deve essere un valore compreso tra 0,95 e 1. Tale disposizione penalizza perciò le strutture che non programmino interventi di riallineamento delle macchine elettriche per riportare $\cos\phi$ a valori accettabili. La procedura di riferimento per il calcolo del risparmio di energia primaria è descritta nella scheda tecnica n. 33E nell'allegato al decreto "certificati Bianchi". Tale scheda si applica ad interventi di rifasamento distribuito su motori elettrici di potenza inferiore a 37 kW nel settore industriale, mentre non è applicabile per rifasamento centralizzato, ovvero sulla stazione di trasformazione principale. L'intervento deve consentire di raggiungere un fattore di potenza almeno pari a 0,95. La procedura riporta in una serie di tabelle [13] i valori del risparmio specifico lordo RSL da considerare (espressi in tep/anno/motore), in funzione della superficie A dello stabilimento, come misurata da planimetria catastale, espressa in m^2 e riconducibile a quattro classi di appartenenza (Casi A1, A2, A3, A4), in funzione del tipo di attività industriale (1 turno, 2 turni, 3 turni, stagionale), e in funzione della potenza attiva P del motore rifasato, espressa in kW, ricondotta a nove possibili classi. In tabella 6 sono riportate le caratteristiche dell'intervento.

Tabella 6 – Caratteristiche dell'intervento di rifasamento

Categoria di intervento:	IND-E Processi industriali: sistemi di azionamento efficienti (motori, inverter, ecc.), automazione e interventi di rifasamento
Settore di intervento	Industria
Tipo di utilizzo	Rifasamento distribuito
Vita utile U	5 anni
Vita tecnica T	15 anni

- **Installazione di sistemi elettronici di regolazione di frequenza (inverter) in motori elettrici.** Spesso la potenza installata dei motori è esuberante rispetto a quella strettamente necessaria. L'energia non necessaria viene dissipata in valvole, ricircoli e/o nell'alta velocità del flusso. Per ridurre tali perdite è

² Scheda tecnica n. 30E, allegato, Gazzetta Ufficiale

necessario verificare le effettive necessità di funzionamento ed evitare di controllare la portata tramite metodi dissipativi. Ossia mediante l'introduzione di inverter che consentono il funzionamento a giri variabili del motore. Le caratteristiche dell'intervento sono riassunte in tabella 7. Le prestazioni energetiche di un inverter si possono valutare in termini di tasso di risparmio energetico conseguibile a seguito della sua installazione. Esso dipende dal dispositivo a cui viene applicato: adottando un approccio semplificato è possibile considerare un tasso di risparmio pari a circa il 35% se l'inverter viene applicato a pompe e ventilatori, ed un tasso pari a circa il 15% se l'inverter viene applicato a compressori d'aria, compressori frigoriferi, trasportatori ed altri tipi di dispositivi elettrici (vedi tabella 8).

Tabella 7 – Caratteristiche dell'intervento di inserimento di inverter

Categoria di intervento:	IND-E Processi industriali: sistemi di azionamento efficienti (motori, inverter, ecc.), automazione e interventi di rifasamento
Settore di intervento	Industriale, terziario
Tipo di utilizzo	Sistemi azionati da motori elettrici
Vita utile U	5 anni
Vita tecnica T	15 anni

Tabella 8 – Applicabilità e potenzialità di risparmio degli inverter

Applicazione	Applicabilità [%]	Risparmio Energetico [%]
pompe	60	35
Ventilatori	60	35
Compressori aria	30	15
Compressori refrig.	40	15
Cinghie di trasmissione	60	15
Altro	60	15

- **Sistema ad aria compressa.** Gli interventi di efficientamento energetico che possono essere realizzati nell'ambito dei sistemi ad aria compressa sono diversi, e la valutazione delle prestazioni energetiche di ciascun intervento può essere fatta, adottando un approccio semplificato, in termini di risparmio medio conseguibile. Seguendo questo tipo di approccio, è possibile classificarli in due categorie³.
 - **Interventi "hard":** sostituzione di dispositivi con altri più efficienti dal punto di vista energetico, o installazione di dispositivi aggiuntivi che migliorano l'efficienza energetica dell'intero sistema;
 - **Interventi "soft":** ri-progettazione del layout dell'impianto o utilizzo di sistemi di gestione e controllo avanzati per il funzionamento dell'impianto.

Nota l'incidenza dei sistemi ad aria compressa, in termini percentuali, sul dato totale annuo di consumo di energia elettrica dell'azienda considerata, è possibile stimare in modo indicativo il beneficio potenziale derivante dalla realizzazione degli interventi individuate (tabella 9).

Tabella 9 – Potenzialità di risparmio degli interventi sui sistemi di aria compressa [15]

Interventi "hard"	Risparmio medio
Riduzione delle perdite d'aria	20 %
Miglioramento degli azionamenti (inverter)	15 %
Miglioramento dei motori elettrici	2 %
Interventi "soft"	Risparmio medio
Ri-progettazione complessiva layout impianto	9 %

- **Refrigerazione.** Gli interventi di efficientamento energetico che possono essere realizzati nell'ambito dei sistemi di refrigerazione sono diversi e la valutazione delle prestazioni energetiche di ciascun

³ Energy Efficiency Report, Politecnico di Milano, dicembre 2013

intervento può essere fatta, adottando un approccio semplificato. In maniera analoga a quanto fatto per i risparmi dei sistemi di aria compressa, nota l'incidenza dei sistemi di refrigerazione (in termini percentuali), sul dato totale annuo di consumo di energia elettrica dell'azienda considerata, è possibile stimare in modo indicativo il beneficio potenziale derivante dalla realizzazione degli interventi individuati mediante l'utilizzo dei valori medi dei risparmi riportati in tabella 10.

Tabella 10 – Potenzialità di risparmio degli interventi sui sistemi di refrigerazione [15]

Interventi "hard"	Risparmio medio
Adeguamento spessore isolamento	5-10%
Uso di motori elettrici efficienti	2-6% (su singola apparecchiatura)
Recupero di calore	80% (calore)
Interventi "soft"	Risparmio medio
Controllo sulla pressione massima	10-25%
Ottimizzazione del sistema	8-10%
Adeguate misure di gestione e manutenzione	4-8%

- **Illuminazione.** Gli interventi di efficientamento energetico che possono essere realizzati nell'ambito dei sistemi di illuminazione artificiale consistono nella sostituzione delle tecnologie presenti con altre caratterizzate da più elevata efficienza energetica, a parità di servizio reso. La classificazione dell'intervento è riassunta in tabella 11. La valutazione del miglioramento delle prestazioni energetiche conseguibile tramite ciascun intervento di efficientamento può essere fatta, in funzione della tecnologia scelta, in termini di incremento di efficienza luminosa. Le tecnologie disponibili in commercio sono riportate in tabella 12 assieme all'efficienza luminosa e alla durata che le contraddistinguono.

Tabella 11 – Caratteristiche dell'intervento di sostituzione illuminazione

Categoria di intervento:	Processi industriali: servizi generali, illuminazione
Settore di intervento	Industriale
Tipo di utilizzo	Sistemi di illuminazione artificiale
Vita utile U	-
Vita tecnica T	-

Tabella 12 – Tecnologie disponibili per sistemi di illuminazione e relative caratteristiche

Tecnologia		Efficienza luminosa [lm/W]	Classe efficienza energet.	Durata [ore]	Prezzo [€/pz]	Taglia di potenza [W]
Sorgenti termiche	Lampade a incandescenza	10 - 25	C, D, E, F	1000 - 5000	-	15 - 400
	, lampade alogene					
Lampade a scarica – Bassa pressione	Fluorescenza compatta	50 - 75	A, B	6000 - 12000	3 - 5	5 - 80
	Fluorescenza tubolare	55 - 120	A, B	10000 - 24000	6 - 8	5 - 80
	Sodio bassa pressione	125 - 200	A, B	10000 - 12000	40 - 60	100
Lampade a scarica – Alta pressione	Alogenuri o ioduri metallici	40 - 100	N.D.	12000 - 20000	15 - 25	20 - 1000
	Sodio alta pressione	70 - 150	N.D.	10000 - 12000	30 - 40	20 - 1000
Semiconduttori	LED (Light Emitting Diode): singoli, mo-	60 - 140	A	25000 - 50000	35 - 55	0,2 – 100 (singolo – modulo)

	duli, lampade					
--	---------------	--	--	--	--	--

L'incremento di efficienza è dato dalla relazione seguente:

$$\Delta\eta_{ill} = \left(\frac{\eta_{ill,eff} - \eta_{ill,att}}{\eta_{ill,eff}} \right) [\%]$$

Dove:

- $\eta_{ill,att}$ rappresenta l'efficienza luminosa della tecnologia attuale, espressa in [lm/W];
- $\eta_{ill,eff}$ rappresenta l'efficienza luminosa della tecnologia che si ipotizza di installare [lm/W].

