

POLITECNICO DI TORINO

Corso di laurea Magistrale in Ingegneria Energetica e Nucleare



Tesi di Laurea Magistrale

Il legame tra le buone pratiche di conduzione e manutenzione degli impianti ausiliari nell'industria e l'efficienza energetica

Relatore

prof. Marco Carlo Masoero

Candidato

Alessandro Corradin

Luglio 2018

Alla mia famiglia, per la quale non sarà mai abbastanza un semplice grazie.

Indice

Indice delle figure	5
Indice delle tabelle	7
INTRODUZIONE	8
CAPITOLO I: IMPIANTI AUSILIARI – MANUTENZIONE E CONDUZIONE	10
1.1 CLASSIFICAZIONE IMPIANTI AUSILIARI.....	10
1.2 DEFINIZIONI, OBIETTIVI E FUNZIONI.....	14
1.3 POLITICHE MANUTENTIVE.....	17
1.4 CENTRALE TERMICA.....	19
1.4.1 Disposizioni tecniche a livello di apparecchiatura	21
1.5 CENTRALE FRIGORIFERA.....	24
1.5.1 Disposizioni tecniche a livello di apparecchiatura.....	26
1.6 CENTRALE DI PRODUZIONE E DISTRIBUZIONE DELL’ARIA COMPRESSA.....	27
1.6.1 Disposizioni tecniche a livello di apparecchiatura.....	31
1.7 ILLUMINAZIONE INTERNA ED ESTERNA.....	32
1.7.1 Disposizioni tecniche a livello di apparecchiatura.....	39
CAPITOLO II: QUADRO NORMATIVO	42
2.1 LEGISLAZIONE NAZIONALE.....	42
2.2 LEGISLAZIONE REGIONALE (PIEMONTE).....	49
2.3 NORMATIVA TECNICA SULL’ EFFICIENZA ENERGETICA	51
CAPITOLO III: QUESTIONARIO	55
3.1. TESTO.....	55
3.2. RISULTATI.....	58
CAPITOLO IV: ENERGY MANAGEMENT SYSTEM	74
4.1 MONITORAGGIO CONSUMI ENERGETICI.....	78
4.1.1 Supervisory Control And Data Acquisition.....	82
4.2 APPLICAZIONE AL PIANO DI MANUTENZIONE E CONDUZIONE IMPIANTI.....	85
4.2.1 Manutenzione 4.0.....	87
4.2.2 Manutenzione predittiva e condition monitoring.....	89

CAPITOLO V: BUSINESS CASE RELATIVO ALL'ARIA COMPRESSA.....	91
5.1 FOCUS ARIA COMPRESSA.....	91
5.2 CASE STUDY.....	98
CAPITOLO VI: CONCLUSIONE.....	104
Bibliografia.....	106
Appendice.....	107
Ringraziamenti.....	120

Indice delle figure

Figura 1: Schematizzazione della Struttura Energetica Aziendale.....	10
Figura 2: Schema semplificato di un impianto di produzione e distribuzione dell'aria compressa.....	27
Figura 3: Variazione dell'illuminamento attraverso la vita di un impianto.....	35
Figura 4: Programma di manutenzione ad intervalli regolari.....	38
Figura 5: Programma di manutenzione ad intervalli variabili.....	38
Figura 6: Distribuzione merceologica delle imprese intervistate.....	55
Figura 7: Matrice di incidenza.....	70
Figura 8: Mappatura della matrice di correlazione.....	71
Figura 9: Distribuzione dei valori medi di valutazione.....	71
Figura 10: Distribuzione dell'incidenza sulla soddisfazione.....	72
Figura 11: Mappatura dei risultati.....	73
Figura 12: Ciclo di Deming.....	74
Figura 13: Risparmi energetici verificati dal SEP.....	76
Figura 14: Risparmi energetici sul consumo totale di energia.....	77
Figura 15: Risparmi economici sul costo energetico totale.....	77
Figura 16: Fasce di campionamento per imprese industriali.....	78
Figura 17: Flusso dei dati.....	83
Figura 18: Curva P-F.....	89
Figura 19: Partizione dei consumi di energia di un compressore.....	91
Figura 20: Percentuali di incidenza di ogni tipologia di intervento sul totale dei progetti suggeriti.....	93
Figura 21: Reportistica Leak Management cementificio intervistato.....	93
Figura 22: Confronto della produzione di aria compressa prima e dopo l'intervento.....	96
Figura 23: Monitoraggio centrale AC.....	97
Figura 24: Centrale di produzione e distribuzione AC.....	98
Figura 25: Misurazione potenza totale	99
Figura 26: Misurazione portata totale.....	99

Figura 27: Misurazione consumo specifico.....	100
Figura 28: Pannello locale di controllo.....	101
Figura 29: Sistema di supervisione.....	101
Figura 30: Controllo dati in remoto.....	102
Figura 31: TCO compressore.....	103

Indice delle tabelle

Tabella 1: Decadimento luminoso delle lampade.....	34
Tabella 2: Intervalli di manutenzione in base alle condizioni dell'ambiente.....	36
Tabella 3: Intervalli di pulizia degli apparecchi.....	36
Tabella 4: Durata di esercizio delle lampade.....	37
Tabella 5: Valori minimi consentiti del rendimento di combustione.....	47
Tabella 6: Statistiche descrittive.....	70
Tabella 7: Valori medi di valutazione e di incidenza sulla soddisfazione.....	71
Tabella 8: Numero di certificazioni ISO 50001 per settore industriale.....	75
Tabella 9: Soglie percentuali di copertura dei piani di misurazione e/o monitoraggio.....	80
Tabella 10: Percentuale di incidenza di ogni tipologia di intervento sul totale dei progetti suggeriti.....	92
Tabella 11: Reportistica Leak detection cementificio intervistato.....	96
Tabella 12: Situazione iniziale sala compressori.....	99
Tabella 13: Situazione finale sala compressori.....	100

INTRODUZIONE

Il risparmio energetico è una questione importante per il settore industriale, nel quale la gestione dei costi energetici, la riduzione dei consumi e il tema della sostenibilità ambientale rappresentano fattori cruciali.

Nello scenario attuale, un'adeguata conduzione e manutenzione degli asset fisici aziendali assume un'importanza sempre più significativa per i risultati d'impresa, poiché è in relazione diretta con i fattori che ne influenzano la competitività.

Tuttavia, anche se un'adeguata gestione della manutenzione, specialmente nelle attività industriali ad alto consumo di energia, potrebbe offrire buone possibilità di miglioramento, non sempre vi è all'interno delle imprese la coscienza di tale opportunità.

Ciò avviene principalmente a causa di una cultura organizzativa che considera la manutenzione più come un centro di costo, rimanendo focalizzati su un approccio tradizionale che intende l'attività manutentiva sostanzialmente come "riparazione".

Purtroppo, essa non è ancora intesa come alternativa in grado di evolversi verso un tipo più complesso di attività, capace di dare valore ad azioni quali la prevenzione ed il miglioramento continuo, in una prospettiva sistemica rivolta a tutto il ciclo di vita delle attrezzature che compongono l'impianto.

Per garantire che l'impianto raggiunga e mantenga la prestazione desiderata, è necessario determinare quali siano le operazioni di manutenzione e in che modo le attività di manutenzione abbiano effetto in termini di contributo totale alla performance e agli obiettivi di produzione.

Il deterioramento della condizione dei sistemi, e quindi del loro corretto funzionamento, comincia a verificarsi non appena vengono autorizzati ad entrare in funzione.

Oltre alla normale usura e all'inevitabile deterioramento, possono verificarsi altri guasti, soprattutto quando l'apparecchiatura viene spinta oltre i limiti di progettazione o a seguito di errori operativi.

I tempi di inattività dell'apparecchiatura, i problemi legati alla qualità, le perdite energetiche, i pericoli di sicurezza o inquinamento ambientale diventano le evidenti conseguenze.

Esse possono avere un impatto negativo sui costi operativi, sulla redditività, sulla soddisfazione dell'utenza, sulla produttività e su altri importanti indici di prestazione.

Molte di queste problematiche possono essere corrette con semplici regolazioni, interventi di pulizia, sostituzione o eliminazione di componenti, e tutto ciò che dovrebbe comporre un chiaro programma manutentivo attuato dall'azienda.

La principale sfida del mio studio consisterà nel promuovere una strategia di manutenzione ed ottimizzare le procedure di conduzione degli impianti non coinvolti direttamente nel processo produttivo, in modo da massimizzare la disponibilità e l'efficienza dell'impianto, controllando il tasso di deterioramento, garantendo un funzionamento sicuro, riducendo i costi, aumentando la produttività del sito, ma soprattutto minimizzando i consumi energetici.

Desidero dimostrare qualitativamente e quantitativamente come un miglioramento delle procedure di conduzione e manutenzione degli impianti possa avere un'influenza positiva sull'energy management aziendale.

Al fine di ottenere questi risultati sosterrò la necessità di un'attività di continuo controllo, facente parte di un sistema più ampio di gestione dell'energia, già previsto da qualche anno

a livello industriale e concentrato in particolar modo sugli impianti direttamente coinvolti nel processo produttivo.

Il monitoraggio continuo o periodico in forma automatica o semi-automatica è certamente la modalità migliore per consentire di tracciare la storia e lo stato dell'impianto tenuto sotto osservazione, e conoscere al meglio i suoi modi di funzionamento (e di malfunzionamento), fornendo da un punto di vista manutentivo informazioni essenziali per l'esecuzione di tecniche migliorative.

Si consentirà in questo modo una scelta di un insieme ottimale di interventi manutentivi e di tecniche gestionali e operative in grado di ottenere elevate prestazioni del sistema nella sua complessità.

Nella sempre più attuale visione di una completa automazione industriale (Industria 4.0), sarebbe estremamente importante grazie a questo lavoro avvicinare l'attenzione delle imprese verso gli ampi e sconosciuti margini di riduzione degli sprechi energetici presenti nei loro stabilimenti.

Nel corso del mio lavoro ho dapprima descritto lo scenario manutentivo attuale sia dal punto di vista metodologico e tecnico, a livello di equipments coinvolti nei servizi ausiliari, e sia dal punto di vista normativo, con ampio riferimento alla legislazione inerente all'efficienza energetica.

Ho spostato successivamente l'attenzione sul mercato, sottoponendo un questionario ad un certo numero di aziende, in modo da fotografare e verificare il reale scenario attuale nel comparto industriale.

A supporto delle soluzioni di efficientamento energetico proposte, e a ciò che sto cercando di dimostrare, ho presentato nel capitolo finale un esempio virtuoso, un business case nel quale tutto ciò viene già implementato con conseguenti vantaggi.

1. IMPIANTI AUSILIARI - MANUTENZIONE E CONDUZIONE

1.1 Classificazione impianti ausiliari

In generale, un impianto industriale (o sistema di produzione) è un complesso di macchine, apparecchiature e servizi atti a permettere la trasformazione di materie prime o derivati in prodotti finiti.

Esso si inserisce in una struttura o sistema produttivo più complesso, che si chiama impresa o azienda, rivolta in generale al perseguimento degli obiettivi economici, ovvero produrre un utile che vada a compensare tutti i costi di produzione.

Come specificato dall'ENEA¹, risulta utile rappresentare ogni sito aziendale secondo lo schema di flusso riportato in figura 1 in modo da caratterizzare la Struttura Energetica Aziendale.

Tale schema può essere facilmente utilizzato in tutte le realtà produttive (primaria, secondaria e terziaria) e adattato ad ogni singola realtà.

Questo schema energetico ha lo scopo principale di suddividere i consumi annui di uno specifico vettore energetico tra le diverse utenze presenti nello stabilimento.

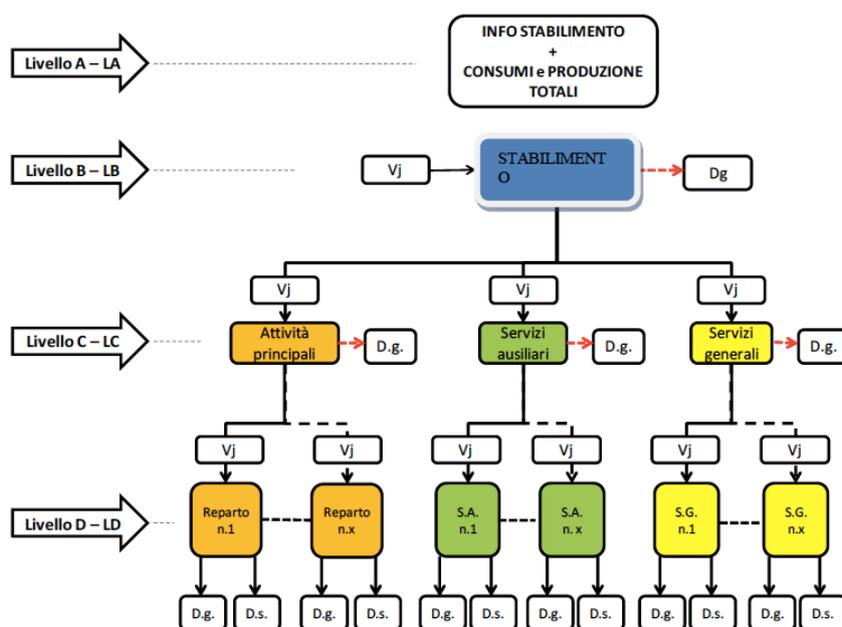


Figura 1. Schematizzazione della Struttura Energetica Aziendale

¹ Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

L'insieme delle attività svolte all'interno di uno stabilimento sono quindi organizzate e suddivise nel modo seguente:

- a) **Attività principali:** tutte le attività legate all'articolazione della produzione o che caratterizzano il servizio erogato, distinte per tipologia di prodotto/servizio laddove applicabile, e strutturate in aree funzionali² ben distinte. Si tratta di attività strettamente correlate alla destinazione d'uso generale dell'azienda, in pratica le attività che rappresentano il "core business" aziendale. Nel caso di realtà industriale, in tale descrizione vanno inserite tutte le attività legate direttamente al processo produttivo.
- b) **Servizi ausiliari e accessori:** tutte le attività a supporto delle attività principali quali ad esempio il sistema di produzione dell'aria compressa, la centrale termica, la centrale frigo, i sistemi di aspirazione, di movimentazione dei materiali, ecc.
- c) **Servizi generali:** tutte le attività che sono connesse al processo produttivo/servizio offerto i cui fabbisogni però non sono ad essi strettamente correlati. In questo contesto fanno parte l'illuminazione, il riscaldamento, la climatizzazione in generale, gli uffici, la mensa, gli spogliatoi e altro. Questa parte di attività è altresì importante in quanto le specifiche destinazioni d'uso vanno definite in maniera puntuale, ovvero ad esempio il livello di luminosità e il livello di climatizzazione in funzione delle condizioni di utilizzo delle specifiche aree.

Nel mio studio mi occuperò di tutti quegli impianti non direttamente coinvolti nel processo produttivo dell'azienda ma ugualmente indispensabili per poter garantire il regolare sviluppo dell'attività produttiva.

Detto che in un impianto industriale si possono generalmente distinguere sia impianti di produzione in senso stretto o tecnologici e sia un certo numero di impianti ausiliari o di servizio, gli impianti tecnologici da soli non consentono di ottenere nessun tipo di prodotto ed il loro funzionamento è solo possibile in virtù degli impianti ausiliari o di servizio, impianti complementari e strettamente inseriti nella struttura complessiva (impianto idraulico, impianto elettrico, impianto aria compressa, impianto vapore tecnologico,...).

Gli impianti di servizio sono comuni a diversi impianti di produzione, si diversificano sostanzialmente solo dal punto di vista della potenzialità e sono finalizzati ad uno dei seguenti scopi:

- Alimentazione di energia termica e/o elettrica agli impianti tecnologici.
- Alimentazione e scarico di materiali solidi e/o di fluidi vari.
- Realizzazione di condizioni ambientali idonee alla produzione o conservazione dei beni e ad assicurare il benessere fisiologico dei lavoratori.
- Realizzazione di condizioni di igiene e sicurezza, sia all'interno dell'impianto, sia nei confronti dell'ambiente esterno.

² Funzione aziendale (o area funzionale) è un insieme di attività svolte all'interno dell'azienda, raggruppate in base al criterio dell'omogeneità delle competenze necessarie per svolgerle

Gli ausiliari sono presenti in tutti gli stabilimenti industriali e in tutti i sistemi produttivi del terziario, la loro concezione e struttura sono del tutto generali e indipendenti dalla particolare tecnologia produttiva.

Un criterio di classificazione degli ausiliari consiste in tre diversi profili di analisi.

1) A seconda dell'entità servita:

- a) Mezzi destinati al processo produttivo.
- b) Persone addette.

2) A seconda del tipo di servizio:

- a) Di alimentazione (o centrifugo): il servizio prodotto da un'unità centrale viene distribuito nei punti di utilizzazione (ad esempio energia elettrica, acqua industriale, vapore).
- b) Di scarico (o centripeto): l'oggetto del servizio viene raccolto dalle utenze e convogliato ad un centro raccolta (ad esempio degli effluenti liquidi).

3) A seconda della funzione svolta:

- a) Produzione e distribuzione di energia (termica, elettrica, pneumatica da fluidi in pressione).
- b) Controllo delle condizioni ambientali di lavoro (riscaldamento, ventilazione, condizionamento, illuminazione).
- c) Trasporto di materiali solidi e fluidi.
- d) Interazione impianto-ambiente esterno (trattamento effluenti liquidi e gassosi, approvvigionamento e trattamento acqua industriale).

Le varie aree funzionali, che compongono questa macro-area, ognuna di esse con una precisa destinazione d'uso e un preciso peso specifico sui consumi totali, possono essere sintetizzate e suddivise per reparto, nel seguente modo:

- Sala compressori.
- Centrale termica.
- Centrale frigorifera.
- Impianto a pompa di calore.
- Centrale elettrica.
- Impianto di trattamento aria.
- Centrale idrica.

Tenendo conto della rilevanza della percentuale di consumo energetico relativa alle attività ausiliarie rispetto ai consumi totali, nello sviluppo del mio lavoro presenterò dal punto di vista metodologico, tecnico e normativo gli aspetti manutentivi legati alla produzione del freddo in centrale frigorifera, alla produzione di calore in centrale termica e alla produzione e distribuzione dell'aria compressa.

In aggiunta, ho deciso di occuparmi al paragrafo 1.7 dell'attività di conduzione e manutenzione connessa all'illuminazione artificiale interna ed esterna al sito industriale, anche se si tratta nello specifico di un servizio classificato come generale.

1.2 Definizioni, obiettivi e funzioni

La conduzione, la gestione e la manutenzione degli impianti comprendono tutte le attività finalizzate a mantenere l'efficienza e l'idoneità all'uso, in sicurezza, di tutti gli impianti tecnologici, assicurando il mantenimento del loro stato di conservazione e la rispondenza normativa, mantenendo inalterate nel tempo la continuità dei servizi e le caratteristiche degli impianti stessi.

Queste operazioni devono essere condotte nell'ambito di una politica di miglioramento continuo che abbia come obiettivi la riduzione dei costi e dei consumi energetici di manutenzione ed esercizio.

Quando parliamo di "conduzione" ci riferiamo all'insieme delle operazioni, effettuate nel rispetto delle normative vigenti, necessarie a garantire il funzionamento dell'impianto secondo i dati di progetto e la destinazione d'uso, il controllo di tutti i parametri funzionali e degli indici prestazionali, la continuità del funzionamento, la sicurezza di utilizzo e l'aggiornamento della documentazione e dei registri di legge.

Per definire invece la manutenzione facciamo riferimento alla prima definizione data dall'OCSE³, risalente all'anno 1963:

"Si intende per manutenzione quella funzione aziendale alla quale sono demandati il controllo costante degli impianti e l'insieme dei lavori di riparazione e revisione necessari ad assicurare il funzionamento regolare e il buono stato di conservazione degli impianti produttivi, dei servizi e delle attrezzature di stabilimento".

Con le più recenti norme **UNI 13306**, **UNI 9910** e **UNI 10147** la manutenzione viene invece esplicitata come:

"Combinazione di tutte le azioni tecniche, amministrative e gestionali, incluse le azioni di supervisione, volte a mantenere o a riportare un'entità in uno stato in cui possa eseguire la funzione richiesta".

In termini aziendali la missione della manutenzione è quella di assicurare la disponibilità degli impianti minimizzando le fermate per guasti e assicurando la stabilità di marcia degli impianti, mantenendo strutture e macchine in grado di funzionare nelle condizioni stabilite, contribuendo ad aumentare l'efficienza del sistema produttivo, effettuando le attività con la massima economicità, conservando il patrimonio impiantistico aziendale per l'intera vita utile e contribuendo a garantire la sicurezza del personale e la tutela ambientale.

Le attività necessarie per raggiungere tali obiettivi sono di natura esecutiva, tecnica, organizzativa, gestionale e consultiva.

In ambito esecutivo consideriamo le operazioni di lubrificazione e di pulizia, le ispezioni, i controlli, le sostituzioni e le revisioni, l'assistenza a terzi e la conduzione di impianti ausiliari.

Per quanto riguarda l'ambito tecnico facciamo riferimento alla preparazione dei piani di manutenzione preventiva e delle ispezioni, alla preparazione dei lavori, all'analisi dei guasti, alla raccolta, all'analisi, alla diffusione, all'archiviazione e all'aggiornamento dei dati sulle prestazioni e sulla documentazione tecnica e normativa, alla ricerca di nuovi metodi,

³ Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico

tecniche, mezzi ed attrezzature, all'addestramento tecnico per operai e tecnici, alle proposte di modifiche e migliorie e agli adeguamenti impiantistici alle norme di sicurezza.

Dell'ambito organizzativo/gestionale fanno parte invece l'elaborazione di rapporti periodici su andamenti e consumi, l'individuazione di ricambi e materiali, la quantità a magazzino e i livelli di riordino, la programmazione e il reperimento delle risorse necessarie per eseguire i lavori e l'elaborazione dei piani tecnico-economici.

Infine, l'ambito consultivo diventa decisivo in termini di contributo nell'installazione e nell'avviamento di nuovi impianti, nella progettazione di modifiche e nell'addestramento dei conduttori dell'impianto.

Tra le funzioni aziendali di manutenzione, produzione e progettazione esistono legami.

L'intersezione tra il piano di manutenzione e la produzione consiste fondamentalmente nel decentramento della manutenzione nei singoli reparti di produzione, nel livello di conoscenza tecnica di manutenzione da parte del personale di esercizio coinvolto nel processo produttivo e nella dipendenza reciproca dei due settori senza la quale non potrebbero svolgere le rispettive funzioni ottimamente.

Il legame tra l'attività di manutenzione e il programma di progettazione coinvolge l'impiego di materiali di adeguata qualità e sicurezza, unificati e standardizzati, il necessario contatto interno destinato alla valorizzazione delle esperienze e delle informazioni di ritorno sia in fase di esercizio e sia in fase di manutenzione delle macchine ed infine nella modifica di soluzioni adottate in fase progettuale, a seguito della pratica sperimentazione, con rapide correzioni e miglioramenti.

I collegamenti tra queste aree rendono necessaria una certa organizzazione tra i diversi interpreti che ne fanno parte (progettista e costruttore, utilizzatore e manutentore), anche se purtroppo un confronto sistematico tra le parti viene spesso a mancare.

La tendenza attuale è anche quella di affrontare il fenomeno manutentivo in un'ottica di sistema, inteso come insieme di uomini, mezzi, organizzazione, strutture e metodi con l'obiettivo di mantenere e migliorare nel tempo l'efficienza degli impianti minimizzandone esclusivamente i costi.

Per fare ciò si agisce in maniera integrata sui metodi di svolgimento delle attività e sull'integrazione fra le varie funzioni aziendali e si affrontano contemporaneamente tutti gli aspetti.

In ambito organizzativo si razionalizza il sistema di fermate impianti, si migliorano le funzioni di ispezione e di controllo e si ottimizza la gestione dei ricambi.

In ambito tecnico è necessario invece rinforzare le capacità di analisi dei guasti e di riparazione, intensificare l'azione di miglioramento strutturale degli impianti ed individuare le relazioni tra fatti tecnici e conseguenze economiche.

In ambito economico la manutenzione è assimilabile a tutti gli effetti ad un investimento, in funzione dei volumi di produzione e dell'importanza dell'impianto nel ciclo produttivo.

In ultimo, il fattore umano costituito da tutte le persone di qualsiasi livello destinate all'attività di manutenzione è un tema che coinvolge la politica del personale, la collocazione gerarchica ed organizzativa, la mentalità aziendale ed il livello di preparazione.

Quest'ultimo aspetto giustifica il fatto che la quantità e la qualità della produzione dipendono fortemente dal manutentore che opera per controllare e mantenere le elevate prestazioni dell'impianto.

Nell'attività manutentiva interna all'azienda distinguiamo tre diversi profili professionali:

- Il manutentore polivalente che opera autonomamente nell'area meccanica e in quella elettrico-elettronica, per attività manutentive generica, per la messa a punto e in qualche caso per la conduzione della macchina.
- Il manutentore specialista di mestiere, che possiede le tecniche operative in settori specifici.
- Il manutentore di sistemi che è uno specialista tecnico e nello stesso tempo un diagnosta.

Nel corso degli anni il rapporto numerico tra operai di manutenzione e operai di esercizio è raddoppiato, in linea con la crescita dei costi di manutenzione, sottolineando la tendenza all'aumento del peso della manutenzione nel complesso delle attività aziendali.

All'interno delle imprese, nella direzione di un continuo miglioramento, le azioni più significative consistono nello sviluppo delle abilità professionali degli uomini, nell'incentivo verso la polivalenza e nel decentramento delle responsabilità, integrando funzioni e competenze.

La struttura manutentiva vede comunemente un nucleo centrale e unità decentrate. Nel nucleo centrale sono collocati tecnici e specialisti di mestiere che forniscono servizi alle unità decentrate, portando avanti le attività di pianificazione, esecuzione dei lavori ed ispezioni di lungo periodo.

Nelle unità decentrate ci sono operatori e manutentori polivalenti che formano nuclei operativi a presidio di gruppi di macchine con compiti di conduzione, regolazione, piccola manutenzione e pronto intervento.

Con il tempo e con il crescere della complessità degli impianti e del numero di procedure di controllo e gestione delle apparecchiature l'azienda ha affiancato alla consueta attività di conduzione interna anche una gestione manutentiva esterna realizzata da aziende opportunamente qualificate.

1.3 Politiche manutentive

Alla base di un programma di manutenzione chiaro ed efficace è indispensabile da parte dell'impresa pianificare e portare avanti una precisa politica manutentiva che coinvolga tutti i possibili aspetti ai quali una macchina o un sistema possa andare incontro.

Di seguito analizziamo le politiche di manutenzione più utilizzate a livello industriale, oggetto di un'evoluzione temporale che è sempre stata rivolta verso un criterio di miglioramento.

A seconda dello scopo per cui sono eseguite, le attività manutentive si possono classificare come manutenzione ordinaria oppure straordinaria.

La **manutenzione ordinaria** (o di mantenimento) comprende l'insieme di tutte le operazioni correttive di piccola entità, saltuarie o periodiche, che sono necessarie per garantire il corretto funzionamento e l'efficienza di un impianto.

Sono classificati come ordinari gli interventi dovuti ad anomalie che scaturiscono di solito dalle segnalazioni del personale di esercizio e di manutenzione e nel momento in cui emergono le anomalie si discute di priorità/urgenze, possibilità o meno di manutenzione, tempistica e modalità di intervento.

Per quanto riguarda invece gli altri interventi di mantenimento, non dovuti ad anomalie, ci riferiamo ad ingrassaggi, controlli livelli, rabbocchi di lubrificante o altri fluidi, eliminazione di minime perdite da valvole, raccordi, flange, sostituzioni di filtri, controlli visivi, ripristini, pulizie, verifica e taratura degli strumenti.

Le restanti azioni manutentive migliorative e rivolte alla prevenzione sono comprese invece nella definizione di **manutenzione straordinaria**.

Per manutenzione preventiva intendiamo ogni intervento eseguito con lo scopo di evitare l'insorgere di un'anomalia o un guasto del componente. La maggiore longevità dei sistemi può essere ottenuta attraverso:

- Manutenzione programmata: metodo classico per prevenire i guasti concentrando in un certo periodo di tempo (fermo programmato) tutti gli interventi non eseguibili in esercizio, che si reputano essere indispensabili ad assicurare la disponibilità dell'impianto per il resto dell'anno.
- Manutenzione ciclica: comprende tutti gli interventi periodici, fissi e ripetitivi, prescritti dai costruttori e presenti nei libri di uso e manutenzione, e cadenzati sulla base delle ore di funzionamento, delle ore equivalenti o del tempo.
- Manutenzione predittiva: grazie a metodologie non invasive, quali controlli ed ispezioni che consentono di formulare ipotesi sulla vita residua del componente, si cercano di valutare le reali condizioni di un componente per decidere se è veramente necessario l'intervento tecnico.

L'attività di monitoraggio svolta con un tipo di manutenzione predittiva può essere continua, in modo da ridurre i rischi di danneggiamento dell'apparecchiatura, a vantaggio della conservazione delle macchine e della sicurezza delle persone, oppure periodica.

La manutenzione programmata o ciclica risulta spesso inadeguata alle effettive condizioni e necessità di uno specifico impianto rispetto ad una manutenzione di tipo predittivo che possiede diversi benefici che la fanno preferire, tra i quali la programmazione degli interventi di manutenzione solo quando si rendono necessari, la riduzione dei costi poiché si sostituiscono solo le parti inefficienti, l'approvvigionamento per tempo dei materiali

necessari all'intervento tecnico, la possibilità di evitare le fermate non programmate del ciclo produttivo e l'opportunità di mantenere e garantire gli standard di sicurezza, affidabilità ed efficienza preservando il macchinario da danni più gravi.

Ogni intervento di ripristino (riparazione, revisione, sostituzione) a seguito di guasti o anomalie gravi fanno parte invece di un piano di manutenzione correttiva. A seconda dei casi, l'intervento può essere risolutivo oppure no.

L'urgenza impone molto spesso interventi "tampone" in modo da ripristinare la normalità e garantire nuovamente l'esercizio dell'impianto, in sicurezza, fino al fermo programmato seguente.

A livello industriale è opportuno che ogni tipo di azione manutentiva venga pianificata e faccia parte di un preciso programma di manutenzione, e che esso venga aggiornato con una certa frequenza (mensile, trimestrale, annuale o pluriennale).

1.4 Centrale termica

La centrale termica solitamente trova spazio in luoghi chiusi dello stabilimento industriale.

Il cuore principale di una centrale termica è il generatore di calore (caldaia), alimentato con un combustibile, in grado di produrre il fluido termovettore richiesto.

Solitamente sono alimentate a metano però se ne possono trovare anche a nafta, GPL ed in alcuni casi in centrale non vi è presenza di combustibile, come accade nel caso delle centrali a pannelli solari o delle centrali da teleriscaldamento dove la caldaia è sostituita da uno scambiatore di calore.

La caldaia deve essere dotata di una rampa del gas, di un bruciatore e di un camino per l'evacuazione dei fumi.

Il percorso formato dai fumi del combustibile è affiancato da quello del fluido termovettore che entra nel generatore secondo diverse metodologie, ma che una volta uscito viaggia nel complesso sistema di tubazioni che arricchiscono la centrale e che successivamente si diramano all'interno dell'azienda fino a raggiungere gli utilizzatori.

Generalmente se il fluido termovettore è acqua calda, essa circola in un anello chiuso dotato di vari componenti (vaso d'espansione, pompa di circolazione, collettore delle mandate e dei ritorni, pompa anticondensa, gruppo di reintegro da acquedotto e gruppo di decalcificazione) come avviene negli impianti di riscaldamento o climatizzazione, dal generatore parte una tubazione di mandata con il fluido caldo e arriva una condotta di ritorno con il fluido freddo.

L'impianto termico situato in centrale è un sistema tecnologico destinato ai servizi di climatizzazione invernale o estiva degli ambienti, con o senza produzione di acqua calda sanitaria, indipendentemente dal vettore energetico utilizzato, comprendente eventuali sistemi di produzione, distribuzione e utilizzazione del calore oltre agli organi di regolarizzazione e controllo.

Secondo la normativa vigente, si considerano impianti termici:

- Gli impianti di riscaldamento dotati di generatori di calore alimentati a gas, a gasolio, a biomassa, energia elettrica, altro (caldaie, condizionatori, pompe di calore).
- Le stufe, i caminetti, gli apparecchi di riscaldamento localizzato ad energia radiante installata in modo fisso sono assimilati ad impianti termici quando la somma delle potenze al focolare di tali unità per ciascuna unità immobiliare è maggiore o uguale a 5 kW.
- Gli impianti di climatizzazione estiva.
- Gli impianti di esclusiva produzione di acqua calda sanitaria per una pluralità di utenze o comunque non destinata a servire singole unità immobiliari residenziali o assimilate.
- Gli impianti alimentati da teleriscaldamento e/o sistemi e apparecchi cogenerativi.

Non sono invece classificabili come impianti termici i singoli scaldabagni, i sistemi di esclusiva produzione di acqua calda sanitaria se sono al servizio di una singola unità immobiliare, nonché gli apparecchi mobili per il riscaldamento o il raffrescamento, ossia non installati in modo fisso alle pareti o al soffitto e neppure i condizionatori da finestra anche se fissati alla parete o alla finestra.

Il conduttore, nello svolgimento della propria attività, è tenuto a collaborare con il responsabile dell'impianto, nell'ambito delle proprie competenze e responsabilità, per eliminare o minimizzare gli eventuali pericoli.

Gli impianti termici destinati alla climatizzazione dei locali ed alla preparazione di acqua calda sanitaria per uso igienico-sanitari, sono soggetti, nel tempo, ad un evitabile degrado, dovuto all'azione combinata di sollecitazioni meccaniche, sollecitazioni termiche ed usura, che ne possono ridurre il livello di sicurezza e di efficienza energetica, sia direttamente per rottura o disattivazione dei componenti e/o dispositivi, sia indirettamente a causa di deriva dei valori di taratura delle regolazioni.

Il corretto funzionamento nel tempo di un impianto termico, ai fini della sicurezza, dell'efficienza energetica e della tutela dell'ambiente, è quindi subordinato all'esecuzione di periodici controlli e ad un'accurata manutenzione.

L'esercizio è l'attività che dispone e coordina, nel rispetto delle prescrizioni relative alla sicurezza, al contenimento dei consumi energetici e della salvaguardia dell'ambiente, le attività di conduzione, manutenzione e controllo dell'impianto e dei suoi componenti.

Tutti gli impianti termici devono essere sottoposti a controlli periodici che hanno la duplice finalità di garantire una maggiore sicurezza e mantenere efficiente l'impianto in termini di prestazioni.

Secondo quanto previsto dalle norme in vigore viene solitamente effettuato l'esame visivo della corretta esecuzione, dello stato di conservazione e dell'idoneità dell'impianto termico e del locale tecnico.