Nota l'incidenza dei sistemi di illuminazione, in termini percentuali, sul dato totale annuo di consumo di energia elettrica dell'azienda considerata, è possibile stimare in modo indicativo il risparmio energetico conseguibile grazie all'adozione di una tecnologia più efficiente.

- **Installazione impianto fotovoltaico.** La caratterizzazione dell'intervento è riassunta in tabella 13. La procedura di calcolo dell'energia producibile dall'impianto fotovoltaico si basa sui dati radiometrici riportati nella norma UNI 10349 e segue i metodi di calcolo illustrati nella norma UNI 8477-1 [16].

Noti:

- il dato di radiazione solare totale annua espresso in [kWh], da norma;
- l'area totale che copre l'azienda in [m²], introdotta dall'utente;
- il rendimento di conversione del modulo fotovoltaico scelto.

Fissato inoltre il fattore di riduzione dell'area totale dell'azienda dovuto all'impossibilità di sfruttarne l'area totale, è possibile calcolare la produzione di energia annua netta dell'impianto fotovoltaico.

Tabella 13 – Caratteristiche dell'intervento di cogenerazione

Categoria di intervento:	Processi industriali: sistemi di generazione energetica
Settore di intervento	Industria
Tipo di utilizzo	Produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili
Vita utile U	20 anni
Vita tecnica T	25 anni

L'energia producibile E_{PV} da un impianto fotovoltaico nell'arco di un anno si può calcolare dalla seguente relazione:

$$E_{PV} = \eta_{conv} (1 - \eta_{perd}) X_A A_{tot} R \quad [kWh]$$

Dove:

- η_{conv} è il rendimento di conversione dell'energia solare, dipendente dal tipo di modulo installato;
- η_{perd} è il fattore di riduzione dovuto allo sporco dei pannelli;
- X_A è il fattore di riduzione dell'area totale, assunto pari a 0,70;
- A_{tot} è l'area totale dell'azienda;
- R è la radiazione totale annua relativa al comune in cui l'azienda è localizzata.

Il risparmio di energia primaria RL conseguibile grazie alla produzione di energia elettrica dell'impianto fotovoltaico è dato dalla seguente:

$$RL = E_{PV} \cdot 1,87 \cdot 10^{-3} [tep]$$

Le emissioni di CO_2 equivalente evitate sono calcolate dal prodotto dell'energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico per l'appropriato fattore di conversione $f_e = 0,422 \cdot 10^{-3} [t \text{ CO}_2 \text{ eq/kWh}_e]$:

$$E \cdot I_{ev} = E_{PV} \cdot 0,422 \cdot 10^{-3} [tCO_2 \text{ eq}]$$

- **Cogenerazione.** È necessario premettere che nel caso della cogenerazione, promossa anche con la Direttiva 2004/8/CE [17], l'adozione di tale soluzione e la valutazione del risparmio potenziale da essa derivante presuppone un'analisi di fattibilità tecnico-economica approfondita, a partire da un'analisi

dettagliata dei profili di consumo elettrico e termico dell'utenza (è necessario avere a disposizione la curva cumulata del carico elettrico annuale e la curva contemporanea del carico termico, nonché i profili di carico giornalieri in almeno tre giornate tipo annuali, feriali e festive), della loro contemporaneità, delle caratteristiche quali-quantitative richieste per i vettori termici. Ne consegue che il Tool SPAS potrà fornire solo un'indicazione generale relativamente a questa opportunità tecnologica, sfruttando le informazioni richieste tramite il questionario iniziale. La classificazione dell'intervento è riportata in tabella 14.

Tabella 14 – Caratteristiche dell'intervento di cogenerazione

Categoria di intervento:	Processi industriali: sistemi di generazione energetica
Settore di intervento	Industria
Tipo di utilizzo	Produzione combinata di energia elettrica e termica

La procedura che si intende implementare, che come premesso è di tipo estremamente semplificato, elabora le seguenti informazioni:

- Consumo annuo energia termica $E_{T,tot}$ [kWh_t];
- Consumo annuo energia elettrica $E_{E,tot}$ [kWh_e];
- Ore di funzionamento/lavorazione annue h [ore];
- Costo specifico del combustibile utilizzato per la cogenerazione [€/Sm³];
- Costo specifico dell'energia elettrica [€/kWh_e];
- Costo specifico dell'energia termica [€/kWh_t];
- Potere calorifico inferiore del combustibile utilizzato per la cogenerazione [kWh/Sm³];
- Fattori di conversione per l'energia primaria e per le emissioni di CO₂ equivalenti.

Calcolo della potenza media richiesta, elettrica e termica:

$$\bar{P}_e = \frac{E_{E,tot}}{h} [kW]$$

$$\bar{P}_t = \frac{E_{T,tot}}{h} [kW]$$

La tecnologia di cogenerazione più adatta verrà individuata dal Tool in funzione del codice ATECO e la taglia del cogeneratore verrà scelta prendendo come riferimento tra i due valori di potenza media quello inferiore e selezionando automaticamente da una lista di modelli disponibili in commercio quello di taglia immediatamente inferiore al valore di potenza preso a riferimento. La lista di macchine per la cogenerazione dovrà essere completa di tutte le caratteristiche principali, tra le quali ad esempio i rendimenti elettrico $\eta_{e,cog}$ e termico $\eta_{t,cog}$ del cogeneratore, costo di installazione e manutenzione, ecc.

A questo punto la procedura prevede il calcolo dell'energia elettrica e termica annua prodotta con il cogeneratore, nell'ipotesi che le caratteristiche di contemporaneità dei carichi elettrico e termico consentano di sfruttare la maggior parte dell'energia termica (che si può considerare gratuita) resa dal cogeneratore, nel caso questo sia fatto funzionare ad inseguimento elettrico (o viceversa).

Il costo totale annuo dell'energia in seguito all'adozione del cogeneratore è dato dalla seguente relazione:

$$C_{tot} = C_{E,cog} + C_{E,rete} - R_{E,cess} + C_{T,caldaia} \left[\frac{\text{€}}{\text{anno}} \right]$$

Dove il prezzo di cessione dell'energia elettrica alla rete può essere considerato cautelativamente pari a 0,04 €/kWh_e.

Il risparmio di energia primaria si determina come differenza tra il consumo di energia primaria dello stato attuale e quello relativo allo stato proposto, espressi dalle seguenti relazioni:

$$E \cdot P_{attuale} = E_{EE} \cdot f_{conv,e} + E_{ET} \cdot f_{conv,comb} \left[\frac{tep}{\text{anno}} \right]$$

$E.P_{cogenerazione}$

$$= \frac{E_{EE,cog}}{\eta_{E,cog} \cdot PCI_{comb}} \cdot f_{conv,comb} + E_{EE,rete} \cdot f_{conv,e} + E_{ET,caldaia} \frac{E_{ET,caldaia}}{\eta_{t,caldaia} \cdot PCI_{comb}} \cdot f_{conv,comb} \left[\frac{tep}{anno} \right]$$

Le stesse relazioni valgono per il calcolo delle emissioni di anidride carbonica equivalente evitate, con il solo adeguamento degli appropriati fattori di conversione. Conoscendo quindi le caratteristiche di rendimento del cogeneratore selezionato, e le caratteristiche (potere calorifico) del combustibile utilizzato, i benefici economici, energetici ed ambientali si ottengono valutando attraverso le relazioni di cui sopra le differenze tra lo stato attuale e quello proposto.