In ogni caso ed in particolare quando si riscontrano eventuali non conformità a dette norme, vengono tecnicamente eseguite le operazioni di controllo e di manutenzione e il tecnico incaricato di effettuare il controllo e la manutenzione segnala sul rapporto di controllo le anomalie riscontrate alle quali il proprietario dovrà porre rimedio se vuole mantenere in servizio l'impianto.

La periodicità con cui il controllo e l'eventuale manutenzione dell'impianto termico vengono effettuate fa parte delle istruzioni fornite dal progettista dell'impianto stesso e, in assenza di tali istruzioni, compatibilmente con la tipologia dell'impianto, risultano valide le eventuali istruzioni date dai fornitori di apparecchi e componenti dell'impianto.

Le operazioni periodiche di controllo e manutenzione documentate nel rapporto di controllo e manutenzione rilasciato al responsabile dell'impianto sono conservate congiuntamente al libretto di centrale (o di impianto).

1.4.1 Disposizioni tecniche a livello di apparecchiatura

Come prescritto da normativa tecnica **UNI 8364** del 2007 e specificatamente nella seconda parte riguardante la “*Condizione dell'impianto termico*” prima di procedere all'accensione dell'impianto termico, il conduttore deve assicurarsi che sia stata effettuata la corretta manutenzione e che l'impianto risponda alle vigenti disposizioni legislative ambientali e di sicurezza.

Solo successivamente ad una serie di controlli preliminari, il conduttore può procedere all'avviamento e alla messa in servizio dell'impianto.

Una volta che il sistema è avviato il conduttore effettua diverse operazioni standard, integrate da ulteriori prescrizioni fornitegli dal responsabile dell'impianto termico ed eventuali istruzioni d'uso degli apparecchi e componenti dell'impianto termico, e nel caso avverta vibrazioni, surriscaldamenti o altre anomalie procede all'immediato spegnimento dell'impianto.

Durante il periodo di esercizio dell'impianto termico il conduttore è tenuto a controllare per quanto di sua competenza che il funzionamento dello stesso avvenga in modo corretto, monitorando i principali parametri caratteristici con sistemi di telelettura o di tele-gestione.

Nell'eventualità di guasti, anomalie, malfunzionamenti o comunque di scostamenti significativi dalle condizioni nominali di funzionamento il conduttore di solito richiede l'intervento del manutentore qualificato.

Al termine della stagione di riscaldamento invernale o di raffrescamento estivo il conduttore deve provvedere allo spegnimento dell'impianto, in tutte le sue parti, interruttori elettrici, valvole e organi di intercettazione.

Nella terza parte della norma UNI 8364 dedicata al “*Controllo e manutenzione*” sono inserite le istruzioni per il controllo e la manutenzione dello specifico impianto termico installato, fornite dal fabbricante dell'impianto stesso, e le istruzioni tecniche specifiche per la regolazione, l'uso e la manutenzione degli apparecchi, componenti e dispositivi facenti parte dell'impianto.

Il campo di applicazione di questa normativa tecnica riguarda gli impianti termici, non coinvolti nei cicli di produzione industriale, destinati al riscaldamento dei locali e alla produzione di acqua calda per usi igienico-sanitari aventi potenza termica del focolare maggiore di 35 kW, se alimentati a gas e potenza termica del focolare maggiore di 4 kW, se alimentati con altri tipi di combustibili.

Le operazioni di controllo ed eventuale manutenzione previste vanno eseguite con periodicità almeno annuale e devono essere effettuate da personale abilitato secondo le prescrizioni di legge vigenti in materia.

Gli esami preliminari finalizzati all'idoneità del locale tecnico e dell'impianto termico consistono in un esame della documentazione tecnica relativa all'impianto, resa disponibile su eventuale richiesta del manutentore, attinente all'intervento.

Una serie di esami visivi deve consentire invece di verificare che i locali dove è installato l'impianto termico soddisfino i requisiti minimi di sicurezza, controllare le linee di adduzione del combustibile compresi l'individuazione e l'accesso al contatore, le linee elettriche dell'impianto, lo stato di conservazione del bruciatore, lo stato di conservazione del generatore di calore ed ispezionare il canale da fumo e il camino.

Nell'attività di controllo e di eventuale manutenzione dell'impianto termico si effettuano le verifiche di tenuta e di portata della linea di adduzione del gas combustibile, se presenti, ispezioni annuali di serbatoi per GPL, il controllo della linea elettrica, la pulizia interna, l'eliminazione di eventuale acqua, l'ispezione interna ed esterna dei serbatoi del combustibile liquido, il controllo degli accessori del serbatoio e della sua linea di alimentazione.

Nel caso di bruciatori ad aria soffiata si seguono le operazioni previste dalla norma UNI 10435, trattata successivamente, mentre per tutti gli altri casi è necessario effettuare una serie di controlli di efficienza dei dispositivi con le modalità di prova indicate dalla presente normativa oppure direttamente dal fabbricante.

Nel caso di bruciatori a combustibile liquido almeno ogni anno devono essere verificate la tenuta delle elettrovalvole del bruciatore e la pressione di alimentazione e di aspirazione del combustibile sulla pompa del bruciatore. La manutenzione dei bruciatori a combustibile liquido comporta la pulizia delle parti accessibili e lo smontaggio degli organi di combustione.

Nei generatori alimentati da bruciatori azionati da motori elettrici e/o dotati di accensione elettrica le operazioni di pulizia devono essere eseguite dopo aver aperto l'interruttore generale e aver protetto e, se necessario, smontato il bruciatore.

Aperto il portello, si procede alla pulizia del focolare e dei passaggi del fumo con mezzi idonei, eliminando incrostazioni e fuliggini presenti. Dopo la pulizia, si richiudono i portelli assicurandosi della tenuta delle guarnizioni provvedendo se necessario alla loro sostituzione.

Queste operazioni devono essere eseguite periodicamente a giudizio del manutentore o comunque obbligatoriamente quando la temperatura dei fumi all'uscita del generatore, rilevata dal conduttore dell'impianto, è aumentata di quaranta gradi rispetto alla temperatura dei fumi rilevata al collaudo.

Nei focolari a combustibili solidi, invece, occorre mantenere la griglia sgombra da scorie, provvedendone alla pulizia secondo le indicazioni del fabbricante e, almeno una volta all'anno, occorre effettuare un controllo generale dei barrotti e delle traverse sostituendo gli elementi fusi o deformati.

Alla fine di ogni periodo di attività occorre effettuare la pulizia della camera di combustione e all'atto della pulizia è necessario controllare e ripristinare gli eventuali materiali refrattari.

La manutenzione del canale da fumo e del camino consiste sostanzialmente nella pulizia della fuliggine creata dagli incombusti e deve essere effettuata periodicamente a giudizio del manutentore, obbligatoriamente in ogni caso con cadenza almeno quinquennale.

Almeno una volta all'anno si deve effettuare il controllo degli organi di sicurezza e di protezione, verificando la loro efficienza e assicurandosi che le valvole di sicurezza non siano bloccate o che i tubi di sicurezza non siano ostruiti.

La manutenzione delle pompe di circolazione è rivolta agli organi di tenuta e deve essere eseguita almeno all'inizio di ogni stagione di attività, invernale o estiva.

Almeno ogni due anni bisogna provvedere alla ripresa della verniciatura di protezione e alla pulizia della girante dei ventilatori.

La manutenzione degli scambiatori di calore e dei riscaldatori d'acqua si attiva mediante idoneo lavaggio chimico oppure mediante lo smontaggio degli apparecchi in modo tale da mettere a nudo i circuiti primario e secondario e procedere alla disincrostazione ed alla eliminazione di eventuali fanghiglie.

Si deve provvedere inoltre con periodicità annuale alla pulizia delle batterie alettate di termoconvettori o di parti alettate di altri corpi scaldanti privi di filtri, e nel caso fossero presenti filtri occorre provvedere anche alla loro sostituzione in caso di bisogno.

Almeno una volta all'anno è indispensabile manovrare tutti gli organi di intercettazione e le valvole di regolazione in modo da accertarne il regolare funzionamento.

Allo stesso modo, il corretto funzionamento nel tempo di un impianto termico alimentato a combustibile gassoso, ai fini della sicurezza, è subordinato ad un'accurata manutenzione periodica.

La norma **UNI 10435** ne costituisce una guida per la manutenzione, l'accertamento dell'avvenuta manutenzione e del livello prestazionale dell'impianto ai fini dell'utilizzo razionale dell'energia.

Si applica agli impianti di combustione destinati al riscaldamento di ambienti con portata termica maggiore di 35 kW, non riguarda gli impianti inseriti in cicli di produzione industriale e le operazioni ed i controlli previsti dalla presente norma devono essere effettuati da personale abilitato.

Come prima cosa deve essere effettuato l'esame visivo della corretta esecuzione, stato di conservazione ed idoneità dell'impianto e del locale e nel caso si riscontrassero eventuali non conformità alle norme si esegue comunque la manutenzione dell'apparecchio segnalando sul rapporto finale le anomalie riscontrate.

Le operazioni minime da effettuare consistono nell'esame visivo della documentazione tecnica relativa all'impianto, della linea di alimentazione del gas, delle linee elettriche dell'impianto, dei locali adibiti a centrale termica, del camino e dei condotti dei prodotti della combustione e dello stato di conservazione del bruciatore e del generatore di calore.

Effettuati gli accertamenti preliminari sullo stato dei locali e degli impianti, presa coscienza della documentazione tecnica ed in particolare delle avvertenze per l'uso e manutenzione fornite dai costruttori dei componenti, l'impianto deve essere avviato per verificare il corretto funzionamento di tutti gli organi di intercettazione, regolazione, comando, controllo e sicurezza e per controllare sistematicamente la linea di adduzione del gas, la linea elettrica, il bruciatore e il generatore di calore.

1.5 Centrale frigorifera

Le macchine frigorifere sono collocate in un locale tecnico (centrale frigorifera) da cui si diramano le tubazioni che trasportano l'acqua refrigerata verso la unità di trattamento dell'aria (UTA) o i fan coil.

La centrale frigo può essere localizzata nel piano più basso dell'edificio a causa del peso elevato delle macchine frigorifero, in posizione possibilmente baricentrica per ridurre i tratti orizzontali delle tubazioni che collegano la centrale stessa alle utenze. In alternativa, può essere collocata in un locale separato dall'edificio, specialmente nel caso di grossi impianti.

Nella centrale frigorifera troviamo gruppi frigorifero, collettori di distribuzione, pompe di circolazione per il circuito dell'evaporatore, pompe di circolazione per il circuito del condensatore nel caso fosse raffreddato ad acqua, i sistemi di regolazione e controllo e il quadro elettrico.

Dalla centrale frigorifero si diramano poi le tubazioni di collegamento dell'evaporatore alla UTA e del condensatore alle torri evaporative.

Il locale deve avere dimensioni tali da consentire l'installazione delle diverse apparecchiature e lo spazio intorno ad esse per consentire le operazioni di manutenzione, spazio soprattutto necessario per l'estrazione dell'intero fascio tubiero del condensatore o dell'evaporatore.

I sistemi di refrigerazione sono fondamentali per il funzionamento di qualsiasi stabilimento che richiede il raffreddamento di un mezzo di processo o ha un esteso sistema HVAC⁴ e un carico di raffreddamento significativo.

La produzione di acqua refrigerata, le celle frigorifere per la conservazione di materia, lo stoccaggio dei prodotti o la climatizzazione sono alcuni esempi di dove la refrigerazione può essere richiesta nell'industria.

Da un punto di vista puramente economico si può facilmente ottenere nella maggior parte degli stabilimenti industriali un risparmio del 25-30% implementando pratiche di controllo e manutenzione più efficienti.

Garantire che un sistema di refrigerazione sia più efficiente assicura una migliore affidabilità, che a sua volta comporta meno rotture, minori costi di manutenzione e perdite di tempo e soprattutto margini di risparmio energetico.

I consumi energetici di refrigerazione variano notevolmente a seconda dello specifico settore in cui gli impianti frigo sono utilizzati e possono anche essere fortemente influenzati dalla temperatura ambientale esterna.

La refrigerazione in genere ammonta al 20-70% dei costi energetici complessivi nella maggior parte delle strutture che richiedono il raffreddamento.

Pertanto, se viene aumentata l'efficienza di refrigerazione, ciò comporterà un notevole risparmio energetico complessivo.

Le perdite di energia in un sistema di refrigerazione sono in genere il risultato di uno o più dei seguenti problemi: condensatori bloccati, riciclaggio di aria calda, livello dell'olio troppo alto o troppo basso, manutenzione inadeguata, perdite, controllo insufficiente, testa di distribuzione troppo bassa, scarsa scelta di refrigerante e ostacoli nel flusso d'aria.

Spesso nei sistemi di utilità industriale, i classici sistemi di controllo tradizionali sulla temperatura di set-point dell'acqua refrigerata non sono ottimali per il servizio a cui sono consegnati, perché non garantiscono un grandissimo effetto sull'efficienza del sistema.

Gli impianti con condensatori multipli o torri di raffreddamento, che fanno ancora affidamento sui pressostati tradizionali, vedrebbero un notevole aumento dell'efficienza se si decidesse di procedere all'installazione di microprocessori di controllo.

Un condensatore riceve gas refrigerante caldo da un compressore e lo condensa in un liquido. A temperature inferiori la pressione prodotta dal compressore può essere inferiore, questo riduce la quantità di lavoro richiesto dal compressore. L'installazione del controllo sulla testa di pressione flottante consente al compressore di fluttuare tra le pressioni alta e bassa in base alle condizioni ambientali. Ciò consentirà al compressore di funzionare in modo più efficiente ed economico.

È quindi essenziale monitorare i valori di temperatura dell'evaporatore e del condensatore rispetto alla temperatura esterna e ai livelli umidi per garantire prestazioni energetiche ottimali delle apparecchiature.

La perdita di refrigerante è un problema importante nell'industria sia perché la fuoriuscita di refrigerante riduce notevolmente l'efficienza del processo di refrigerazione e sia perché rischia di aumentare i costi operativi e lo sfruttamento di energia.

Alcuni dei prodotti chimici contenuti in un refrigerante possono essere pericolosi e pertanto comporterebbero un rischio considerevole per il personale e gli utenti finali del sistema.

A causa della natura pericolosa dei prodotti chimici per la refrigerazione e del grosso rischio per l'ambiente, è illegale consentire consapevolmente loro di fuoriuscire, quindi è una responsabilità cruciale di un'azienda assicurarsi che queste perdite vengano riparate.

Se le perdite non vengono riparate, influiranno notevolmente sull'efficienza e sulla gestione quotidiana dell'impianto, aumentando il consumo di energia e i costi.

Gli effetti delle perdite aumenteranno di intensità nel tempo man mano che materiali e attrezzature si degradano. È quindi essenziale monitorare i livelli di carica del refrigerante per garantire un funzionamento ottimale del sistema di refrigerazione in termini di prestazioni energetiche.

1.5.1 Disposizioni tecniche a livello di apparecchiatura

La quarta parte della famiglia normativa **UNI EN 378** del 2017 si occupa degli aspetti relativi al funzionamento, alla manutenzione e alla riparazione degli impianti frigoriferi e del locale tecnico che li ospita, e al recupero, al riutilizzo, e allo smaltimento di tutti i refrigeranti.

La norma impone che il personale incaricato della conduzione, della supervisione e della manutenzione degli impianti frigoriferi conosca in modo adeguato la modalità di funzionamento dell'impianto prima della messa in servizio dello stesso.

Questa normativa è tagliata su misura per gli impianti di taglia medio-grande, lasciati in carico al conduttore per la manutenzione ordinaria, come la pulizia del condensatore lato aria.

Il proprietario/conduttore deve tenere aggiornato il libretto di impianto in caso di carica di fluido refrigerante superiore ai tre chilogrammi, annotando i dettagli delle manutenzioni e riparazioni, la quantità e il tipo del refrigerante caricato, le modifiche e sostituzioni dei componenti, risultati delle comuni verifiche di controllo ed è obbligato a svolgere la ricerca delle fughe di fluido almeno una volta l'anno.

Ricordo che i fluidi refrigeranti utilizzati negli impianti frigoriferi industriali sono classificati come sostanze pericolose ed inquinanti, quindi le operazioni di riutilizzo/rigenerazione nel circuito dell'impianto o di smaltimento sono eseguite sotto precise indicazioni.

1.6 Centrale di produzione e distribuzione dell'aria compressa

Nonostante non venga reputata una forma di energia e quindi non considerata da buona parte delle aziende, per la sua produzione e per le necessità aziendali che ricopre, viene mediamente utilizzato l'11% del consumo di energia elettrica globale.

L'aria compressa ha perciò un peso rilevante sul bilancio energetico di una qualsiasi impresa e a fronte di un costo considerevole di esercizio viene utilizzata come vettore energetico in diverse applicazioni come per esempio l'attività di movimentazione dei componenti, trasporto merci, imballaggi, in processi quali asciugatura o verniciatura oppure per fornire l'aria necessaria ai cuscinetti negli utensili a precisione o ad alcuni strumenti per attività di controllo.

L'aria, presente in natura praticamente in quantità illimitata, per essere utilizzata come vettore energetico deve essere prima filtrata, poi compressa a pressioni superiori rispetto a quella atmosferica ed infine raffreddata e trattata prima di essere immessa nelle condotte e destinata alle utenze finali.

Per gestire al meglio un sistema ad aria compressa, sia in riferimento all'energia utilizzata sia alle caratteristiche dell'aria prodotta, è indispensabile conoscerne i parametri di funzionamento. Di conseguenza un monitoraggio in tempo reale di alcune grandezze come la portata d'aria, la pressione e la potenza assorbita sono la base per un'ottimizzazione del sistema.

I sistemi industriali ad aria compressa richiedono una manutenzione periodica per operare alla massima efficienza e ridurre al minimo i tempi di fermo non previsti.

Una manutenzione insufficiente può aumentare il consumo energetico a causa di una riduzione dell'efficienza di compressione, fughe d'aria o variabilità della pressione.

Nello stesso tempo si possono anche raggiungere alte temperature operative, un cattivo controllo dell'umidità, un'eccessiva contaminazione dell'aria e ambienti di lavoro non più sicuri.

Una buona conduzione e manutenzione dei componenti permette di evitare questo tipo di problemi assicurando vantaggi anche dal punto di vista energetico.

Un sistema ad aria compressa (figura 2) è comunemente composto dalla macchina di compressione, dal serbatoio, dal sistema di trattamento dell'aria composto dall'essiccatore e dai filtri, la rete e le utenze.

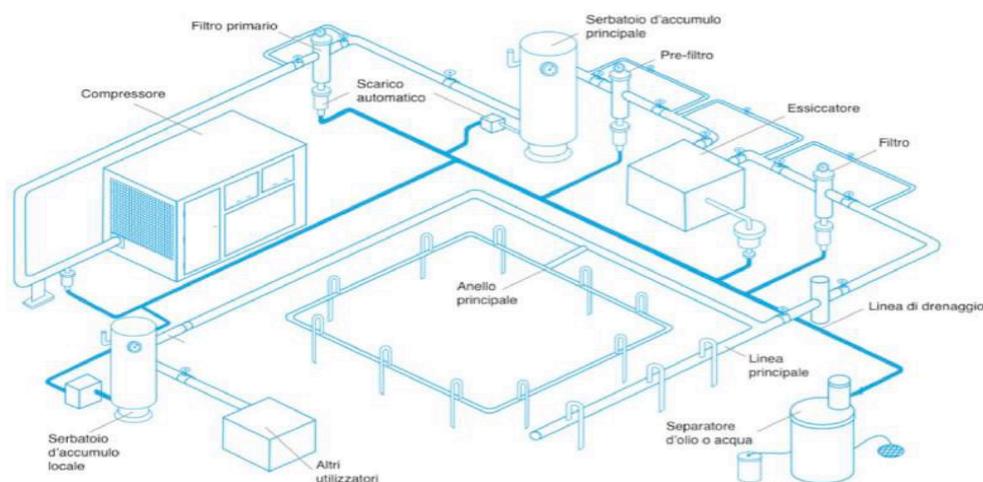


Figura 2. Schema semplificato di un impianto di produzione e distribuzione dell'aria compressa

Dal punto di vista manutentivo si riscontrano maggiori difficoltà di manutenzione in un tipo di produzione di aria compressa decentralizzata rispetto ad una produzione di tipo centralizzata, localizzata in un unico locale tecnico, detto centrale di compressione aria.

I più utilizzati nei settori industriali risultano essere i compressori volumetrici, rotativi a vite che a loro volta si dividono in altre due categorie: i compressori a vite lubrificati nei quali l'olio lubrifica il gruppo vite e i compressori a vite "oil free" dove l'olio viene utilizzato solo per il raffreddamento del gruppo vite.

Uno scarso raffreddamento del motore può aumentare la temperatura del motore e la resistenza dell'avvolgimento, riducendo la durata del motore e aumentando il consumo di energia.

Mantenere i motori e i compressori correttamente lubrificati e puliti evita questo tipo di problematica ed oltre ad un risparmio energetico, questa attività manutentiva può aiutare a evitare la corrosione e il degrado del sistema.

Se si utilizzano compressori con cinghie, un buon controllo e una buona regolazione delle cinghie attenua l'usura delle stesse durante il funzionamento.

Il serbatoio ha la funzionalità di stabilizzare la pressione nella rete comportandosi da polmone, ma permette anche all'aria di stabilizzarsi a livello di massa, attraverso il deposito e spurgo di eventuali condense.

Il sistema di trattamento dell'aria è importante tanto più sono spinte le caratteristiche di purezza dell'aria richieste dall'utenza.

Sono necessari filtri, per catturare le polveri e l'olio presenti nell'aria compressa, e un essiccatore per ridurre il contenuto di vapore acqueo. Gli essiccatori utilizzati sono di due tipologie, gli essiccatori a refrigerazione e gli essiccatori ad assorbimento.

Per garantire che l'essiccatore abbia la temperatura di ingresso più bassa possibile è necessario mantenere i raffreddatori sul compressore e sul postrefrigeratore.

Come di solito suggerito dal produttore si procede alla pulizia e alla sostituzione dei filtri e degli scambiatori e si controllano i sistemi di raffreddamento ad acqua per verificare la qualità dell'acqua, il flusso e la temperatura.

Per evitare che i filtri della condotta si blocchino, aumentando la caduta di pressione, è necessario mantenere pulite e libere le superfici del compressore e dell'intercooling ispezionando e periodicamente pulendo i filtri.

Quando i filtri vengono cambiati frequentemente è possibile ottenere una riduzione del 2% del consumo annuale di energia nei sistemi ad aria compressa.

Una volta che l'aria viene trattata, quindi essiccata e raffreddata, viene trasportata fino alle utenze finali attraverso una rete di distribuzione. Il compito della rete è quello di far arrivare l'aria compressa nei punti di utilizzo cercando di introdurre le minori perdite possibili, rendendo necessaria una valutazione delle potenzialità che potrebbero derivare da una buona progettazione (geometria della linea e tipologia di materiali usati) e da una corretta gestione della rete.

In genere le tipologie di rete utilizzate nell'industria sono reti di tipo ad anello chiuso visto che risultano essere molto più flessibili rispetto alle linee cieche e consentono un facile adattamento anche a futuri cambiamenti.

Dal punto di vista funzionale il fluido che transita all'interno ha velocità ridotte rispetto ad una linea cieca e di conseguenza si riducono anche la caduta di pressione e le perdite di

potenza nel circuito. La volumetria dell'anello inoltre tende a regolarizzare la pressione del sistema.

Nella rete di distribuzione si riscontrano perdite di energia legate per lo più alle perdite di pressione e alle fuoriuscite di aria dal sistema attraverso fori.

All'interno di un sistema di distribuzione le perdite di pressione possono essere suddivise in perdite distribuite e in perdite concentrate.

Le perdite distribuite sono dovute in particolare all'attrito tra il fluido e il materiale che costituisce le tubazioni e alla velocità del fluido stesso che ne determina il regime laminare o turbolento.

Per quanto riguarda le perdite concentrate queste sono riferite alle cadute di pressione introdotte dai singoli componenti in punti ben definiti del sistema. Ovvero sono considerate perdite concentrate le cadute di pressione originate dalle curve della rete, dalle strozzature, dai vari tipi di valvole che possono essere presenti, dai raccordi a T e via di seguito.

Le perdite d'aria visto che possono costituire una fonte significativa di spreco energetico devono essere minimizzate. Un tipico impianto malamente mantenuto potrebbe avere un tasso di perdita tra il 20% e il 50% della capacità totale di produzione di aria compressa.

La riparazione e la manutenzione delle perdite possono ridurre questo numero a meno del 10%. Nel complesso, si prevede che le perdite di fissaggio in un sistema di aria compressa riducano il consumo annuo di energia del 20%. L'entità di una perdita varia a seconda della dimensione del foro nei tubi o nell'apparecchiatura.

Le aree più comuni per le perdite sono accoppiamenti, tubi flessibili, tubi, raccordi, regolatori di pressione, scaricatori di condensa aperti e valvole di intercettazione, giunti di tubi, disconnessioni e sigillanti per filettature. I raccordi a collegamento rapido perdono sempre e devono essere evitati.

Le perdite possono rendere gli elementi pneumatici meno efficienti e influire negativamente sulla produzione, ridurre la durata delle attrezzature, portare a requisiti di manutenzione aggiuntivi e aumentare i tempi di inattività non programmati. Le perdite causano inoltre un aumento di energia consumata al compressore e dei costi di manutenzione.

Il modo migliore per rilevare le perdite è utilizzare un rilevatore acustico ultrasonico, in grado di riconoscere i suoni sibilanti ad alta frequenza associati alle perdite d'aria. Dopo averli identificati, le perdite dovrebbero essere tracciate, riparate e verificate.

Per garantire prestazioni adeguate è necessario ispezionare regolarmente i ventilatori, le pompe dell'acqua e gli scaricatori di condensa per assicurarsi che non siano bloccati in posizione aperta o chiusa e che siano puliti.

Alcuni utenti infatti lasciano le valvole automatiche di controllo della condensa parzialmente aperte in ogni momento per consentire un drenaggio costante; tuttavia, questa pratica spreca notevoli quantità di energia e non dovrebbe mai essere implementata. Invece è bene installare semplici valvole a pressione, pulire e riparare le valvole malfunzionanti invece di lasciarle aperte.

Come per la manutenzione, il corretto monitoraggio dei sistemi di aria compressa consente un risparmio economico ed energetico.

L'attività di monitoraggio corretto include manometri su ciascun ricevitore o principale linea di diramazione, misuratori differenziali in tutti gli essiccatori e filtri, indicatori di temperatura attraverso il compressore e il suo sistema di raffreddamento per rilevare incrostazioni e

intasamenti, misuratori di portata per misurare la quantità di aria utilizzata, indicatori di temperatura del punto di rugiada per monitorare l'efficacia dell'essiccatore.

Le applicazioni che richiedono l'uso dell'aria compressa devono essere controllate per pressione, durata o volume eccessivi. Dovrebbero essere regolati, sia dal sezionamento della linea di produzione, sia dai regolatori di pressione sull'attrezzatura stessa.

Gli strumenti non necessari per operare alla massima pressione del sistema dovrebbero utilizzare un regolatore di pressione di qualità che si chiude in caso di guasto.

In caso contrario, gli utensili non regolati operano sempre alla massima pressione del sistema e spremano aria ed energia in eccesso. Le pressioni del sistema troppo elevate comportano inoltre una minore durata dell'utensile e costi di manutenzione più elevati.

1.6.1 Disposizioni tecniche a livello di apparecchiatura

Dalla norma **UNI EN ISO 11011** del 2015, che stabilisce i requisiti per la conduzione e la comunicazione dei risultati di valutazione (anche dal punto di vista energetico) del sistema ad aria compressa riporto le opportunità legate alla manutenzione.

Le raccomandazioni devono considerare che i risultati sostenibili relativi alle opportunità di manutenzione richiedono spesso che sia in esecuzione un programma di manutenzione.

Devono essere fornite raccomandazioni su misure correttive specifiche e riduzione stimata dell'energia. Le misure correttive devono promuovere il miglioramento sostenibile delle prestazioni del sistema e dell'efficienza energetica.

È dunque necessario:

- fornire una valutazione della manutenzione eseguita sul sistema di aria compressa e dei suoi effetti sull'efficienza energetica, sulle prestazioni e sull'affidabilità del sistema.
- fornire una valutazione della manutenzione e dell'installazione del filtro e delle tubazioni di aspirazione del compressore per valutare l'impatto sulla capacità, affidabilità ed efficienza del compressore.
- fornire il risultato degli studi sull'installazione e la manutenzione delle trappole di scarico della condensa per valutare i rifiuti di aria compressa e la perdita di energia associati a un funzionamento improprio degli scarichi di condensa.
- identifica le opportunità per migliorare le prestazioni e l'affidabilità e deve stimare l'impatto sul consumo totale di energia.
- tenere conto del fatto che il raffreddamento del compressore d'aria influisce frequentemente sulle prestazioni e sull'affidabilità.

Pertanto, dovrebbe essere fornita una valutazione dell'interazione con altri sistemi, come le apparecchiature di riscaldamento, ventilazione e condizionamento dell'aria, che possono influire sulle prestazioni e sull'affidabilità. Questo è richiesto solo se attività specifiche del sito includono azioni di manutenzione che influiscono sul raffreddamento del compressore.

1.7 Illuminazione interna ed esterna

A livello mondiale circa il 18% del consumo totale di elettricità destinata all'illuminazione è utilizzata per l'illuminazione nel settore industriale, che rappresenta a sua volta circa il 9% del consumo totale di energia elettrica nell'industria.

Questa quota di energia è impiegata con un'efficienza⁵ media di 79 [lm/W].

Nel caso dell'illuminazione artificiale i consumi dipendono principalmente, oltre che dal tipo di sorgenti luminose scelte, dalla potenza e dal numero delle stesse e dalla possibilità di regolazione offerta dal controllo dell'impianto elettrico di alimentazione.

A parità di servizio reso, infatti, anche in ragione dei contributi dell'illuminazione naturale, della presenza o meno di persone, la possibilità di parzializzare, o al limite spegnere, una porzione di impianto, quando non necessario, può incidere in modo importante sui costi complessivi.

Quello che è certo è il fatto che l'illuminazione contribuisce significativamente al consumo di energia elettrica e i margini di risparmio a livello energetico possono risultare molto importanti.

Con una corretta impostazione sia in fase progettuale e sia in fase di realizzazione del sistema d'illuminazione, di alimentazione e di controllo si può coniugare l'esigenza funzionale con i vincoli di riduzione dei consumi.

Generalmente, a livello industriale, le lampade a scarica ad alta intensità (HID) sono utilizzate nelle aree di produzione e di stoccaggio, mentre le sorgenti ad incandescenza e le sorgenti fluorescenti (CFL) sono tipicamente usate per l'illuminazione degli ambienti di lavoro e degli uffici.

Tutte queste diverse tecnologie vengono classificate in base a diversi parametri quali la tensione di alimentazione, la potenza elettrica, il flusso luminoso, l'efficienza luminosa, l'indice di resa cromatica⁶, la temperatura di colore⁷, consumi, risparmio energetico e comfort.

Anche se l'illuminazione solitamente ricopre solo una piccola parte del consumo totale energetico di un impianto industriale, è possibile ottenere notevoli risparmi di energia dall'utilizzo sempre più efficiente del sistema di illuminazione (allungando per esempio il ciclo di vita di una lampada).

Di seguito vengono proposte alcune misure di conduzione di un sistema di illuminazione, utili a migliorare l'efficienza energetica del sistema stesso.

- Semplice ma non scontato spegnimento luci in aree non occupate: un programma di sensibilizzazione aiuterà il personale ad avere l'abitudine di disattivare le luci e altre apparecchiature quando queste non sono in uso. Ovviamente, questo non deve andare a scapito della durata di vita delle lampade (cicli frequenti e ravvicinati di accensione e spegnimento, soprattutto per alcuni tipi di lampade, determinano un invecchiamento prematuro).

⁵ L'efficienza di una sorgente luminosa (espressa in lm/W) indica la quantità di potenza elettrica (espressa in Watt) necessaria per soddisfare la richiesta in termini di potenza luminosa (espressa in lumen)

⁶ L'indice di resa cromatica (IRC) di una sorgente luminosa è una misura di quanto naturali appaiano i colori degli oggetti da essa illuminati.

⁷ La temperatura del colore è una caratteristica importante prima di scegliere una lampadina. Tra i 2700K e i 3800K si parla di LUCE CALDA, ideale per ambienti con colori caldi come il rosso, il giallo e l'arancione.

- Stabilire un livello standard di illuminazione: sia per i nuovi impianti e sia per quelli già esistenti, i livelli di illuminazione dovrebbero essere impostati nella progettazione di ogni reparto dell'azienda e seguiti nelle fasi di installazione e di produzione in modo tale che ogni diversa area di lavoro abbia un differente standard di illuminazione.
- Utilizzo di comandi di illuminazione:
 - Comandi a controllo automatico: le luci possono essere disattivate durante le ore non lavorative grazie a sistemi di controllo automatico come sensori di occupazione che spengono automaticamente le luci quando lo spazio non è occupato da nessuno. Questi sensori possono arrivare a far risparmiare dal 10% al 20% dell'energia totale destinata all'illuminazione dell'impianto. I controlli diurni per le luci interne ed esterne sono in grado di regolare l'intensità dell'illuminazione in base alla disponibilità della luce naturale.
 - Comandi a controllo manuale: possono essere usati al fianco dei sistemi di controllo automatico in modo da risparmiare energia supplementare in ambienti più piccoli. La più semplice delle soluzioni è quella di installare interruttori che permettono agli occupanti di regolare l'accensione, lo spegnimento e l'intensità delle luci.
- Sfruttamento della luce diurna: la luce del giorno implica l'uso efficiente della luce naturale negli edifici per minimizzare la necessità di illuminazione artificiale. Aumentando i livelli di luce diurna all'interno delle stanze si possono ridurre i carichi di illuminazione elettrica fino al 70%. Un efficace sistema di illuminazione diurna, applicato principalmente ai nuovi edifici ed incorporato nella fase di progettazione, può fornire la luce che verrebbe altrimenti dispersa. Le tecnologie associate a questo sistema includono finestre ombreggiate correttamente posizionate, atri, lucernai e tutto ciò che è in grado di accogliere la luce solare da diverse angolazioni e di reindirizzarla utilizzando pareti o riflettori. Siccome la luce diurna è variabile, è sempre combinata con l'illuminazione artificiale in modo da assicurare la necessaria illuminazione anche quando viene meno la luce naturale del sole nei giorni nuvolosi o quando cala il buio.

La manutenzione degli impianti di illuminazione è essenziale per mantenere nel tempo le prestazioni di un sistema di illuminazione entro i limiti progettuali e per promuovere un uso efficiente dell'energia.

L'obiettivo della manutenzione degli impianti di illuminazione è principalmente costituito dal mantenimento dell'affidabilità, garantendo contemporaneamente efficienza e sicurezza.