- **Trigenerazione (cogenerazione e gruppi switch).** La classificazione dell'intervento è riportata in tabella 15. La trigenerazione è la produzione contemporanea di energia elettrica, termica e frigorifera. La produzione di energia frigorifera è mista, può essere prodotta con:

- il gruppo frigo tradizionale, il quale assorbe l'energia elettrica prodotta dal cogeneratore;
- la macchina ad assorbimento, la quale assorbe la quota parte di energia termica prodotta dal cogeneratore non assorbita dalle utenze termiche.

La produzione combinata di energia frigorifera (gruppo frigo elettrico e macchina ad assorbimento termico), assicura al cogeneratore rendimenti di funzionamento massimi, garantendo il funzionamento stabile del cogeneratore alle condizioni di cogenerazione ad alto rendimento (CAR), con la possibilità di accedere ai certificati bianchi (TEE).

Tabella 15 – Caratteristiche dell'intervento di trigenerazione e gruppi switch

Categoria di intervento:	IND-E Produzione di energia
Settore di intervento	Industria
Tipo di utilizzo	Processi industriali: produzione di energia frigorifera, efficientamento e ottimizzazione del funzionamento del cogeneratore.
Vita utile U	10 anni
Vita tecnica T	15 anni

Il *gruppo switch* è un nuovo concetto introdotto in questo lavoro che presuppone una combinazione di macchine generatrici a valle dei cogeneratori; possono essere di tipo:

- “freddo” (ad esempio, a copertura dei fabbisogni di energia “fredda”, gruppi frigo ad alimentazione elettrica abbinate a macchine ad assorbimento ad energia termica;
- “caldo” (ad esempio, a copertura dei fabbisogni termici “caldi”, l'energia termica sviluppata dai cogeneratori abbinate a pompe di calore ad alimentazione elettrica.

L'introduzione dei *gruppi switch* e la loro gestione permette, a fronte degli spettri di carico dei fabbisogni energetici, di gestire il rapporto delle potenze elettriche e termiche dei cogeneratori per ottimizzarne il loro funzionamento. Il sistema *Cogeneratore- Gruppo Switch Freddo* è una misura di efficientamento di macchine combinate applicabile alle attività con elevati fabbisogni frigoriferi (tali da ammortizzare il costo d'investimento del gruppo switch) e maggioritari rispetto ai fabbisogni termici ed elettrici base (illuminazione, azionamenti elettrici).

Ne consegue che l'energia risparmiata è corrisponde all'energia elettrica non assorbita dal gruppo frigo tradizionale causato dal fatto che parte del fabbisogno frigorifero è stato coperto dalla macchina ad assorbimento che ha utilizzato l'energia termica prodotta dal cogeneratore che altrimenti sarebbe stata dissipata. Dalla sezione introdotta nel questionario si dispone dei seguenti dati:

- COP del gruppo frigo tradizionale elettrico
- COP della macchina ad assorbimento
- rapporto Ze tra potenza elettrica e termica prodotta dal cogeneratore;

L'energia elettrica prodotta dal cogeneratore è uguale a

$$E_{COG,E} = E_{E,BASE} + E_{E,GF} \text{ [KWh}_e\text{]}$$

Mentre quella termica è

$$E_{COG,T} = E_{T,tot} + E_{T,MA} \text{ [KWh}_t\text{]}$$

dove

- $E_{T,MA}$ è l'energia termica destinata alla macchina ad assorbimento;
- $E_{E,BASE}$ è l'energia elettrica assorbita dagli impianti di illuminazione e dagli azionamenti elettrici;
- $E_{E,GF}$ è l'energia elettrica assorbita dal gruppo frigo negli impianti attuali;
- $E_{T,tot}$ è il fabbisogno termico sorgente;

Per sostituzione si ottiene

$$E_{T,MA} = \frac{E_{E,BASE} + E_{E,GF}}{Z_e} - E_{T,tot} \text{ [KWh}_t\text{]}$$

L'energia frigorifera può essere generata sia con la macchina ad assorbimento sia con il gruppo frigo tradizionale

$$E_{fr,tot} = COP_{GF} \bar{E}_{E,GF} + COP_{MA} E_{T,MA} \text{ [KWh}_{fr}\text{]}$$

dalla quale si può ottenere la potenza elettrica assorbita dal gruppo frigo nella configurazione "switch"

$$\bar{E}_{E,GF} = \frac{E_{fr,tot} + COP_{MA} \left(E_{T,ter} - \frac{E_{E,BASE}}{Z_e} \right)}{COP_{GF} + \frac{COP_{MA}}{Z_e}}$$

Si calcola infine l'energia prodotta dal cogeneratore

$$\bar{E}_{COG,E} = \bar{E}_{E,BASE} + \bar{E}_{E,GF} \text{ [KWh}_e\text{]}$$

Il volume di combustibile non consumato risulta

$$\Delta m_c = \frac{E_{E,tot} - \bar{E}_{COG,E}}{H_i} \eta_{COG,E} \text{ [Nm}^3\text{]}$$

Nel caso in esame sono fissati:

- $COP = 3$ per il gruppo frigo elettrico;
- $COP = 0,8$ per la macchina ad assorbimento;
- $Z_e = 0,75$ per il cogeneratore;
- $\eta_{COG,E} = 0,43$ per il rendimento elettrico del cogeneratore;
- $H_i = 9,6 \left[\frac{\text{KWh}}{\text{Nm}^3} \right]$ potere calorifico del metano;

Noto il coefficiente di conversione da Nm^3 a tep pari a $8,2 \cdot 10^{-4}$, il risparmio di energia primaria risulta

$$RL = \Delta m_c \cdot 8,2 \cdot 10^{-4} \text{ [tep]}$$

Noto il coefficiente di conversione da Nm^3 a tep pari a $1,94 \cdot 10^{-3}$, il risparmio di energia primaria risulta

$$Em_{ev} = \Delta m_c \cdot 1,94 \cdot 10^{-3} \text{ [tCO}_2\text{ eq]}$$

- d) *Emissione del report.* Come detto in precedenza il metodo SPAS vuole essere uno strumento di lavoro utile alle figure professionali che a vario titolo sono incaricate di effettuare analisi ed interventi di

efficientamento energetico. Per tale motivo, visto gli utenti sopra descritte e le loro necessità il repost dei risultati è stato diviso in tre sezioni. La prima sezione consiste nella presentazione di un riepilogo dei dati forniti dalla generica PMI attraverso la compilazione del questionario, organizzati in modo da evidenziare in modo efficace le caratteristiche principali dell'azienda che sono rilevanti ai fini dell'efficienza energetica (figura 12). La sezione riporta gli indicatori di performance, ottenuti attraverso una elaborazione delle informazioni fornite tramite la compilazione del questionario, utili a descrivere il comportamento ed a confrontare con le aziende affini (stesso codice ATECO) e con studi di settore europei le prestazioni dell'azienda dal punto di vista energetico, ambientale ed economico (figura 13). La sezione 3 riporta sinteticamente le MEE individuate e calcolate attraverso il metodo precedentemente descrittodescrivendole dal punto di vista tecnico e quantificando in termini economici, energetici ed ambientali i risparmi potenzialmente conseguibili grazie alla loro adozione (figura 14).



Figura 12 – Layout della prima sezione di sintesi dei dati del questionario



Figura 13 – Layout della seconda sezione di sintesi degli indicatori di performances



Figura 14 – Layout della terza sezione di sintesi dei benefici delle MME

2.3 Casi studio

Al fine di verificare l'efficacia e l'applicabilità del metodo sono state analizzate alcune attività tipiche di diversi settori riferibili a diversi codici ATECO e alcune misure di efficientamento energetico, prosciuttifici sia come singola azienda sia come distretto (bacino energetico).