Le principali attività di manutenzione consistono nel ricambio occasionale o programmato delle lampade, nella pulizia degli apparecchi di illuminazione, nell'intervento a seguito di un guasto e nella verifica dello stato di conservazione dell'apparecchio. A questi tipi di interventi si aggiungono più frequentemente su impianti situati all'esterno, maggiormente soggetti ad usura ed a danneggiamenti, operazioni di sostituzione di parti di impianto, manomesse o soggette ad atti di vandalismo, e lavori di verniciatura e risanamento di supporti e sostegni metallici esposti ad ossidazioni.

Dal momento che al crescere del numero di ore di funzionamento, il rendimento luminoso delle lampade diminuisce e le superfici degli apparecchi illuminanti si sporcano o si deteriorano, riducendo il rendimento luminoso, la pulizia delle lampade e degli apparecchi aumenta il livello di illuminazione, contribuendo anche al contenimento dei consumi quando è possibile la regolazione o la parzializzazione.

Il miglior rendimento economico si ottiene quando la spesa da sostenere per la pulizia e la

sostituzione delle lampade eguaglia l'energia media persa a causa dello sporco e del calo di efficienza. Un riferimento può essere quello di non scendere sotto l'80% dell'efficienza media del decadimento luminoso.

Per stabilire un piano di manutenzione ottimale per la pulizia e la sostituzione delle lampade, il calcolo dei tempi d'intervento può essere condotto sulla base del decadimento luminoso delle stesse (tabella 1).

Tipo di lampada	Durata media (ore)	Decadimento del flusso luminoso a fine vita
Alogeni:		
1. attacco unilaterale	2.000 ÷ 4.000	12%
2. doppio attacco		
3. bassissima tensione		
Fluorescenti compatte	5.000	30%
Fluorescenti lineari	9.000	30%
Vapori di mercurio	10.000	25%
Ad alogenuri	5.000	40%
Sodio ad alta pressione:		
IRC = 30	12.000	10%
IRC = 65	8.000	
IRC = 80	5.000	
Sodio a bassa pressione	8.000 ÷ 10.000	10%
Ad induzione	60.000	Non disponibile
LED	100.000*	50%

*Valore calcolato a T = 75 °C (non sperimentali) essendo la tecnologia troppo recente.

Tabella 1. Decadimento luminoso delle lampade

La manutenzione dei sostegni dipende essenzialmente dalla resistenza alla corrosione del rivestimento e/o del materiale costituente. La necessità o meno di manutenzione si basa sulla presenza o meno di zone deteriorate, sull'estensione e l'entità del deterioramento.

Al crescere delle dimensioni e della complessità degli impianti, effettuare la manutenzione senza un programma di lavoro coordinato per la gestione degli interventi, dei mezzi e del personale diventa sempre più oneroso.

Il criterio di base di un sistema per la manutenzione programmata consiste nel correlare gli aspetti tecnici (decadimento del flusso luminoso, tempi di vita dei componenti di impianto, corrosione delle parti metalliche, ecc.) con quelli gestionali (procedure d'intervento, impatto sull'attività, disponibilità del personale, costi, scorte a magazzino, ecc.).

La manutenzione programmata si può estendere a tutti gli interventi non occasionali e, in particolare alla sostituzione delle lampade o, più in generale, delle parti di consumo (fusibili, alimentatori, condensatori, guarnizioni, ecc.), alla pulizia degli apparecchi (parti rifrangenti e riflettenti), agli interventi contro la corrosione delle parti metalliche e alla verifica dell'impianto di terra.

Il cambio programmato delle lampade consente il raggiungimento di diversi vantaggi, quali la riduzione dei tempi d'intervento per personale e automezzi, l'utilizzo del primo periodo di vita delle lampade, a massima efficienza, con conseguente miglioramento della qualità del servizio e la riduzione al minimo degli interventi per cambi saltuari tra due interventi di ricambio programmati.

Il parametro che descrive la riduzione graduale nel corso della vita dell'impianto del livello di illuminazione all'interno di un ambiente viene definito fattore di manutenzione (FM)⁸.

⁸ Rapporto tra l'illuminamento medio sul piano di lavoro dopo un certo periodo di uso dell'impianto (1° manutenzione) rispetto al valore medio dell'illuminamento ottenuto sotto le stesse condizioni quando l'impianto è nuovo

Stiamo parlando di un parametro di valore inferiore all'unità, di fondamentale importanza per la progettazione dell'impianto di illuminazione.

Tutti gli impianti di illuminazione si deteriorano progressivamente a partire dal momento in cui vengono installati. Le perdite sono dovute all'accumulo di polvere e sporcizia su tutte le superfici esposte delle lampade e degli apparecchi di illuminazione (oltre che delle pareti dei locali, le quali determinano una riduzione della riflessione della luce), ed anche al decadimento del flusso luminoso. Se questo processo di invecchiamento non viene controllato, il risultato è che l'illuminamento si riduce a valori molto bassi.

Poiché il decadimento del livello di illuminamento è graduale, in genere i lavoratori non avvertono immediatamente la perdita a livello visivo. A lungo andare, la graduale riduzione causa maggiori sforzi visivi che portano, nella migliore delle ipotesi, ad errori e ritardi nel lavoro da svolgere, ma che potrebbero anche provocare veri e propri incidenti sul lavoro.

Una regolare manutenzione è, pertanto, importantissima per un impianto di illuminazione efficiente. Un piano di manutenzione ben progettato, con approfondite pulizie effettuate ad intervalli regolari, permette di ottenere un fattore di manutenzione più elevato, di mantenere l'illuminazione richiesta, di ridurre i costi e di diminuire la potenza elettrica richiesta, oltre ad ottenere un ambiente di lavoro più confortevole e sicuro.

Esistono tuttavia una serie di fattori, quali l'invecchiamento e la scoloritura dei materiali, sui quali non si può agire od è antieconomico farlo. Questi fattori determinano le perdite non recuperabili indicate in figura 3, le quali comunque non superano il 3%.

Un'altra situazione nella quale la manutenzione non è praticabile è quella dove le particelle di polvere o di olio, in locali particolarmente sporchi, vanno a depositarsi e carbonizzarsi sulla superficie dei riflettori: in casi come questo non si riesce a far tornare il riflettore alle sue condizioni iniziali e conviene perciò la sostituzione dell'apparecchio di illuminazione.

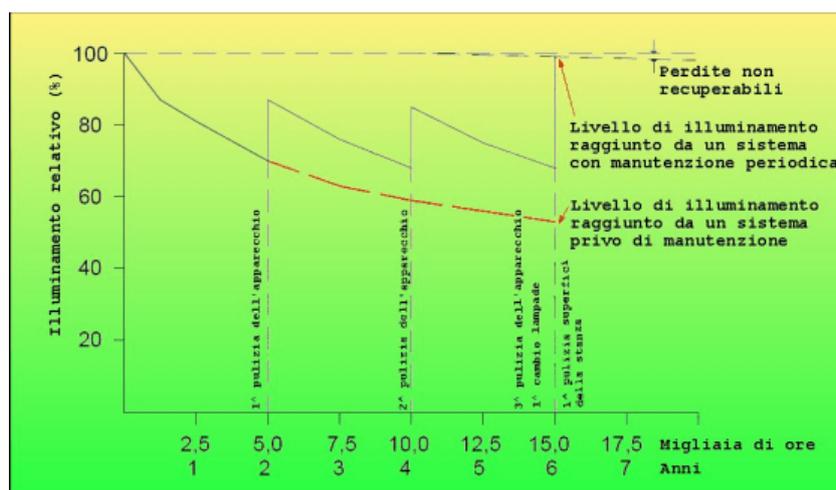


Figura 3. Variazione dell'illuminamento attraverso la vita di un impianto

Per lampade fluorescenti lineari montate su apparecchi riflettori in ambito industriale, in assenza di manutenzione, l'illuminamento dopo sei anni scende al 50% di quello iniziale.

Un programma di manutenzione biennale unito alla sostituzione delle lampade ed alla pulizia delle pareti ogni sei anni, porta ad ottenere un illuminamento pari al 98% di quello iniziale.

La tabella seguente (tabella 2) mostra gli intervalli di manutenzione consigliati per gli impianti di illuminazione in alcuni ambienti di lavoro con la loro categorizzazione in base al grado di pulizia.

Condizioni dell'ambiente (grado di sporcizia derivante dall'uso che viene fatto di un locale)	Intervallo massimo di manutenzione	Settori lavorativi
Molto pulito (MP)	3 anni	Ambienti asettici, centri di calcolo, reparti di assemblaggio di componenti elettronici, cliniche ospedaliere (qui per motivi igienici possono essere richiesti intervalli di manutenzione più brevi)
Pulito (P)		Uffici, scuole, reparti ospedalieri
Normale (N)	2 anni	Negozi, laboratori, ristoranti, magazzini, capannoni di montaggio
Sporco (S)	1 anno	Acciaierie, impianti chimici, fonderie, impianti metallurgici, lavorazione del legno

Tabella 2. Intervalli di manutenzione in base alle condizioni dell'ambiente

Una rapida indicazione degli intervalli di pulizia necessari per i differenti tipi di apparecchi di illuminazione usati nei vari ambienti è indicata invece nella prossima tabella (tabella 3).

In fase di progettazione, la stessa tabella può essere utilizzata per scegliere gli apparecchi da installare nei diversi ambienti; ad esempio gli apparecchi di categoria C, D ed F non sono raccomandati per gli ambienti sporchi e polverosi.

Intervallo di pulizia degli apparecchi	3 anni			2 anni			1 anno		
	MP P	N	S	MP P	N	S	MP P	N	S
Tipo apparecchi									
A - Supporti a fascio libero	X				X				X
B - Riflettori aperti verso l'alto (a ventilazione naturale)	X				X				X
C - Riflettori chiusi verso l'alto (non ventilati)	X			(X)				X	
D - Apparecchi IP2X chiusi	X			(X)				X	
E - Apparecchi IP5X antipolvere	X	X				X			
F - Apparecchi a luce indiretta				X			(X)	X	
G - Apparecchi a ventilazione forzata	X	X				X			

Tabella 3. Intervalli di pulizia degli apparecchi

La luce emessa da ogni tipo di lampada decresce con le ore di accensione.

Successivamente sono mostrate (tabella 4) le ore di durata in esercizio, ossia di accensione, delle lampade per alcune attività lavorative, concentrando la nostra attenzione sul settore industriale.

I valori sono indicativi poiché la durata reale dipende dallo specifico tipo di lampada e, per le lampade fluorescenti, dal sistema di alimentazione.

Attività lavorativa	Durata di accensione		Comando sulla base della luce diurna (le lampade si accendono automaticamente quando la luce diurna è insufficiente) *	Durata di esercizio per lampada (ore di accensione)
	Giorni di accensione all'anno	Ore al giorno		
Industria				
Turni 24 ore su 24. Comando/controllo del sistema	365	24	No	8760
	365	24	Si	7300
Doppi turni, 6 giorni alla settimana	310	16	No	4960
	310	16	Si	3720
Turno unico, 6 giorni alla settimana	310	10	No	3100
	310	10	Si	1760
Turno unico, 5 giorni alla settimana	258	10	No	2580
	258	10	Si	1550
Vendita al dettaglio				
6 giorni alla settimana	310	10	No	3100
Uffici				
5 giorni alla settimana	258	10	No	2580
	258	10	Si	1550
Scuole				
5 giorni alla settimana	190	10	No	1900
	190	10	Si	1140
Ospedali				
7 giorni alla settimana	365	16	No	5840
	365	16	Si	3504

Tabella 4. Durata di esercizio delle lampade

Dopo aver stabilito il fattore di manutenzione ed aver scelto adeguati apparecchi di illuminazione, è di fondamentale importanza preparare un programma completo di manutenzione.

Riassumendo, durante l'elaborazione di un programma di manutenzione vanno affrontati i seguenti punti:

- la modalità di sostituzione lampade, cioè singolarmente in base ai guasti (manutenzione correttiva) oppure a gruppi, pianificata secondo determinate scadenze (manutenzione preventiva);
- la manutenzione degli apparecchi, cioè in sostanza la pulizia degli apparecchi stessi;
- la manutenzione delle superfici perimetrali, cioè la pulizia regolare delle superfici perimetrali che è tanto più importante quanto più sono forti la componente di luce indiretta di un impianto e il livello di sporcizia che si sviluppa nel locale. Ad esempio, in un ambiente con forte sviluppo di sporco e con un impianto a luce prevalentemente indiretta il calo di efficienza luminosa è di circa un terzo nel giro di tre anni;
- l'attrezzatura per la manutenzione, ad esempio i vari elevatori e gru (montacarichi, carrelli elevatori, etc.), i meccanismi per apparecchi d'illuminazione che permettono di abbassare gli apparecchi a livello del pavimento, le strutture per effettuare il bagno degli apparecchi mediante detergenti liquidi o ultrasuoni, etc.;
- i criteri per minimizzare il lavoro di manutenzione, che possono consistere nell'uso di sorgenti luminose che mantengono costanti le caratteristiche illuminotecniche nel corso di tutta la loro durata, nelle misure contro la penetrazione di oggetti estranei negli apparecchi, nell'installazione di lampade resistenti alla polvere, nella scelta accurata dei materiali, nell'uso di apparecchi che comportino il minor lavoro possibile nel montare/smontare le parti ottiche e nello sfruttamento dell'effetto di auto pulizia degli apparecchi (es. riflettori aperti verso l'alto).

Il programma di manutenzione può essere impostato secondo due filosofie di intervento sull'impianto: a intervalli regolari o ad intervalli variabili.

Il programma di manutenzione ad intervalli regolari (figura 4) stabilisce una cadenza temporale rigida per gli interventi di pulizia, mentre il programma ad intervalli variabili è impostato su intervalli di pulizia diseguali (figura 5).

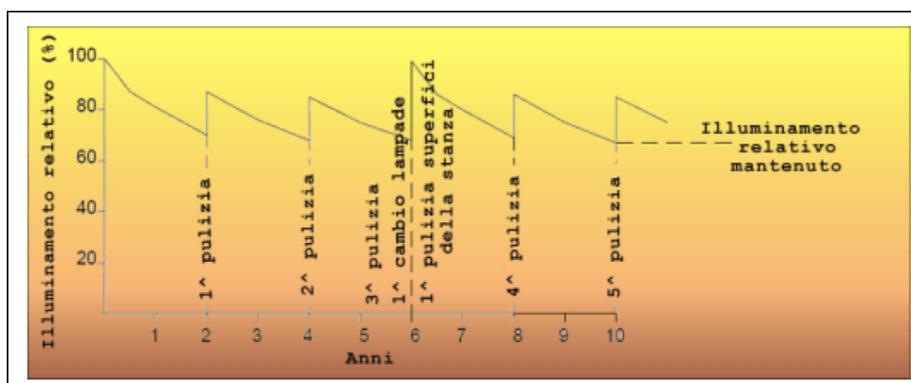


Figura 4. Programma di manutenzione ad intervalli regolari

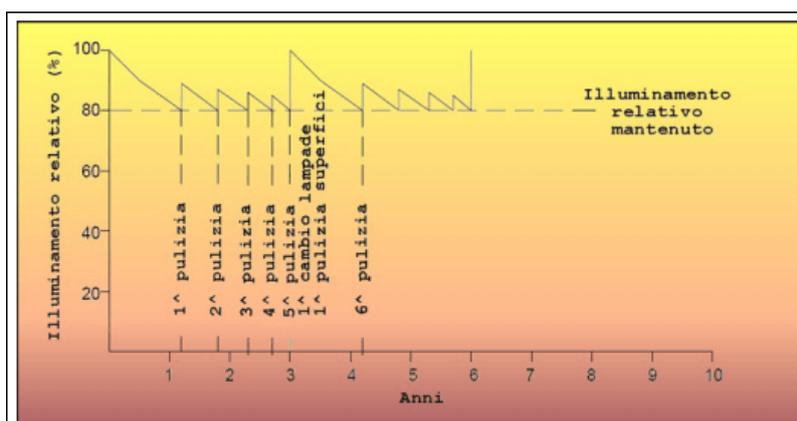


Figura 5. Programma di manutenzione ad intervalli variabili

Quest'ultima impostazione è particolarmente vantaggiosa nell'ottenere fattori di manutenzione più elevati, quando l'impianto di illuminazione ha elevati costi iniziali e di consumo energetico, ma bassi costi di manutenzione.

1.7.1 Disposizioni tecniche a livello di apparecchiatura

L'attenzione ai consumi elettrici dovuti ai sistemi di illuminazione degli edifici è stata posta a livello internazionale con la Direttiva Europea **2002/91/CE** inerente alle prestazioni energetiche degli edifici.

Nella direttiva è precisato che la valutazione dei consumi energetici degli edifici deve essere condotta considerando anche il fabbisogno energetico per l'illuminazione artificiale.

Per la valutazione di questi fabbisogni sono state prodotte a livello europeo normative tecniche specifiche adottate poi in Italia.

Le norme tecniche possono riferirsi ai requisiti illuminotecnici in termini di prestazione e qualità dell'illuminazione degli impianti, agli stessi impianti e alle prestazioni energetiche di questo tipo di impianti.

Le convezioni e le procedure per la stima dei requisiti energetici di illuminazione degli edifici e la guida alla definizione dei limiti nominali per l'energia di illuminazione vengono definite dalla **UNI EN 15193** del 2017, con la quale è stato introdotto l'indice di efficienza energetica del sistema di illuminazione, LENI⁹, per la valutazione del consumo energetico degli impianti di illuminazione per precise categorie di edifici, tra le quali gli impianti produttivi industriali.