Focalizzandosi sulle aziende, con particolare riferimento al settore della lavorazione della carne (ATECO 10.13.00), sono state individuate e caratterizzate: georeferenziazione, produzione, fabbisogno sorgente termico, frigorifero ed elettrico. Da detti dati è stato caratterizzato lo stato attuale in termini energetici, economici ed ambientali (emissioni di CO₂ equivalente). E' stato applicato il metodo proposto per la valutazione di alcune MEE afferenti al fotovoltaico e alla cogenerazione.

Al fine della validazione del metodo sono state sottoposte a questionario 27 aziende del distretto industriale di San Daniele. Di seguito si riportano le valutazioni ottenute applicando la metodologia sopra descritta ad un prosciuttificio preso a campione. Per la descrizione del ciclo produttivo si rimanda al report RdS/PAR2014/047.

I dati desunti dal questionario e di interesse dello studio applicativo sono riassunte nella tabella 16.

Tabella 16 – Dati tecnici ed economici del prosciuttificio analizzato

Dati tecnici	
CODICE ATECO	C 10.13.00
Descrizione	Prosciuttificio
Numero addetti (NoE)	49

Produzione totale annua [ton]	3.360
Superficie totale [m ²]	4.030
Ore di lavoro annue [h]	3.650
Potenza elettrica impegnata [kW]	400
Potenza elettrica di picco [kW]	-
Consumo annuo energia termica $E_{T,tot}$ [kWh _t]	4.631.556
Consumo annuo energia elettrica $E_{E,tot}$ [kWh _e]	5.624.794
Consumo annuo combustibile gas naturale [Sm ³]	477.480
Dati economici	
Costo annuo energia termica $C_{E,tot}$ [€/y]	-
Costo annuo energia elettrica $C_{T,tot}$ [€/y]	899.967
Costo annuo combustibile $C_{F,tot}$ [€/y]	205.316
Costo specifico energia elettrica [€/kWh _e]	0,16
Costo specifico energia termica [€/kWh _t]	0,045
Costo specifico combustibile [€/Sm ³]	0,43

A seguito dell'analisi della matrice di correlazione sono state valutate le MEE individuate:

- *Installazione di motori elettrici a più alta efficienza.* La potenza totale installata per macchine ad azionamento elettrico del prosciuttificio è pari a $P_e = 205$ kW. Nel caso di studio considerato, si ha che la tipologia di attività Industriale ricade nella categoria 2 turni di lavoro ($h=4000$). I valori di RSL sono quindi selezionati dalla tabella in funzione della taglia di potenza dei diversi motori elettrici installati. Si ottengono i risultati relativamente ai risparmi energetici, economici e ambientali riportati in tabella 17 dall'applicazione della MEE

Tabella 17 – Risparmi potenzialmente conseguibili dall'installazione di motori ad alta efficienza

Risparmio energia primaria [tep]	2,07
Risparmio energia elettrica [kWh _e]	11.072
Beneficio economico [€]	1.772
Emissioni evitate [t CO _{2eq}]	4,7

- *Rifasamento.* La tipologia di attività Industriale analizzata ricade nella categoria 2 turni di lavoro ($h=4000$). I valori di risparmio sono quindi selezionati dalla tabella 18 in funzione della taglia di potenza dei diversi motori elettrici installati. Dall'applicazione della MME si ottengono i risultati relativamente ai risparmi energetici, economici e ambientali riportati in tabella 19.

Tabella 18 – Risparmi conseguibili per turno in funzione della potenza

CASO A2	RSL [tep/anno/UFR]								
Tipo attività	P<4	4≤P<6	6≤P<8	8≤P<11	11≤P<14	14≤P<18	18≤P<22	22≤P<30	30≤P<37
1 turno	0,006	0,013	0,023	0,021	0,032	0,053	0,065	0,094	0,108
2 turni	0,012	0,026	0,047	0,041	0,065	0,105	0,130	0,189	0,215
3 turni	0,023	0,051	0,080	0,090	0,125	0,195	0,235	0,366	0,418
Stagionale	0,006	0,014	0,025	0,023	0,035	0,055	0,070	0,103	0,118

Tabella 19 – Risparmi potenzialmente conseguibili dal rifasamento

N. motori considerati	47
Risparmio energia primaria [tep]	4,94
Risparmio energia elettrica [kWh _e]	26.390
Beneficio economico [€]	4.222
Emissioni evitate [t CO _{2eq}]	11,14

- *Installazione inverter.* Nel caso di studio considerato, per l'azienda appartenente al settore della lavorazione della carne, l'incidenza dei motori elettrici, in termini percentuali, sul dato totale annuo di consumo di energia elettrica, è pari a circa il 12%. Si ottengono i risultati riportati in tabella 20 relativamente ai risparmi energetici, economici e ambientali derivanti dall'applicazione della MEE.

Tabella 20 – Risparmi potenzialmente conseguibili dall'utilizzo di inverter

Incidenza forza elettromotrice	12 %
Tasso di risparmio medio	20 %
Applicabilità media	50 %
Risparmio energia primaria [tep]	12,6
Risparmio energia elettrica [kWh _e]	67.498
Beneficio economico [€]	10.800
Emissioni evitate [t CO _{2eq}]	28,5

- *Sistema aria compressa.* Dai dati del questionario emerge che per l'azienda appartenente al settore della lavorazione della carne considerata, l'incidenza dei sistemi ad aria compressa, in termini percentuali, sul dato totale annuo di consumo di energia elettrica, è pari a circa l'1 %. Risulta infatti installata una potenza totale per compressori aria compressa pari a 40,5 kW, ed il tempo di utilizzo giornaliero medio caratteristico del tipo di attività è pari a circa 3 ore. Considerando un tasso di risparmio medio pari a circa il 9 %, derivante dalla ri-progettazione del layout dell'impianto, si ottengono i risultati riportati in tabella 21 relativamente ai risparmi energetici, economici e ambientali derivanti dall'applicazione della MEE.

Tabella 21 - Risparmi potenzialmente conseguibili sul sistema aria compressa

Incidenza sistemi ad aria compressa	1 %
Tasso di risparmio medio	9 %
Risparmio energia primaria [tep]	0,95
Risparmio energia elettrica [kWh _e]	5062
Beneficio economico [€]	810
Emissioni evitate [t CO _{2eq}]	2,14

- *Refrigerazione.* Dal questionario emerge che l'incidenza della refrigerazione, in termini percentuali, sul dato totale annuo di consumo di energia elettrica, è pari a circa l'80%. Considerando un tasso di risparmio medio pari a circa il 10%, derivante dall'adeguamento dell'isolamento delle celle refrigerate, si ottengono i risultati riportati in tabella 22 relativamente ai risparmi energetici, economici e ambientali derivanti dall'applicazione della MEE

Tabella 22 - Risparmi potenzialmente conseguibili con la refrigerazione

Incidenza refrigerazione	80 %
Tasso di risparmio medio	10 %
Risparmio energia primaria [tep]	84,2
Risparmio energia elettrica [kWh _e]	449984
Beneficio economico [€]	71997
Emissioni evitate [t CO _{2eq}]	190

- *Illuminazione.* Dal questionario emerge che l'incidenza della illuminazione, in termini percentuali, sul dato totale annuo di consumo di energia elettrica, è pari a circa l'8 %. Ipotizzando che la soluzione proposta dallo SPAS Tool sia l'adozione di tecnologia LED caratterizzata da efficienza luminosa 100 lm/W, in sostituzione dell'intero parco lampade aziendale del tipo a scarica a bassa pressione – fluorescenza, caratterizzate mediamente da efficienza luminosa pari a 60 lm/W, si avrà un increment della capacità luminose del 40%.: Si ottengono i risultati riassunti in tabella 23 relativamente ai risparmi conseguibili con l'applicazione della MEE.

Tabella 23 - Risparmi potenzialmente conseguibili con la sostituzione di corpi illuminanti

Incidenza illuminazione	8 %
Tasso di risparmio medio	40 %
Risparmio energia primaria [tep]	33,66
Risparmio energia elettrica [kWh _e]	179993
Beneficio economico [€]	28800
Emissioni evitate [t CO _{2eq}]	75,96

- *Cogenerazione.* Per il tipo di attività industriale considerato, prosciuttificio, la tecnologia adatta è il motore a combustione interna alimentato a gas naturale. In tabella sono riportate le caratteristiche principali del cogeneratore individuate nel database (tabella 24) ed i risultati del calcolo (tabella 25):

Tabella 24 – Caratteristiche del motore endotermico

Potenza elettrica cogeneratore [kW]	800
Potenza termica cogeneratore [kW]	850
Rendimento elettrico cogeneratore $\eta_{e,cog}$	0,42
Rendimento termico cogeneratore $\eta_{t,cog}$	0,45
Costo di investimento [€]	700.000
Costo di manutenzione [€/kWh _e]	0,020
Energia elettrica producibile dal cogeneratore [kWh]	2.920.000
Energia termica producibile dal cogeneratore [kWh]	3.124.400
Energia elettrica da integrare dalla rete nazionale [kWh]	2.704.794
Energia termica da integrare con le caldaie [kWh]	1.507.156

Utilizzando la procedura di calcolo dei risparmi potenziali descritta precedentemente, si ottengono i seguenti risultati in termini economici, energetici ed ambientali derivanti dall'installazione di un cogeneratore di 800 kW di potenza elettrica:

Tabella 25 - Risparmi potenzialmente conseguibili con l'introduzione di un cogeneratore

Beneficio economico [€/anno]	205.935
Risparmio energia primaria [tep/anno]	206,3
Emissioni evitate [t CO _{2eq} /anno]	428,5

- *Installazione impianto fotovoltaico.* Per il tipo di attività industriale considerato, prosciuttificio, la tecnologia adatta ipotizza l'installazione di pannelli fotovoltaici in silicio cristallino. In tabella sono riportate le caratteristiche principali dei pannelli individuate nel database (tabella 26)

Tabella 26 – Caratteristiche del motore endotermico

Tipologia costruttiva	silicio policristallino	
Potenza massima	P_{max} [KW]	0,250
Rendimento di conversione	η_{conv} [–]	0,152
Dimensioni	a [mm]	991
	b [mm]	1665
Coefficiente di sporcamento	η_{perd} [–]	0,226

I risultati ottenuti relativamente ai risparmi economici, energetici ed ambientali derivabili dal sono riassunti in tabella 27 :

Tabella 27 - Risparmi potenzialmente conseguibili con la sostituzione di corpi illuminanti

Risparmio energia primaria [tep]	84,2
Risparmio energia elettrica [kWh _e]	450.368
Beneficio economico [€]	72.059
Emissioni evitate [t CO _{2eq}]	190

- *Trigenerazione con gruppo switch.* Dall'applicazione del metodo sopra riportato al prosciuttificio preso in esame si ottengono i risultati riportati in tabella 28 relativamente ai risparmi energetici, economici e ambientali:

Tabella 28 - Risparmi potenzialmente conseguibili con il gruppo switch

RL [tep]	21
R [Nm ³]	25272
Beneficio economico [€]	11372
Emissioni [t CO _{2eq}]	49

Il report generato dall'analisi è riportato nelle figure sottostanti figure 15, 16 e 17

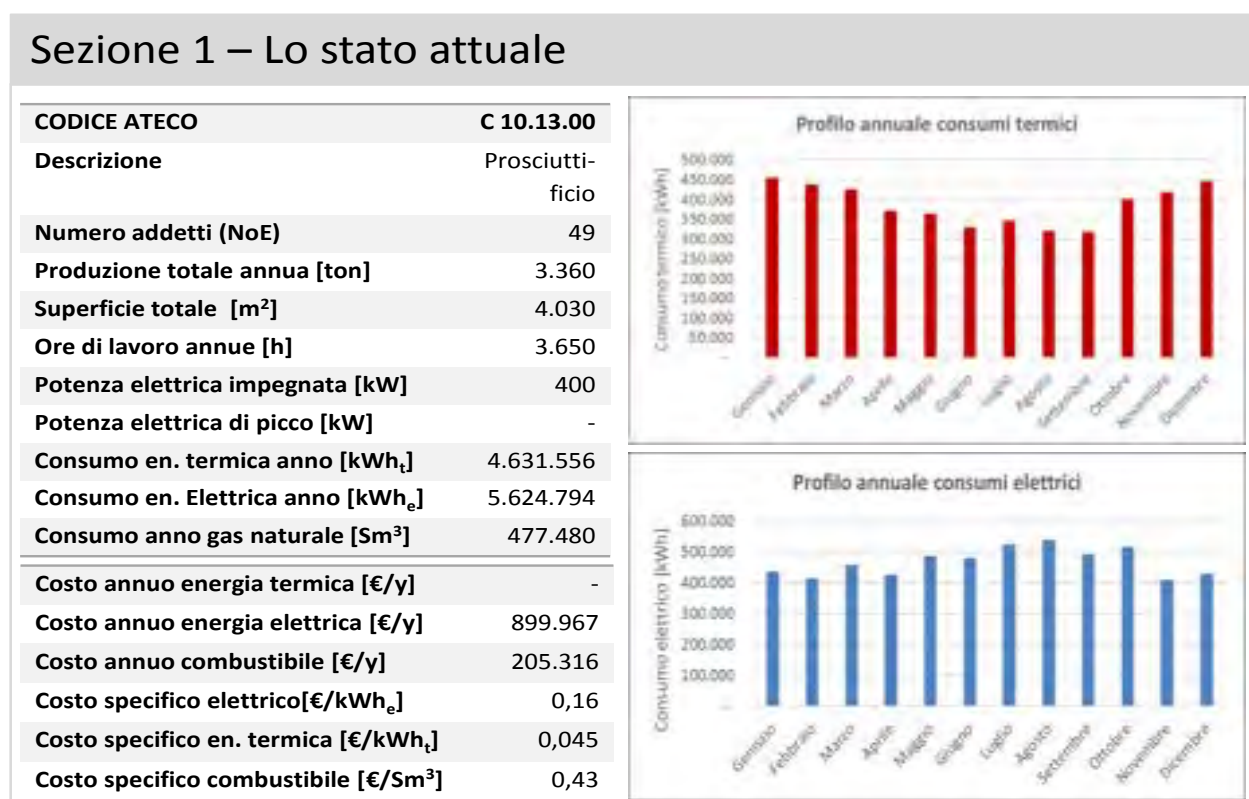


Figura 15 – Prima sezione del report: lo stato di fatto

Sezione 2 – Indici di prestazione KPI

Indici di performance generali	bisogno elettrico specifico [kWh _e /ton/y]	1674
	Fabbisogno termico specifico [kWh _t /ton/y]	1378
	Fabbisogno energetico totale specifico [kWh/ton/y]	3052
	Fabbisogno elettrico specifico [kWh _e /NoE/y]	114792
	Fabbisogno termico specifico [kWh _t /NoE/y]	94522
	Fabbisogno energetico totale specifico [kWh _e /NoE/y]	209314
	Fabbisogno elettrico specifico [kWh _e /m ² /y]	1396
	Fabbisogno termico specifico [kWh _t /m ² /y]	1149
	Fabbisogno energetico totale specifico [kWh/m ² /y]	2545
	Fattore penetrazione energie rinnovabili complessivo [%]	-
	Fattore penetrazione energie rinnovabili elettrico [%]	-
	Fattore penetrazione energie rinnovabili termico [%]	-
Indici di performance impiantistica		
	Potenza elettrica specifica [kW _e /m ²]	1.396
	Potenza totale specifica [kW/m ²]	2.545
	Fattore di utilizzo (potenza elettrica) [%]	-
Indici di performance economici		
	Costo energia elettrica [€/ton]	335
	Costo energia termica [€/ton]	56
	Costo complessivo energia [€/ton]	391
	Peso costo energia elettrica sul fatturato [%]	3,5 %
	Peso costo energia termica sul fatturato [%]	0,8 %
	Peso costo energetico totale sul fatturato [%]	4,3 %
Indici di performance energetici		
	Energia primaria per fabb. elettrico [tep/ton]	0,385
	Energia primaria per fabb. termico [tep/ton]	0,107
	Energia primaria per fabb. totale [tep/ton]	0,492
Indici di performance ambientali		
	Emissioni CO _{2eq} da elettrico [tCO _{2eq} /ton]	0,706
	Emissioni CO _{2eq} da termico [tCO _{2eq} /ton]	0,254