La valutazione dell'indice LENI può essere condotta, per edifici esistenti o di nuova costruzione, grazie a misurazioni degli effettivi consumi elettrici (per esempio attraverso la lettura, con modalità opportunamente specificate, dei contatori al servizio del sistema elettrico di alimentazione dell'utenza considerata) per periodi temporali di volta in volta precisati, oppure per mezzo di un metodo di calcolo di tipo rapido (Quick method) per periodi temporali annuali, basato essenzialmente sull'uso di tabelle e valori standard di riferimento dei principali parametri considerati o, infine, secondo un metodo di calcolo di tipo completo (Comprehensive method) per periodi temporali annuali o per periodi temporali significativi più brevi (per esempio mensili, giornalieri, orari), basato sul calcolo analitico e dettagliato dei vari parametri considerati.

È utile osservare che nella definizione dei vari parametri utilizzati per il calcolo dell'indice LENI sono tenuti in considerazione la modalità di utilizzo e gestione dei sistemi di illuminazione artificiale, la disponibilità di luce naturale all'interno degli ambienti, i consumi dovuti ai sistemi di illuminazione di emergenza.

Risulta interessante notare come le classi di qualità dell'illuminazione indicate nella UNI EN 15193 a seconda della destinazione d'uso dell'impianto siano strettamente legate ai requisiti illuminotecnici precisati nella **UNI EN 12464**, espresse come grado di soddisfacimento dei requisiti illuminotecnici.

Le norme **UNI EN 12464-1** e **UNI EN 12464-2** del luglio 2011 rispettivamente sull'illuminazione dei posti di lavoro interni ed esterni, definiscono i requisiti di illuminazione necessari per il comfort visivo delle persone nei luoghi di lavoro.

Il progetto d'illuminazione dovrebbe prevedere un fattore di manutenzione determinato in base all'apparecchio di illuminazione scelto, all'ambiente circostante ed al programma di manutenzione specifico.

Il livello d'illuminamento raccomandato per ciascun compito è dato come illuminamento mantenuto.

⁹ Lighting Energy Numeric Indicator

Il progettista deve stabilire il fattore di manutenzione ed elencare tutte le ipotesi richieste per la valutazione di questo valore, specificare gli apparecchi d'illuminazione idonei all'ambiente, preparare un programma di manutenzione completo che comprenda la frequenza dei ricambi delle lampade, gli intervalli di pulizia degli apparecchi d'illuminazione e del locale, e il metodo di pulizia più adeguato.

In sostanza, il fattore di manutenzione serve per valutare nel progetto il calo di illuminamento dovuto a sporcizia, usura e guasti delle lampade che si verificano nel corso del tempo, e dipende da come vengono "mantenute" le lampade, gli alimentatori, gli apparecchi di illuminazione, l'ambiente circostante, e da come viene elaborato il programma di manutenzione. L'illuminamento che il progettista calcola inizialmente, deve essere allora superiore a quello desiderato per l'ambiente da illuminare, per tenere conto del fattore di manutenzione.

Il fattore di manutenzione può essere calcolato come il prodotto di quattro parametri, il cui valore può essere desunto da apposite tabelle:

$$FM = LLMF \times LSF \times LMF \times RSMF$$

- **LLMF** = fattore di manutenzione del flusso luminoso che indica la riduzione specifica del flusso di una lampada nel corso della sua durata.
- **LSF** = fattore di durata delle lampade che indica la percentuale di lampade ancora funzionanti trascorso un certo intervallo di manutenzione.
- **LMF** = fattore di manutenzione dell'apparecchio che indica il calo di efficienza di un apparecchio dovuto alla sporcizia che si accumula trascorso un certo intervallo di manutenzione/pulizia.
- **RSMF** = fattore di manutenzione del locale che indica il calo degli indici di riflessione delle superfici perimetrali, dovuto alla sporcizia che si accumula trascorso un certo intervallo di manutenzione/pulizia.

In ottica risparmio energetico l'impianto di illuminazione deve soddisfare i requisiti di illuminazione relativi ad uno spazio particolare senza comportare sprechi di energia.

Tuttavia, è importante non compromettere gli aspetti visivi di un impianto di illuminazione solo per ridurre il consumo energetico, richiedendo un'attenta valutazione dei sistemi di illuminazione, apparecchiature e dispositivi di controllo appropriati.

In alcuni siti l'illuminazione esterna può essere alimentata da potenza elettrica proveniente dall'interno dell'edificio, utilizzata per l'illuminazione della facciata, dei parcheggi auto all'aperto, per l'illuminazione di sicurezza o dei giardini esterni.

Il consumo per l'illuminazione deve essere misurato da uno dei metodi seguenti:

- Contatori di kWh su circuiti di illuminazione dedicati nella distribuzione elettrica.
- Contatori di potenza locali accoppiati o integrati alle centraline di illuminazione di un sistema di gestione dell'illuminazione.

- Un sistema di gestione di illuminamento in grado di calcolare l'energia locale consumata e di fornire questa informazione ad un sistema di gestione dell'edificio (BMS)¹⁰.
- Un sistema di gestione dell'illuminazione in grado di calcolare l'energia consumata per sezione di edificio e di fornire questa informazione in un formato esportabile (per esempio un foglio elettronico).
- Un sistema di gestione dell'illuminazione che registra le ore di funzionamento, la loro proporzionalità (livello di regolazione del flusso luminoso) e che correla queste informazioni a una base dati interna sul carico installato.

Il quadro tecnico/normativo riferito all'illuminazione artificiale comprende non solo norme dell'UNI ma anche norme del CEI¹¹, in particolare la **CEI EN 60598-2-1** per gli apparecchi di illuminazione fissi per uso generale e la **CEI 64-8/7 Sezione 559** e **Sezione 714** dedicate rispettivamente agli apparecchi e impianti di illuminazione, e agli impianti di illuminazione situati all'esterno.

L'utilizzo di un impianto elettrico nel corso del suo esercizio va tenuto quindi costantemente sotto osservazione per valutare il permanere nel tempo delle caratteristiche di sicurezza e di affidabilità dei componenti e dell'impianto nel suo complesso.

Per garantire la funzionalità dell'impianto è perciò necessaria una corretta gestione della manutenzione, definendo le procedure da rispettare nell'attività di manutenzione.

La classica manutenzione elettrica non può però evitare il naturale degrado dei vari componenti, in relazione al tipo di materiale e di ambiente, e la periodicità degli interventi deve essere stabilita considerando, per ciascun componente dell'impianto, i deterioramenti prevedibili.

¹⁰ Building Management System

¹¹ Comitato Elettrico Italiano

2. QUADRO NORMATIVO

2.1 Legislazione nazionale

La svolta per quanto riguarda il tema della manutenzione in riferimento agli impianti termici è rappresentata dalla **legge 10** del 9 gennaio 1991 che ha regolato l'uso razionale dell'energia, il risparmio energetico e le modalità di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia.

Al fine di incentivare la realizzazione di iniziative volte a ridurre il consumo specifico di energia, il miglioramento dell'efficienza energetica e l'utilizzo delle fonti di energia rinnovabile, nella climatizzazione, nell'illuminazione degli ambienti, nella produzione di energia elettrica e di acqua calda sanitaria nel settore industriale, sono stati concessi contributi in conto capitale per certi tipi di interventi:

- Installazione di pompe di calore o di impianti per l'utilizzo di fonti rinnovabili.
- Installazione di generatori di calore ad alto rendimento.
- Installazione di impianti cogenerativi.
- Installazione di sistemi di controllo integrati e di contabilizzazione differenziata dei consumi di calore e acqua calda sanitaria, di sistemi telematici per il controllo e la conduzione degli impianti di climatizzazione.
- Installazione di sistemi di illuminazione ad alto rendimento anche nelle aree esterne.

In termini di "Esercizio e manutenzione impianti" la legge 10/91 stabilisce che durante l'esercizio degli impianti il proprietario, o per esso un terzo, che se ne assume la responsabilità, debba adottare misure necessarie per contenere i consumi di energia, entro i limiti di rendimento previsti dalla normativa vigente in materia.

I Comuni o le Province vennero incaricati di effettuare i controlli necessari e verificare con cadenza biennale l'osservanza delle norme relative al rendimento di combustione, avvalendosi anche di organismi esterni aventi specifica competenza tecnica, con onere a carico degli utenti.

La materia era già stata trattata precedentemente il 5 marzo 1990 con la legge **n.46** sulle "Norme di sicurezza degli impianti", nella quale si regolamentava la manutenzione degli impianti termici imponendo l'obbligo, per il committente, di affidare i lavori di manutenzione straordinaria di tutti i tipi di impianti tecnici a ditte o imprese abilitate.

Non era quindi richiesto il ricorso a ditte abilitate per fare eseguire le operazioni di manutenzione ordinaria degli impianti con la difficoltà di distinguere in termini pratici cosa si intendesse per manutenzione ordinaria e per manutenzione straordinaria.

Chiarezza sul tema è stata fatta con il decreto del Presidente della Repubblica **n.412** del 26 agosto 1993, nel quale il Governo italiano ha provveduto a riordinare con precisione e rigore scientifico la disciplina legislativa riguardante il settore degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia regolando la progettazione, l'installazione, l'esercizio e soprattutto la manutenzione.

A seguito dell'entrata in vigore del D.P.R. 412/93 si stabilì infatti che la manutenzione ordinaria degli impianti termici doveva essere affidata ad imprese aventi precisi requisiti tecnico professionali.

Il D.P.R. 412/93 non si è limitato a regolamentare gli aspetti già previsti dalla legge n.10/91 ma ha anche provveduto a regolare in modo organico e razionale grandissima parte dei problemi riguardanti l'esercizio e la manutenzione degli impianti, emersi nella precedente legislativa.

Innanzitutto, è stato definito che per "Esercizio e manutenzione di un impianto termico" si intende il complesso di operazioni che comporta l'assunzione di responsabilità finalizzata alla gestione degli impianti includente le pratiche di conduzione, manutenzione ordinaria, straordinaria e controllo, nel rispetto delle norme in materia di sicurezza, il contenimento dei consumi energetici e la salvaguardia ambientale.

Vennero fissati per il responsabile dell'esercizio e/o della manutenzione dell'impianto l'obbligo di rispetto del periodo annuale di esercizio, dell'osservanza dell'orario giornaliero di attivazione prescelto e del mantenimento della temperatura ambiente entro i limiti prescritti, e venne sottolineato come le responsabilità ricadessero tutte sul proprietario oppure su di un terzo responsabile da lui delegato.

Nel caso di impianti con potenza nominale maggiore di 350 kW il terzo responsabile deve essere iscritto in albi nazionali tenuti dalla Pubblica Amministrazione o in elenchi qualificati dalle Comunità Europee oppure deve essere un soggetto accreditato, secondo le norme UNI EN ISO della serie 9.000 per l'attività di gestione e manutenzione degli impianti termici, da un organismo riconosciuto a livello italiano o europeo in modo da possedere conoscenze tecniche adeguate alla complessità dell'impianto.

Al contrario di un semplice manutentore, il manutentore terzo responsabile risponde oltre che dei propri interventi anche degli obblighi sulla gestione degli impianti termici, delle sanzioni amministrative discendenti dalle violazioni di norme, della tenuta dei libretti di impianto e degli obblighi di verifica periodica dell'impianto in tutte le sue componenti.

Al termine delle operazioni di controllo e manutenzione dell'impianto, l'operatore ha l'obbligo di redigere e sottoscrivere un rapporto di controllo tecnico conforme ai modelli previsti dalle norme e alla tipologia e potenzialità dell'impianto, da rilasciare al responsabile dell'impianto e che verrà allegato al libretto d'impianto.

Gli impianti termici con potenza nominale superiore o uguale a 35 kW devono essere muniti di un "libretto di centrale" conforme al modello mostrato nell' Allegato F del decreto, nel caso di impianti termici con potenza nominale inferiore a 35 kW è necessario che siano invece muniti di un "libretto di impianto" conforme all'allegato G del decreto.

L'esistenza del libretto è prevista nella direzione di un miglioramento del sistema di manutenzione e controllo degli impianti termici, ed attraverso questo strumento è possibile ricostruire la storia e lo sviluppo di ogni impianto.

Nei libretti di centrale e di impianto è possibile rintracciare ogni notizia utile, una parte è destinata ad indicare il luogo di ubicazione dell'impianto e la sua destinazione, un'altra indica il nome del responsabile dell'esercizio e della manutenzione, nonché i nomi del progettista, dell'installatore e del proprietario; altra parte è dedicata alla notazione dei componenti dell'impianto, nonché alla loro sostituzione o modificazione; altra ancora all'indicazione degli atti di manutenzione e all'esito delle verifiche periodiche ed infine in un'ultima sono fissati gli interventi di straordinaria manutenzione e la registrazione dei consumi di combustibile.

Il manutentore, se terzo responsabile, deve specificare sul libretto gli interventi da lui eseguiti sugli impianti e l'originale deve essere conservato dal soggetto responsabile, che ha la responsabilità non solo dell'impianto ma anche dello stesso libretto.

L'Articolo 11 del D.P.R. 412/93 è stato però pesantemente modificato dal decreto del Presidente della Repubblica del 31 dicembre 1999 **n.551** nel quale sono state introdotte le seguenti novità:

- Le disposizioni sono riferite a tutti i responsabili dell'esercizio e della manutenzione, indipendentemente dal tipo di impianto.
- Alle operazioni di manutenzione vengono affiancate anche le operazioni di controllo dell'impianto termico, non facendo neanche più distinzione tra manutenzione ordinaria e manutenzione straordinaria.
- Il divieto esplicito per il terzo responsabile di delegare ad altri le responsabilità assunte e la limitazione della possibilità di ricorrere al subappalto delle attività essendo questa possibilità vincolata ad avere carattere di occasionalità.
- L'obbligo, per il terzo responsabile, di comunicare entro sessanta giorni la propria nomina, la revoca o le dimissioni dall'incarico all'ente competente per i controlli di manutenzione e rendimento.
- Incompatibilità tra il ruolo di terzo responsabile e il ruolo di fornitore di energia.
- Al termine delle operazioni di controllo ed eventuale manutenzione, il manutentore ha l'obbligo di redigere e firmare un rapporto scritto da rilasciare al responsabile dell'impianto.

Il D.P.R. 551/99 precisò inoltre come le operazioni di eventuale manutenzione dell'impianto termico dovevano essere eseguite conformemente alle istruzioni tecniche per la regolazione, l'uso e la manutenzione elaborate dal costruttore dell'impianto.

In caso di mancanza di queste istruzioni per le operazioni di controllo e manutenzione degli apparecchi e dispositivi facenti parte dell'impianto termico è necessario seguire le istruzioni tecniche del fabbricante ai sensi della normativa vigente, mentre per le restanti parti dell'impianto o per gli apparecchi e dispositivi per i quali non sono disponibili le precedenti istruzioni l'attività di controllo e di manutenzione vengono eseguite secondo le vigenti normative UNI e CEI per lo specifico impianto o componente di impianto.

Il tema del miglioramento della prestazione energetica degli edifici tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, delle prescrizioni relative al clima degli ambienti interni e all'efficacia sotto il profilo dei costi fu promosso con il decreto legislativo del 19 agosto 2005, **n.192**.

Ai fini del contenimento energetico questo decreto venne applicato anche all'esercizio, controllo, manutenzione ed ispezione degli impianti termici ed incaricò il proprietario, il conduttore o il terzo responsabile non solo a mantenere in esercizio gli impianti termici per la climatizzazione invernale ed estiva ma anche a provvedere affinché venissero eseguite le operazioni di controllo e manutenzione secondo le prescrizioni della normativa vigente.

Il progettista, nell'ambito delle rispettive competenze edili, impiantistiche termotecniche, elettriche ed illuminotecniche, deve inserire nella relazione tecnica di progetto i calcoli e le verifiche che attestano la rispondenza alle prescrizioni per il contenimento del consumo di energia degli edifici e dei relativi impianti termici.

A partire dalla Direttiva Europea **2010/31/EU** nell'ambito della precedente discussa relazione tecnica di progetto è prevista una valutazione della fattibilità tecnica, ambientale ed economica per l'inserimento di sistemi alternativi ad alta efficienza (energia rinnovabile, cogenerazione, teleriscaldamento e teleraffrescamento, pompe di calore e sistemi di monitoraggio e controllo attivo dei consumi).

La valutazione della fattibilità tecnica di sistemi alternativi deve essere documentata, presentata all'organismo di competenza e deve restare disponibile ai fini di verifica da parte di esperti o di organismi esterni qualificati ed indipendenti.

A livello locale, le autorità competenti realizzano, con cadenza periodica, gli accertamenti e le ispezioni necessarie all'osservanza delle norme relative al contenimento dei consumi di energia e la riduzione dei livelli di emissioni inquinanti nell'esercizio e manutenzione degli impianti di climatizzazione.

A livello regionale si possono adottare provvedimenti migliorativi in termini di semplificazioni amministrative in materia di esercizio, manutenzione controllo ed ispezione degli impianti termici, soprattutto in relazione all'integrazione dei controlli di efficienza energetica con quelli in tema di qualità dell'aria.

Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 192 del 2005 sono state apportate con il decreto legislativo **n.311** del 29 dicembre 2006, applicato ai fini del contenimento dei consumi energetici anche per quanto riguarda l'esercizio, il controllo, la manutenzione e l'ispezione degli impianti termici degli edifici, anche preesistenti e non solo di nuova fabbricazione.

Con questo decreto sono stati definiti i criteri generali, le metodologie di calcolo e i requisiti minimi finalizzati al contenimento dei consumi di energia disciplinando la progettazione, l'installazione, l'esercizio, la manutenzione e l'ispezione degli impianti termici per la climatizzazione invernale ed estiva degli edifici, per la preparazione dell'acqua calda per usi igienici sanitari e, limitatamente al settore terziario, per l'illuminazione artificiale degli edifici.

Le metodologie di calcolo e di espressione della prestazione energetica degli edifici sono definite tenendo conto di una serie di fattori, tra i quali il clima esterno ed interno, le caratteristiche termiche dell'edificio, la posizione e l'orientamento dell'edificio, la ventilazione naturale, i sistemi solari passivi e la protezione solare, la tipologia di impianti (riscaldamento, ACS, condizionamento d'aria e ventilazione, illuminazione) e l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili o sistemi di cogenerazione.

Il contenimento dei consumi di energia nell'esercizio e nella manutenzione degli impianti termici esistenti per il riscaldamento invernale, le ispezioni periodiche, e i requisiti minimi degli organismi esterni incaricati delle ispezioni sono stati disciplinati transitoriamente dalle disposizioni elencate nell'*Allegato L* del decreto e riportate in *<Appendice A>*.

La normativa più recente in materia di esercizio, conduzione, controllo, manutenzione e ispezione degli impianti termici per la climatizzazione invernale ed estiva degli edifici e per la preparazione di acqua calda sanitaria corrisponde al decreto del Presidente della Repubblica **n.74** del 16 aprile 2013, il quale ne definisce i criteri generali.

L'esercizio, la conduzione, il controllo, la manutenzione dell'impianto termico e il rispetto delle disposizioni di legge in materia di efficienza energetica rimangono affidati al responsabile dell'impianto, che può delegarle ad un terzo.

La delega al terzo responsabile è consentita nei casi in cui nello stesso locale tecnico siano presenti generatori di calore oppure macchine frigorifere al servizio di più impianti termici.

Il responsabile o il terzo responsabile delegato risponde del mancato rispetto delle norme relative all'impianto termico, in particolare in materia di sicurezza e di tutela dell'ambiente, e comunica tempestivamente in forma scritta al delegante l'esigenza di effettuare gli interventi, indispensabili al corretto funzionamento dell'impianto termico affidatogli.

Le operazioni di controllo ed eventuale manutenzione dell'impianto devono essere eseguite da ditte abilitate ai sensi del decreto ministeriale n.37 del 22 gennaio 2008, conformemente alle prescrizioni e con la periodicità contenute nelle istruzioni tecniche per l'uso e la manutenzione degli impianti rese disponibili.

Proprio con il decreto ministeriale n.37 del 22 gennaio 2008 viene disposto che la manutenzione ordinaria di ogni tipo di impianto¹² posto al servizio degli edifici, indipendentemente dalla destinazione d'uso, collocati all'interno degli stessi, non comporta la redazione del progetto, né il rilascio dell'attestazione di collaudo e neppure l'osservanza dell'obbligo di affidare i lavori di manutenzione straordinaria degli impianti ad imprese abilitate.

Gli installatori e i manutentori degli impianti termici, anch'essi abilitati ai sensi del D.M. n.37, nell'ambito delle rispettive responsabilità, devono definire e dichiarare al committente o all'utente, in forma scritta e facendo riferimento alla documentazione tecnica del progettista dell'impianto o del fabbricante degli apparecchi:

- a) Quali siano le operazioni di controllo e manutenzione di cui necessita l'impianto da loro installato o mantenuto, per garantire la sicurezza delle persone e delle cose.
- b) Con quale frequenza le operazioni precedenti vadano effettuate.

In occasione degli interventi di controllo ed eventuale manutenzione su impianti termici di climatizzazione invernale di potenza termica nominale utile maggiore di 12 kW, si effettua in aggiunta un controllo di efficienza energetica riguardante il sottosistema di generazione, la verifica della presenza e della funzionalità dei sistemi di regolazione della temperatura centrale e locale nei locali climatizzati e, se previsti, dei sistemi di trattamento acqua.

I controlli di efficienza energetica devono essere realizzati:

- a) All'atto della prima messa in esercizio dell'impianto a cura dell'installatore.
- b) Nel caso di sostituzione degli apparecchi del sottosistema di generazione (generatore di calore).
- c) Nel caso di interventi che non rientrano tra quelli periodici ma sono in grado di modificare l'efficienza energetica.

Al termine delle operazioni di controllo, l'operatore provvede a redigere e sottoscrivere uno specifico rapporto di controllo di efficienza energetica, che prevede una sezione nella quale si riportano i possibili interventi atti a migliorare il rendimento energetico dell'impianto in modo economicamente conveniente.

I generatori di calore per i quali, durante le operazioni di controllo, siano stati rilevati rendimenti di combustione inferiori ai limiti fissati nell'Allegato B (tabella 5), non riconducibili a tali valori mediante operazioni di manutenzione, devono essere sostituiti entro 180 giorni

¹² (Impianti di produzione, trasformazione, trasporto, distribuzione, utilizzazione dell'energia elettrica, impianti di protezione, elettronici, di riscaldamento, di climatizzazione, di condizionamento e di refrigerazione, di ventilazione ed aerazione locali, idrici e sanitari, per la distribuzione...)

solari a partite dalla data di controllo e comunque esclusi dalla conduzione in esercizio continuo.

Tipologie di generatori di calore	Data di installazione	Valore minimo consentito del rendimento di combustione (%)
Generatore di calore (tutti)	prima del 29 ottobre 1993	$82 + 2 \log P_n$
Generatore di calore (tutti)	dal 29 ottobre 1993 al 31 dicembre 1997	$84 + 2 \log P_n$
Generatore di calore standard	dal 1° gennaio 1998 al 7 ottobre 2005	$84 + 2 \log P_n$
Generatore di calore a bassa temperatura	dal 1° gennaio 1998 al 7 ottobre 2005	$87,5 + 1,5 \log P_n$
Generatore di calore a gas a condensazione	dal 1° gennaio 1998 al 7 ottobre 2005	$91 + 1 \log P_n$
Generatore di calore a gas a condensazione	dall'8 ottobre 2005	$89 + 2 \log P_n$
Generatore di calore (tutti, salvo generatore di calore a gas a condensazione)	dall'8 ottobre 2005	$87 + 2 \log P_n$
Generatori ad aria calda	prima del 29 ottobre 1993	$77 + 2 \log P_n$
Generatori ad aria calda	dopo il 29 ottobre 1993	$80 + 2 \log P_n$

*log P_n : logaritmo in base 10 della potenza utile nominale espressa in kW
Per valori di P_n superiori a 400 kW si applica il limite massimo corrispondente a 400 kW*

Tabella 5. Valori minimi consentiti del rendimento di combustione

Le macchine frigorifere e le pompe di calore per le quali nel corso delle operazioni di controllo siano stati rilevati valori riferiti ai parametri che caratterizzano l'efficienza energetica, inferiori del 15% rispetto a quelli misurati in fase di collaudo o primo avviamento riportati sul libretto di impianto (oppure i valori di targa), devono essere riportate alla situazione iniziale, con una tolleranza del 5%.

Le unità cogenerative per le quali nel corso delle operazioni di controllo sia stato provato che i valori dei parametri che caratterizzano l'efficienza energetica non rientrano nelle tolleranze definite dal fabbricante devono essere riportate alla situazione iniziale, secondo il piano di manutenzione.

Le ispezioni su impianti di climatizzazione invernale di potenza termica utile nominale non minore di 10 kW e di climatizzazione estiva di potenza termica utile nominale non minore di 12 kW comprende una valutazione di efficienza energetica del generatore, una stima del suo corretto dimensionamento rispetto al fabbisogno energetico per la climatizzazione invernale ed estiva dell'edificio, in riferimento al progetto dell'impianto, e una consulenza sui possibili interventi atti a migliorare il rendimento energetico dell'impianto in modo economicamente conveniente.

Per gli impianti di climatizzazione invernale di potenza termica utile nominale compresa tra 10 kW e 100 kW, alimentati a gas, metano o GPL e per gli impianti di climatizzazione estiva di potenza termica utile nominale compresa tra 12 e 100 kW l'accertamento del rapporto di controllo di efficienza energetica inviato dal manutentore o terzo responsabile è ritenuto sostitutivo dell'ispezione.

Le Regioni o l'organismo incaricato provvedono all'accertamento dei rapporti di controllo di efficienza energetica pervenuti e, qualora ne mostrino la necessità, si attivano presso i responsabili degli impianti affinché questi ultimi procedano agli adeguamenti eventualmente necessari.

Ai fini degli obiettivi di miglioramento dell'efficienza energetica, le ispezioni sono programmate in base ai seguenti criteri e priorità:

- Impianti per cui non sia pervenuto il rapporto di controllo di efficienza energetica o per i quali in fase d'accertamento siano emersi elementi di criticità.
- Impianti dotati di generatori o macchine frigorifere con più di 15 anni di vita.
- Impianti dotati di generatori a combustibile liquido o solido con potenza termica utile nominale superiore a 100 kW.
- Impianti dotati di macchine frigorifere con potenza termica utile nominale superiore ai 100 kW.
- Impianti dotati di generatori a gas con potenza termica utile nominale superiore a 100 kW e impianti dotati di generatori a combustibile liquido o solido con potenza termica utile nominale compresa tra 20 e 100 kW.
- Gli impianti per i quali dai rapporti di controllo dell'efficienza energetica risulti la non riconducibilità a rendimenti superiori a quelli fissati nell'Allegato B.

2.2 Legislazione regionale (Piemonte)

A livello regionale, in Piemonte, si sono promossi il tema dell'efficienza energetica, l'uso razionale dell'energia e la riduzione degli impatti nei sistemi impiantistici con la **legge n.3** dell'11 marzo 2015.

La Giunta regionale ha adottato diversi provvedimenti diretti a disciplinare le attività di accertamento ed ispezione degli impianti termici, promuovere l'innovazione e la diffusione di sistemi impiantistici e costruttivi che consentano l'uso razionale dell'energia e la riduzione degli impatti, incentivare la realizzazione di interventi di miglioramento individuati da diagnosi energetiche e sviluppare catasti degli impianti contenenti informazioni sui dati e sulle prestazioni energetiche, accessibili alla pubblica amministrazione e agli operatori del settore.

Il 6 ottobre 2014, con la Deliberazione della Giunta Regionale **n.13-381**, a seguito delle modifiche normative intervenute in materia di esercizio, conduzione, controllo, manutenzione ed ispezione degli impianti termici per la climatizzazione invernale ed estiva e la produzione di acqua calda sanitaria nel D.P.R. n.74, si è ravvisata la necessità di adeguare le disposizioni generali in materia di catasto energetico degli impianti termici e di documentazione ad esso allegata al fine di consentire un allineamento alla normativa nazionale, nel rispetto delle peculiarità regionali.

Nota la necessità di procedere all'aggiornamento del sistema di gestione degli impianti termici (SIGIT) in un'ottica di dematerializzazione delle pratiche amministrative e di rendere uniformi le procedure di gestione degli impianti termici, sono state definite le nuove disposizioni operative dirette all'istituzione e al funzionamento del nuovo **Catasto degli Impianti Termici (CIT)**.

Oltre alla sostituzione del Sistema Informativo di Gestione degli Impianti Termici, con questa delibera si demanda al Settore regionale competente lo svolgimento del primo seminario formativo diretto all'aggiornamento degli installatori e manutentori in merito al funzionamento del nuovo CIT.

Tra gli obiettivi perseguiti dal CIT ci sono la realizzazione dei servizi per i soggetti che a vario titolo sono coinvolti nella gestione dell'impianto termico nel corso del suo intero ciclo di vita e la gestione delle anomalie e delle prescrizioni per gli impianti termici che non risultano in regola, con il conseguente iter di sospensione dell'esercizio degli impianti fino alla loro regolarizzazione.

Il CIT permette la registrazione delle schede identificative del libretto di impianto, dei rapporti di controllo di efficienza energetica, di comunicazioni nomina terzi responsabili o cambio di responsabilità, di rapporti di prova e l'archiviazione della documentazione relativa ai controlli periodici e alle ispezioni effettuate sugli impianti termici in esercizio sul territorio regionale. Tra i soggetti autorizzati ad accedere al Catasto ci sono anche i manutentori.

Per ogni tipo di impianto (gruppi termici, gruppi frigo, scambiatori di calore, cogeneratori) il CIT traccia un installatore ed un manutentore.

Nell'aggiornamento del Piano regionale per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria con lo **Stralcio di Piano per il riscaldamento ambientale e il condizionamento** e nelle disposizioni in materia di rendimento energetico nell'edilizia si sono definite per le singole tipologie di edifici le prescrizioni necessarie a seguito della realizzazione di precisi interventi, tra i quali nelle "Schede E" gli interventi di manutenzione straordinaria e ordinaria di costruzioni legate all'attività industriale, riportati in <Appendice B>.

Con il decreto della giunta regionale **n.85-3795** del 27 aprile 2012 si sono portate modifiche del decreto della giunta regionale **n.46-11968** del 4 agosto 2009 recante l'aggiornamento dello Stralcio di piano per il riscaldamento ambientale e il condizionamento, nonché alcune disposizioni attuative in merito al rendimento energetico degli edifici trattato nella legge regionale **n.13** del 28 maggio 2007.

La normativa si pone in un contesto caratterizzato da un'azione ancora poco incisiva in merito alla riqualificazione energetica del parco edilizio esistente e nella gestione energeticamente efficace del sistema edificio-impianto.

Per quanto riguarda gli impianti termici esistenti è stato definito un percorso finalizzato ad una sostanziale riqualificazione sia dal punto di vista emissivo che energetico, in particolare mediante l'introduzione della termoregolazione e la contabilizzazione del calore a cui si prevede di affiancare, in tempi diversi, l'adeguamento dei generatori di calore a standard emissivi ed energetici in linea con le moderne tecnologie.

E' importante, inoltre, rilevare come l'inserimento della termoregolazione, accompagnata dalla contabilizzazione di calore consenta, anche in assenza di interventi diretti sul sistema di produzione del calore, di ottenere miglie importanti nella gestione dell'impianto, quali ad esempio la gestione personalizzata del riscaldamento , una maggiore uniformità delle temperature tra le varie parti dell'edificio, una valorizzazione più consistente degli apporti termici gratuiti (irraggiamento solare, fonti di calore endogene, ecc..) o la valorizzazione degli eventuali interventi di miglioramento delle caratteristiche energetiche degli involucri edilizi.

2.3 Normativa tecnica sull'efficienza energetica

La Direttiva Europea **2012/27/EU**, concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici costituisce il frame work europeo all'interno del quale ogni Stato membro legifera sulle proprie politiche di miglioramento dell'efficienza energetica.

A partire da questa direttiva, le migliorie in termini di efficienza energetica, gestione dei consumi energetici e promozione dei servizi energetici sono state recepite in Italia con i decreti legislativi 115/2008, **il Piano d'azione per l'Efficienza Energetica** e il D.lg. **102/2014**, stabilendo un quadro di misure per la promozione e il miglioramento dell'efficienza tese al raggiungimento degli obiettivi nazionali di risparmio energetico definiti dal Protocollo di Kyoto e da raggiungere entro il 2020.

A tal fine, il D.lgs.102 delinea una serie di azioni finalizzate a superare gli ostacoli e le carenze del mercato che frenano l'efficienza nella fornitura e negli usi finali dell'energia. Questo decreto è volto a promuovere la realizzazione di interventi di riqualificazione energetica nelle piccole e medie imprese, ed introduce l'obbligo di eseguire, ogni quattro anni, diagnosi energetiche per tutti i siti delle grandi aziende e le imprese ad alta intensità energetica che non abbiano adottato già precedenti sistemi di gestione dell'energia.

Esso istituisce inoltre il Fondo nazionale per l'efficienza energetica, un importante strumento finanziario di supporto alla riqualificazione energetica degli edifici della Pubblica Amministrazione ed agli interventi per la riduzione dei consumi di energia nei settori dell'industria e dei servizi

La norma **UNI CEI EN ISO 50001** del 2011 specifica i requisiti per stabilire, implementare, mantenere e migliorare un sistema di gestione dell'energia, il cui scopo è permettere ad un'organizzazione di intraprendere un approccio sistematico, al fine di raggiungere un miglioramento continuo delle prestazioni energetiche, ivi compresa l'efficienza energetica, l'uso e il consumo dell'energia.

Per quanto riguarda il controllo operativo, l'impresa deve identificare e pianificare le operazioni e le attività di manutenzione che sono associate agli usi energetici significativi e che siano coerenti alla propria politica energetica, ai propri obiettivi, traguardi e piani energetici, al fine di assicurare che essi siano espletati sotto condizioni specificate, attraverso quanto segue:

- a) Stabilire e mettere a punto criteri per l'efficace servizio e manutenzione degli usi energetici significativi, ove la loro assenza potrebbe portare a significative deviazioni da efficaci prestazioni energetiche.
- b) Esercizio e manutenzione impianti, processi, sistemi ed apparecchiature in conformità ai criteri operativi.
- c) Appropriata comunicazione in merito ai controlli operativi indirizzata al personale o a chi opera per conto dell'organizzazione.

La società deve assicurare che le caratteristiche chiave della sua operatività (gli usi energetici significativi e gli altri risultati dell'analisi energetica iniziale, le variabili applicabili correlate agli usi energetici significativi, gli indici di prestazione energetica, l'efficacia dei piani di azione nel raggiungimento degli obiettivi e dei traguardi e la valutazione dei consumi attuali rispetto a quelli previsti) che determinano le prestazioni energetiche siano sorvegliate, misurate ed analizzate ad intervalli predefiniti.