Figura 16 – Seconda sezione del report: gli indicatori di performance

Sezione 3 – Misure di efficientamento

	Benefici economici [k€/anno]	Risparmio energia primaria [tep/anno]	Emissioni gas serra [t CO ₂ eq/anno]
illuminazione	28,80	33,66	75,96
motori ad alta efficienza	1,77	2,07	4,67
inverter	10,80	12,62	28,48
rifasamento	4,22	4,94	11,14
aria compressa	0,81	0,95	2,14
refrigerazione	72,00	84,15	189,89
solare FV	72,06	84,22	190,06
trigenerazione/gruppo switch	11,37	21,00	49,00
cogenerazione	205,94	206,27	428,47

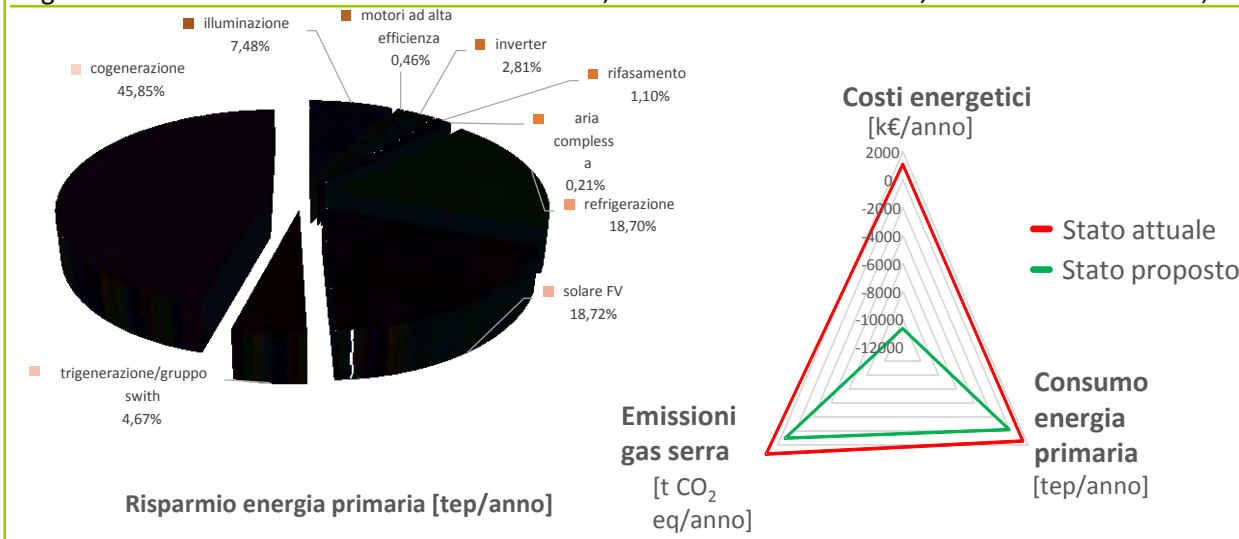


Figura 17 – terza sezione del report: le misure di efficientamento.

2.4 Linee Guida per la per la realizzazione di un sistema informatico a supporto del metodo SPAS

Nel seguito vengono descritte le linee guida per la progettazione e successiva realizzazione di un sistema informatico adeguato a supportare l'impiego del modello SPAS su scala nazionale ed eventualmente europea. Tali linee guida sono strutturate secondo i seguenti punti:

- 1) Approccio basato su una ontologia (informale) di dominio
- 2) Progettazione centrata sull'utente
- 3) Attenzione alle problematiche orientate alla sicurezza, disponibilità, interoperabilità del sistema informatico
- 4) Ricadute in termini di trasferimento della conoscenza mediante iniziative di formazione basate su e-learning

2.4.1. Approccio basato su una ontologia (informale) di dominio

Si ritiene importante che il sistema da realizzare sia basato su una concettualizzazione condivisa del dominio di applicazione. A tal scopo si intende applicare un approccio basato su ontologie, dove per ontologia si intende la specifica esplicita (informale o formale) di una concettualizzazione condivisa di un dominio di applicazione.

Una ontologia (informale) è costituita da:

- un insieme di concetti (entità e relazioni), di definizioni e di termini (un vocabolario). I concetti scelti sono quelli considerati rilevanti per lo scopo della ontologia che nel caso in oggetto è quello di esplicitare la conoscenza di base per poter descrivere e ragionare su problemi relativi alla gestione energetica ed efficientamento energetico nel dominio delle industrie manifatturiere;
- un insieme di vincoli sull'uso dei concetti;
- un insieme di domande di competenza (competence questions) ossia di domande a cui la ontologia è in grado di rispondere in base ai concetti esplicitati.

La ontologia è un meta-modello nel senso che fornisce i concetti generali per costruire modelli specifici della realtà di interesse. Come tale è incompleta, più o meno accurata, e dipendente dal punto di vista adottato.

L'approccio ontologico permette di:

- condividere un modello concettuale esplicito del dominio di applicazione tra i vari soggetti coinvolti nello sviluppo del sistema (esperti di dominio, progettisti e sviluppatori della applicazione in oggetto). Questo fatto facilita la comunicazione e la collaborazione tra tutti i soggetti interessati
- fornire uno strato semantico che può essere usato come interlingua per facilitare l'interoperabilità del sistema in costruzione con altre applicazioni potenziali. Con il termine interoperabilità intendiamo non solo quella linguistica/sintattica (interoperabilità del codice) ma soprattutto quella semantica/pragmatica (interoperabilità del significato/uso). L'importanza di questo tema è dimostrata dalla attuale proliferazione di ontologie in varie aree di applicazione del Web Semantico
- esplicitare il modello concettuale che sta dietro alla applicazione agli utenti finali in modo da rendere l'applicazione più comprensibile e apprendibile (e quindi usabile). Si evidenzia che alcuni metodi di valutazione della usabilità (es. metodi di ispezione semiotica) fanno esplicito riferimento alle ontologie coinvolte (in particolare cercano di valutare l'allineamento esistente tra le concettualizzazioni dell'utente e quelle usate nel sistema). Di conseguenza l'esplicitazione della ontologia di base può facilitare l'applicazione di tali metodi
- fornire la base per la realizzazione futura di una ontologia formale del dominio di applicazione per il Web Semantico

Pertanto, l'ontologia assume un ruolo chiave nella progettazione del sistema informatico, attività che si sviluppa secondo il flusso rappresentato nello schema di figura 18:



Figura 18 – Domini delle aggregazioni dei codici

2.4.2 Progettazione centrata sull'utente

Si intende progettare l'applicazione tenendo conto dell'intera esperienza dell'utente finale (human centered design) e quindi sia degli aspetti pragmatici (utilità, efficacia, efficienza, sicurezza, ...) sia edonici (piacere, soddisfazione, coinvolgimento, ...).

A tal fine riteniamo importante che il sistema da realizzare segua le linee guida relative alla usabilità e alla accessibilità dei sistemi software. Un sistema è usabile quando permette a determinati utenti di raggiungere determinati scopi con efficacia, efficienza, soddisfazione e sicurezza. Un sistema è accessibile quando può essere usato da utenti disabili con la stessa efficacia e sicurezza degli utenti non disabili.

L'usabilità e l'accessibilità del sistema informatico potranno poi essere verificate, in osservanza alle norme di legge nazionali e agli standard internazionali, attraverso metodi analitici o empirici.

Un altro aspetto riguarda la personalizzazione/adattamento del sistema rispetto agli utenti previsti. Tale personalizzazione deve riguardare sia il contenuto (informazioni accessibili, struttura retorica del dialogo, ...) sia la presentazione (ossia il modo con cui il contenuto viene reso esplicito e manifesto attraverso testi, immagini, suoni, video, ecc.). È importante tener conto, nella progettazione dell'interazione, non solo delle necessità, delle conoscenze e del livello di esperienza dell'utente ma anche delle sue preferenze e dei suoi desideri.

2.4.3 Attenzione alle problematiche orientate alla sicurezza, disponibilità, interoperabilità del sistema informatico

Il contesto in cui si colloca l'intero progetto riguarda l'efficientamento energetico su scala nazionale e potenzialmente europea, quindi il sistema informatico di supporto ad esso dovrà consentire l'accesso remoto da parte di numerosi utenti e garantire la corretta conservazione, elaborazione e trasmissione dei dati. Sarà pertanto necessario definire opportune policy di accesso e gestione dei dati nonché criteri per la realizzazione e successiva gestione del sistema in produzione.

In particolare dovranno essere considerati i seguenti aspetti.

- *Autenticazione degli utenti e riservatezza dei dati.* Sarà necessario definire una strategia adeguata per la registrazione e l'autenticazione degli utenti, in modo da garantire che i dati inseriti corrispondano ad aziende ed enti realmente esistenti. In assenza di questo si corre il rischio di ottenere dati non utilizzabili ai fini statistici. Dal punto di vista della riservatezza sarà importante valutare quali dati possono essere considerati sensibili da parte di un soggetto e pertanto garantirne la non diffusione. Per esempio, l'impiego di uno specifico impianto o macchina potrebbe rappresentare in determinate situazioni un segreto industriale legato a un'innovazione di processo.
- *Sicurezza e disponibilità del sistema.* Si tratta di un aspetto legato all'infrastruttura hardware e software di supporto al sistema. Sarà opportuno valutare la possibilità di utilizzare servizi cloud per la gestione di tale infrastruttura onde garantire non solo la disponibilità e l'accessibilità via rete, ma anche le necessarie politiche di backup e disaster recovery. Inoltre, lo sviluppo dell'applicazione, e in particolare dell'interfaccia web, dovrà essere realizzato in modo da evitare le tipiche vulnerabilità a cui tali sistemi possono essere soggetti (es. Buffer overflow, SQL injection).

Interoperabilità. Parte delle informazioni necessarie per l'elaborazione del modello 3EMT-S potrebbero essere già disponibili in qualche base di dati esistente. Come noto, l'interoperabilità tra sistemi eterogenei è un problema complesso, pertanto sarà necessario valutare l'opportunità e il rapporto costi/benefici dell'integrazione con sistemi esistenti.

2.4.4 Ricadute in termini di trasferimento della conoscenza mediante iniziative di formazione basate su e-learning

Le misure di efficientamento energetico che derivano dall'applicazione del modello 3EMT-S richiedono interventi di tipo tecnologico e organizzativo. Non è scontato che i soggetti interessati dispongano di competenze specifiche relative agli interventi proposti. Questo apre la possibilità di integrare il sistema con iniziative di formazione che permettano ai soggetti di comprendere le motivazioni e le tipologie di intervento suggerito. Inoltre, nel caso di interventi possibili in alternativa tra di loro rende fondamentale la competenza in materia per operare le scelte ottimali.

Si suggerisce quindi di estendere il sistema con un supporto formativo basato su e-learning che permetta in

autonomia ai soggetti destinatari dell'iniziativa di attingere, in modalità guidata, ai moduli didattici di loro interesse. Tali moduli potranno includere archivi di best practice, videolezioni e documentazione su casi di studio.

3 Conclusioni

Si è impostato concettualmente ed in parte strutturato un Software di Pre Audit di Sistema (SPAS) ai fini di facilitare e diffondere l'Efficientamento Energetico nelle attività industriali e di servizio con particolare attenzione alle PMI. Il metodo è stato applicato, come "Demo" al Distretto industriale dei prosciuttifici di S. Daniele (Friuli Venezia Giulia). Il metodo partendo dai dati macroscopici di una attività generica (consumi addetti, ecc.) individua e valuta le Misure di Efficientamento Energetico in relazione alla loro introduzione nella filiera impiantistica. Il nuovo TOOL SPAS, a differenza dei metodi reperibili in letteratura di tipo Black Box, è caratterizzato da un approccio "White Box" in quanto entra nella struttura interna dei fabbisogni (servizi, processi, ausiliari, ecc.). Il Nuovo metodo è strutturato per renderlo idoneo come strumento di lavoro alle nuove figure professionali e imprese certificate (Auditor Energetico o diagnosta energetico ed Esperto di gestione energetica (EGE)) oltre alle figure professionali precedenti afferenti alla legge 10/91: (Società di Servizi Energetici (SSE), gli Energy Manager (EM)). Gli aspetti originali sono l'impostazione di una "Ontologia" sull'Efficientamento Energetico necessario per il nuovo TOOL con l'introduzione di nuovi concetti (fabbisogno sorgente, gruppo switch caldo e gruppo switch freddo). Il SPAS è impostata per essere utilizzata nella pianificazione territoriale a qualunque livello (dominio territoriale definito: regione, distretto, comune, provincia, bacino generico, ecc.) (applicato al bacino dei prosciuttifici di S. Daniele) o dominio discreto (le attività siderurgiche, le strutture ospedaliere, le strutture scolastiche, ecc.). Il metodo ha valutato anche gli aspetti ambientali ed economici, in particolare la CO₂ emessa, e il livello di occupazione.

Il metodo è stato applicato ad alcune attività tipiche di diversi settori riferibili a diversi codici ATECO e alcune misure di efficientamento energetico: aziende di lavorazione della carne (in particolare i prosciuttifici - ATECO 10.13.00) sia come singola azienda sia come distretto (bacino energetico) e Ospedali.

Con riferimento al settore della lavorazione della carne, sono state individuate e caratterizzate: georeferenziazione, produzione, fabbisogno sorgente termico, frigorifero ed elettrico. Da detti dati è stato caratterizzato lo stato attuale in termini energetici, economici ed ambientali (emissioni di CO₂ equivalente); Nel Report finale nella prima sezione viene sintetizzato lo stato di fatto, nella seconda sezione riporta gli indici di prestazione aziendale e nella terza sezione si individua e valuta le misure di efficientamento adottabili.

Mediante l'utilizzo del tool e partendo dai dati di geolocalizzazione è stato possibile effettuare la valutazione di MEE di sistema (trigenerazione), ovvero dell'intero bacino energetico che può coincidere o meno con il distretto artigianale/industriale. E' stato realizzato un ulteriore strumento di ottimizzazione al fine di individuare il limite del bacino energetico per il quale si hanno le migliori prestazioni economiche (minori costi energetici). Nel report finale sono riportati i benefici energetici (intesi come risparmio di tonnellate equivalenti di petrolio) e dei benefici ambientali (intesi come emissioni di CO₂ evitate) della soluzione trigenerativa individuata.

Gli sviluppi futuri del TOOL SPAS sono: l'ampliamento e puntualizzazione degli aspetti concettuali (ontologia); lo sviluppo dell'applicazione informatica SPAS; l'applicazione del TOOL SPAS per le attività più energivore (capitalizzando in modo efficiente i dati già disponibili derivanti dall'analisi delle diagnosi energetiche pervenute ad ENEA nell'ambito dell'attuazione del decreto legislativo 102/2014 - recepimento della Direttiva Comunitaria 27 del 2012).

4 Riferimenti bibliografici

- [1] Direttiva 2006/32/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 5 aprile 2006, *concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici*. 2006
- [2] Direttiva 2012/27/EU del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 Ottobre 2012, *sull'efficienza energetica*. 2012
- [3] Decreto Legislativo n. 115, 30 maggio 2008, Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana
- [4] Decreto Legislativo n. 102, 4 luglio 2014, Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana
- [5] Legge 9 gennaio 1991 n. 10, Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana
- [6] UNI CEI EN 50001:2008, *Sistemi di gestione dell'energia – Requisiti e linee guida per l'uso*", 2011
- [7] UNI CEI 11352:2010, *Gestione dell'energia. Società che forniscono servizi energetici (ESCO). Requisiti generali e lista di controllo per la verifica dei requisiti*, 2010
- [8] UNI CEI 11339:2009, *Gestione dell'energia. Esperti in gestione dell'energia. Requisiti generali per la qualificazione*, 2009
- [9] UNI CEI EN 16247-5:2012, *Diagnosi energetiche. Parte 5: competenze dell'auditor energetico*", 2012
- [10] UNI CEI/TR 11428:2011, *Gestione dell'energia – Diagnosi energetica. Requisiti generali per il servizio di diagnosi energetica*, 2011
- [11] UNI CEI EN 16247-3:2014, *Diagnosi energetiche. Parte 3: processi*", 2012
- [12] A. Federici, C. Martini, F. dal Magro, F. Pozar, *Analisi campionaria dei consumi elettrici e la propensione all'efficienza energetica delle PMI*, Report di Ricerca di Sistema, RdS/2014/046
- [13] Decreto Legislativo n. 28, 3 marzo 2011, *Allegato Decreto "certificati Bianchi 2013-2016, supplemento ordinario n.1 alla Gazzetta ufficiale serie generale n.1 del 2 gennaio 2013*
- [14] G. Nardin, F. Dal Magro, F. Pozar, *Metodologia di valutazione delle opportunità di efficientamento energetico nelle PMI: prima applicazione ad un campione di imprese del Friuli Venezia Giulia*, Report di Ricerca di Sistema, RdS/2014/047
- [15] MIP - Politecnico di Milano, *Energy Efficiency Report. L'efficienza energetica in Italia: soluzioni tecnologiche ed opportunità di business nell'industria, i servizi della Pubblica Amministrazione*, dicembre 2013, ISBN 978-88-98399-00-0
- [16] UNI 8477-1, *Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia. Valutazione dell'energia raggiante ricevuta*, 1983.
- [17] Direttiva 2004/8/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio dell'11 febbraio 2004, *promozione della cogenerazione basata su una domanda di calore utile nel mercato interno dell'energia*. 2004.
- [18] Hendro Wicaksono, Sven Rogalski and Jivka Ovtcharova. *Ontology Driven Approach for Intelligent Energy Management in Discrete Manufacturing*. KEOD 2012 - International Conference on Knowledge Engineering and Ontology Development.
- [19] Hendro Wicaksono, Fabian Jost, Sven Rogalski and Jivka Ovtcharova. *Energy efficiency evaluation in manufacturing through an ontology-represented knowledge base*. Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management, 21, 59–69 (2014)

Breve curriculum scientifico dei membri del gruppo di lavoro

Gioacchino Nardin. Ingegnere meccanico, è professore Ordinario di Impianti Industriali Meccanici afferente al Dipartimento Politecnico di Ingegneria e Architettura dell'Università degli Studi di Udine dove tiene insegnamenti di progettazione e di efficientamento energetico ed ambientale. E' Delegato del rettore alle politiche Energetiche ed Ambientali. La sua attività di ricerca riguarda il recupero e l'efficientamento energetico il cui riconoscimento internazionale più rilevante è: Applied Energy – ICAE 13: Best Paper Award of Excellence: *PCM – based energy recovery from electric arc furnace*. Autore di 6 brevetti industriali tutti operative. E' consulente di Aziende multinazionali e progettista di impianti industriali tra cui un termovalorizzatore di rifiuti industriali e una rete di trigenerazione con rete di teleriscaldamento.

Pier Luca Montessoro. Ingegnere elettronico, è professore ordinario di Sistemi di Elaborazione presso il Dipartimento Politecnico di Ingegneria e Architettura dell'Università degli Studi di Udine dove insegna informatica di base, reti di calcolatori e sicurezza informatica. La sua attività di ricerca, dopo essere stata centrata per diversi anni nel campo degli strumenti CAD per la progettazione e il collaudo di circuiti integrati VLSI è attualmente orientata alle reti di calcolatori, alla sicurezza informatica e al pervasive computing, in particolare algoritmi di controllo distribuiti e sistemi ad agenti. Ha partecipato a "StartCup" (una "business plan competition") nel 2007 e nel 2013 e in entrambe le occasioni il suo team si è aggiudicato un premio (nel 2007 con il progetto "Virtual Watchdog" e nel 2013 con "Thermostat++"). Dopo aver diretto il Centro di Calcolo di ateneo e il Dipartimento di Ingegneria Elettrica, Gestionale e Meccanica, è attualmente delegato del Rettore per l'area Informatica e Reti e Coordinatore del Corso di Studi in Ingegneria Elettronica dell'Università di Udine

Elio Toppino. Laureato in ingegneria elettronica, è professore associato presso il Dipartimento di Scienze Matematiche, Informatiche e Fisiche dell'Università degli Studi di Udine dove insegna Tecnologie Web e Laboratorio, Sistemi Multimediali e Laboratorio e Progettazione di Sistemi Multimediali. La sua attività di ricerca, dopo essere stata centrata, per diversi anni, su temi relativi alla modellazione qualitativa di sistemi tecnici nel campo della Intelligenza Artificiale, è attualmente orientata alla progettazione multimediale e alla ingegneria ontologica con applicazioni al Semantic Web e all'e-Learning. Ha fatto parte della task force di MONET (la rete europea di eccellenza sul Model Based Reasoning e sul Qualitative Reasoning) ed è stato referente locale per il Progetto Lauree Scientifiche (settore Matematica).

Patrizia Simeoni. È dottore di ricerca in energetica è ricercatore presso il Dipartimento Politecnico di Ingegneria e Architettura dell'Università degli Studi di Udine dove insegna la compatibilità ambientale degli impianti industriali. La sua attività di ricerca si rivolge all'individuazione di modelli di support alle decisioni e ottimizzazione energetico-economica-ambientale di sistemi di recupero energetico da attività industriali e di reverse logistics. Attualmente è impegnata nello studio di sistemi di cattura, stoccaggio e utilizzo delle emissioni di anidride carbonica.

Gellio Ciotti. Ha conseguito con lode la Laurea Magistrale in Ingegneria per l'Ambiente e l'Energia presso l'Università di Udine, discutendo una tesi relativa allo sviluppo di un metodo per l'ottimizzazione di impianti a biomassa. Da novembre dottorando di ricerca in tecnologie chimiche ed ambientali presso il Dipartimento Politecnico di Ingegneria e Architettura (DPIA) dell'Università degli Studi di Udine, dove attualmente svolge attività di ricerca in qualità di ricercatore esterno affrontando tematiche di efficientamento energetico nei distretti industriali e nei poli civili energivori.

Fabio Dal Magro. Laureato in ingegneria meccanica all'Università di Udine è dottorando di ricerca in Scienze dell'ingegneria energetica ed ambientale presso il Dipartimento Politecnico di Ingegneria e Architettura (DPIA) della stessa università, svolgendo la propria attività di ricerca sull'applicazione di materiali a cambiamento di fase nei sistemi di recupero energetico. Co-fondatore dello spin-off accademico Ibis Engineering S.r.l. che si occupa di efficientamento energetico.

Yaneth Alvarez. Laureata in Economia e Commercio indirizzo Direzione Aziendale all'Università della sales di Bogotà è attualmente dottoranda di ricerca in ingegneria Gestionale all'università di Università Udine. Ha frequentato il Master in Net-economy presso l'Università Trieste. L'attività di ricerca è centrata sulla applicazione di una metodologia per la pianificazione energetica in ottica green e Lean con il contributo degli strumenti informatici.