I risultati del monitoraggio e misurazione delle caratteristiche chiave devono essere registrati e deve essere definito e implementato un piano di misurazione dell'energia, appropriato alla dimensione e alla complessità dell'azienda e alle sue apparecchiature di monitoraggio e misurazione.

Le misurazioni possono spaziare dai semplici contatori per piccole organizzazioni ad un sistema completo di monitoraggio e misurazione collegato ad applicazioni software in grado di elaborare i dati e mettere a disposizione un'analisi di tipo automatico.

È compito della stessa impresa la determinazione dei mezzi e dei metodi di misurazione. Deve definire e periodicamente revisionare le sue necessità di misurazione, deve assicurare che le sue apparecchiature di monitoraggio e misurazione dei parametri chiave forniscano dati accurati e ripetibili.

L'azienda deve inoltre investigare e dare risposta alle deviazioni significative nelle prestazioni energetiche e devono essere conservati i risultati di tali attività.

La norma **UNI ISO 50004** del 2015 fornisce invece una guida per stabilire, implementare, mantenere e migliorare un sistema di gestione dell'energia (EnMS¹³) in accordo con l'approccio sistematico definito dalla ISO 50001.

La guida fornita dalla presente norma è applicabile ad ogni organizzazione, indipendentemente dalla sua dimensione, tipologia o localizzazione.

La presente norma fornisce indicazioni per attuare i requisiti di un sistema di gestione dell'energia (SGE) e guida l'organizzazione nell'adottare un approccio sistematico per ottenere un miglioramento continuo della gestione dell'energia e della prestazione energetica.

La gestione dell'energia sarà sostenibile e maggiormente efficace se integrata con un processo aziendale generale (gestione operativa, amministrazione finanziaria, qualità, manutenzione, risorse umane, acquisti, salute, sicurezza e ambiente).

È buona prassi avere un gruppo di gestione dell'energia con funzioni trasversali composto da più persone e che includa rappresentanti delle diverse aree che possono influenzare la prestazione energetica.

Questo approccio fornisce un meccanismo efficace in grado di coinvolgere diverse unità aziendali nella pianificazione, nell'attuazione e nel mantenimento del SGE. I componenti coinvolti in questo tipo di organizzazione dovrebbero essere individuati in base ai ruoli, e tra di essi c'è il personale della manutenzione e dei servizi.

Nella valutazione del consumo energetico è buona pratica analizzare i dati con una frequenza adeguata a capire la variabilità della prestazione energetica e ogni tipo di anomalia nei consumi energetici.

La frequenza della raccolta dati dovrebbe essere almeno mensile per consentire l'identificazione degli andamenti nell'uso e nel consumo di energia. Per alcune attività può essere appropriata una raccolta dati più frequente.

Lo scopo del monitoraggio, della misurazione e dell'analisi è ottenere e analizzare i dati al fine di determinare se la prestazione energetica stia migliorando, di quanto e se è mantenuto il controllo operativo applicato agli SGE, agli EnPI¹⁴ e ai piani di azione, ma può essere applicato a qualsiasi uso dell'energia su cui l'azienda sceglie di esercitarlo.

¹³ Energy Management System

¹⁴ Energy Performance Indicator

L'analisi dei dati misurati può essere migliorata tramite l'uso di differenti metodi analitici o di differente strumentazione.

Il piano di misurazione dell'energia è uno dei risultati del processo di pianificazione energetica e nel definirlo bisogna considerare la complessità dell'uso dell'energia.

La definizione della frequenza di monitoraggio e misurazione dovrebbe considerare fattori come le differenti gestioni delle installazioni, le fluttuazioni del consumo energetico per variazione di attrezzature o processi di produzione, le indicazioni di malfunzionamenti delle apparecchiature e i livelli occupazionali.

Ci sono due tipologie di misurazione adottate allo specifico uso energetico e tipicamente considerate dal piano di misurazione; la prima si riferisce a quelle voci necessarie per definire le misure di prestazione energetica e la seconda si riferisce ai parametri critici necessari per un efficace gestione e manutenzione.

La norma **UNI CEI 11339** del 2009 definisce i requisiti generali e le procedure per la qualificazione degli Esperti in Gestione dell'Energia delineandone i compiti, le competenze e le modalità di valutazione delle competenze.

Tra i compiti essenziali che deve possedere un EGE all'interno dell'organizzazione dove opera ci sono anche l'ottimizzazione della conduzione e della manutenzione impianti e la gestione/controllo dei sistemi energetici.

La norma **UNI CEI 11352** del 2014 determina i requisiti generali e una lista di controllo per la verifica dei requisiti delle società (ESCo¹⁵) che forniscono servizi energetici volti al miglioramento dell'efficienza energetica presso i propri clienti, con garanzia di risultati.

In particolare, descrive i requisiti minimi dei servizi di efficienza energetica e le capacità (organizzativa, diagnostica, progettuale, gestionale, economica e finanziaria) che una ESCo deve possedere per poter offrire le attività peculiari presso i propri clienti.

Uno dei principali requisiti consiste nel garantire un servizio di efficienza energetica finalizzato al conseguimento di un miglioramento dell'efficienza energetica di un sistema di domanda e consumo di energia, nel rispetto di tutti i criteri prestazionali concordati. Il servizio di efficienza energetica deve essere determinato sulla base dei dati raccolti e relativi al consumo energetico.

Con servizio energetico intendiamo una prestazione materiale, utilità o vantaggio derivante dalla combinazione di energia e tecnologie, ovvero con operazioni che utilizzano efficacemente l'energia e che possono includere le attività di gestione, di manutenzione e di controllo necessarie alla prestazione del servizio, la cui fornitura ha dimostrato di portare a miglioramenti dell'efficienza energetica e a risparmi energetici primari verificabili, misurabili o stimabili.

Come trattato anche nella norma **UNI CEI EN 15900** un servizio di efficienza energetica deve essere progettato per ottenere un miglioramento dell'efficienza energetica e raggiungere diversi criteri prestazionali come il livello di comfort, il livello produttivo e la sicurezza.

Un servizio di efficienza energetica deve basarsi su dati raccolti e collegati al consumo energetico ed includere sia una diagnosi energetica e sia l'identificazione, la selezione e l'implementazione di azioni, quali tra le altre l'ottimizzazione e il mantenimento continuo delle apparecchiature al loro migliore livello prestazionale, la pianificazione della

manutenzione, formazione del personale di esercizio e di manutenzione e sviluppo di sistemi di gestione dell'energia.

Il miglioramento dell'efficienza energetica deve essere caratterizzato dalla riduzione dei consumi energetici rispetto al consumo di riferimento, che deve essere determinata tramite misurazioni e/o stime del consumo, prima e dopo la realizzazione delle azioni.

Il servizio di efficienza energetica comprende sia l'identificazione, la selezione e l'implementazione delle azioni di miglioramento energetico e sia la successiva verifica del miglioramento.

Le azioni di miglioramento dell'efficienza energetica devono comprendere:

- a. Azioni per ridurre il fabbisogno di energia del sistema di domanda dell'energia (miglioramento isolamento di edifici, riduzione perdite di aria compressa, vapore o condensa, ecc.).
- b. Sostituzione, modifica o aggiunta di apparecchi o impianti (installazione di generazione combinata calore ed elettricità, caldaie ad alta efficienza, motori elettrici a velocità variabile, illuminazione ad alta efficienza).
- c. Miglioramento dell'efficienza di conduzione degli impianti (automazione del controllo energetico negli edifici, miglioramento della logistica, ottimizzazione dei parametri di regolazione degli impianti).
- d. Miglioramento del servizio di manutenzione (pianificazione degli interventi di manutenzione (ordinaria, predittiva, straordinaria), formazione del personale addetto).
- e. Attuazione di programmi di modifica comportamentale degli utenti (formazione, informazione/comunicazione, incentivazione e sensibilizzazione degli utenti alle tematiche del risparmio energetico).
- f. Adozione di un sistema di gestione dell'energia (**UNI CEI EN 16001**).

Oltre alle azioni appena citate, le ESCo devono offrire una serie di attività tra le quali anche la conduzione degli impianti garantendone la resa ottimale ai fini del miglioramento dell'efficienza energetica ed economica, la manutenzione ordinaria (preventiva e correttiva) degli impianti, assicurandone il mantenimento in affidabilità, e un'attività di monitoraggio del sistema di domanda e consumo di energia, verifica dei consumi, delle prestazioni e dei risultati conseguiti.

Una delle attività facoltative che una ESCo può offrire è la manutenzione straordinaria delle apparecchiature che costituiscono il sistema di domanda e consumo di energia dei propri clienti.

Tra le capacità che una ESCo deve possedere ci sono quella di svolgere misurazioni con interventi di diagnostica, l'abilità di pianificare ed effettuare monitoraggi dei risultati ottenuti insieme alla capacità di esercizio e manutenzione degli impianti oggetto del servizio di efficienza energetica.

La metodologia, i requisiti e le risultanze di una diagnosi energetica nei processi industriali sono specificati nella norma europea **EN 16247**, nella cui terza parte affronta l'utilizzo energetico nel processo, nelle fasi del processo (tra le quali pulizia e manutenzione) e nei processi di utenza. Tra le opportunità di miglioramento proposte dall'auditor energetico ci sono un miglioramento della manutenzione e un miglioramento del piano di monitoraggio e di contabilizzazione, implementando il sistema di gestione dell'energia.

3. QUESTIONARIO

3.1 Testo

Al fine di definire gli scenari attuali a livello aziendale, è stato utile sottoporre in collaborazione con l'Unione Industriale di Torino, nella persona dell'ing. Roberto Vinchi e dell'AMMA¹⁶ nella persona dell'ing. Francesco Mosca un questionario ad un centinaio aziende, con stabilimenti di produzione siti prevalentemente nella Regione Piemonte.

Il questionario, il cui testo è riportato in <Appendice C>, è composto essenzialmente da due sezioni.

Nella prima parte sono state richieste informazioni base all'azienda in modo da poterle catalogare (denominazione, ubicazione, settore merceologico, codice ATECO, settore di appartenenza, attività aziendale) e in modo da poter conoscere per esempio l'estensione degli spazi occupati dallo stabilimento, la quantità di materia prima trattata su scala annuale, il numero di occupanti in qualità di lavoratori suddivisi in un determinato numero di turni lavorativi e il fatturato dell'azienda nel corso dell'anno 2016.

Le imprese intervistate in maggioranza fanno parte del settore metalmeccanico, ma troviamo in percentuali minori anche imprese dell'industria tessile, della plastica, della carta, dell'autoveicolo e dei materiali da costruzione.

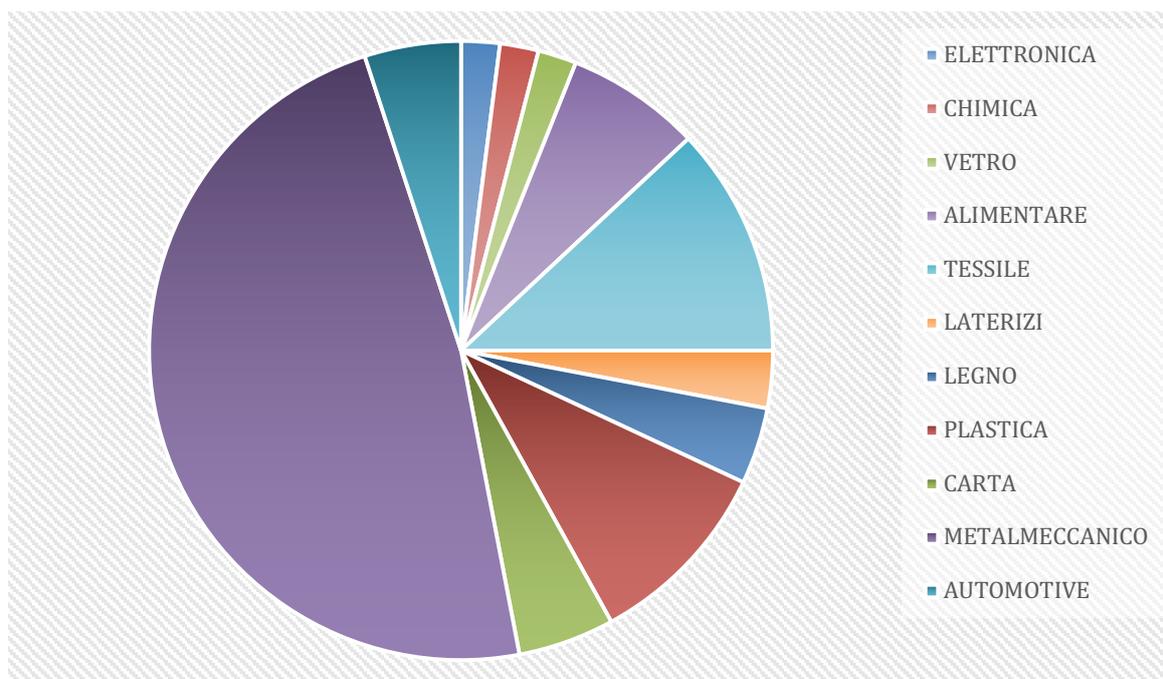


Figura 6. Distribuzione merceologica delle imprese intervistate

Il 74% del campione è Impresa Energivora¹⁷, mentre il 27% è Grande Impresa¹⁸.

La seconda sezione rappresenta il cuore del questionario, nella quale pongo tredici quesiti a risposta chiusa chiedendo all'impresa di auto valutarsi su una scala da 1 a 5 con grado decrescente di importanza (1. *Ottimo*; 2. *Buono*; 3. *Sufficiente*; 4. *Scarso*; 5. *Pessimo*) oppure di rispondere semplicemente in modo affermativo o negativo alle domande proposte.

Viene testato innanzitutto il loro livello di attenzione verso il tema dell'efficienza energetica, chiedendo a loro se all'interno dell'azienda ci sia un energy manager che si occupa dell'analisi, del monitoraggio e dell'ottimizzazione dell'uso dell'energia e se nel corso degli ultimi tre anni abbiano effettuato una diagnosi energetica secondo quanto previsto dal D.lgs. 102 o, in alternativa, abbiano conseguito la certificazione secondo norma ISO 50001.

In caso di risposta affermativa ho voluto sapere se stanno effettivamente realizzando gli interventi proposti dalla diagnosi energetica effettuata.

Ho verificato inoltre la presenza o meno di un piano di riqualificazione energetica o comunque un sistema di Energy Management a livello aziendale, e se esso in particolare coinvolga l'attività di conduzione e manutenzione degli impianti.

Grazie alla domanda numero cinque ho potuto prendere atto di quanto l'azienda pensa di poter ottenere in termini di risparmio energetico da ogni diversa attività (principale, ausiliaria o generale), con particolare attenzione verso la valutazione data al secondo tipo di servizio.

A partire dal sesto quesito ho voluto approfondire l'attività di manutenzione eseguita dalla singola impresa, domandando dapprima da chi e in che modo viene gestita (da personale interno, da personale esterno oppure da manutentore interno più azienda qualificata esterna).

Mi è inoltre interessato chiedere se la manutenzione preventiva, ordinaria e straordinaria vengano pianificate e con quale frequenza vengano aggiornati ognuno di questi piani di manutenzione (in più anni, annualmente, trimestralmente o settimanalmente).

Successivamente ho richiesto la selezione del più importante aspetto correlato con la manutenzione tra un elenco di possibili aspetti, quali la continuità del servizio, la qualità del servizio, la sicurezza, l'economicità ed inevitabilmente anche l'aspetto legato alla diminuzione dei consumi energetici.

La valutazione delle attività gestionali riferite alle risorse umane, proprie o di terzi, coinvolte nel sistema manutentivo, è proposta nella successiva domanda, esaminando il livello di formazione e di addestramento del personale, la programmazione dei lavori e la consuntivazione¹⁹ dei lavori stessi.

Nella parte conclusiva di questa sezione ci sono i quesiti più importanti ai fini della mia indagine statistica.

Prima di tutto ho voluto comprendere se il piano di manutenzione aziendale preveda un risparmio energetico e, nel caso lo preveda, ho chiesto di quantificarlo in termini percentuali rispetto ai consumi totali attuali.

Nella domanda chiave successiva ho voluto invece conoscere se l'impresa adotta un sistema di monitoraggio dei consumi, specificando di quale tipo (SCADA, integrato o

¹⁷ Impresa con un consumo annuo di energia elettrica o di energia diversa dall'elettrica maggiore di 2.400.000 kWh ed un costo complessivo dell'energia non inferiore al 3% del fatturato.

¹⁸ Ogni impresa con 250 o più effettivi oppure ogni impresa, anche con meno di 250 effettivi, con un fatturato superiore a 50 milioni di euro e un bilancio superiore ai 43 milioni di euro.

¹⁹ Fase finale di riflessione critica, verifica e aggiornamento delle attività operative, sia dal punto di vista tecnico e sia dal punto di vista economico.

esterno, sistemi di telecontrollo o altro) e se esiste interazione tra questi sistemi e il piano di conduzione e manutenzione degli impianti, selezionando se si tratta di impianti di produzione, ausiliari oppure generali.

Questa parte è stata compilata tendenzialmente da figure aziendali in grado di rispondere ai quesiti richiesti, quindi o dall'energy manager dell'azienda oppure da un qualsiasi responsabile di manutenzione o conduzione impianti.

Attraverso il quattordicesimo quesito chiedo alle aziende di valutare diversi items inerenti al loro programma di conduzione e manutenzione in modo da poter quantificare l'incidenza di ogni singolo aspetto sulla soddisfazione generale, parametro che reputo fondamentale ed imprescindibile nel fare impresa.

3.2 Risultati

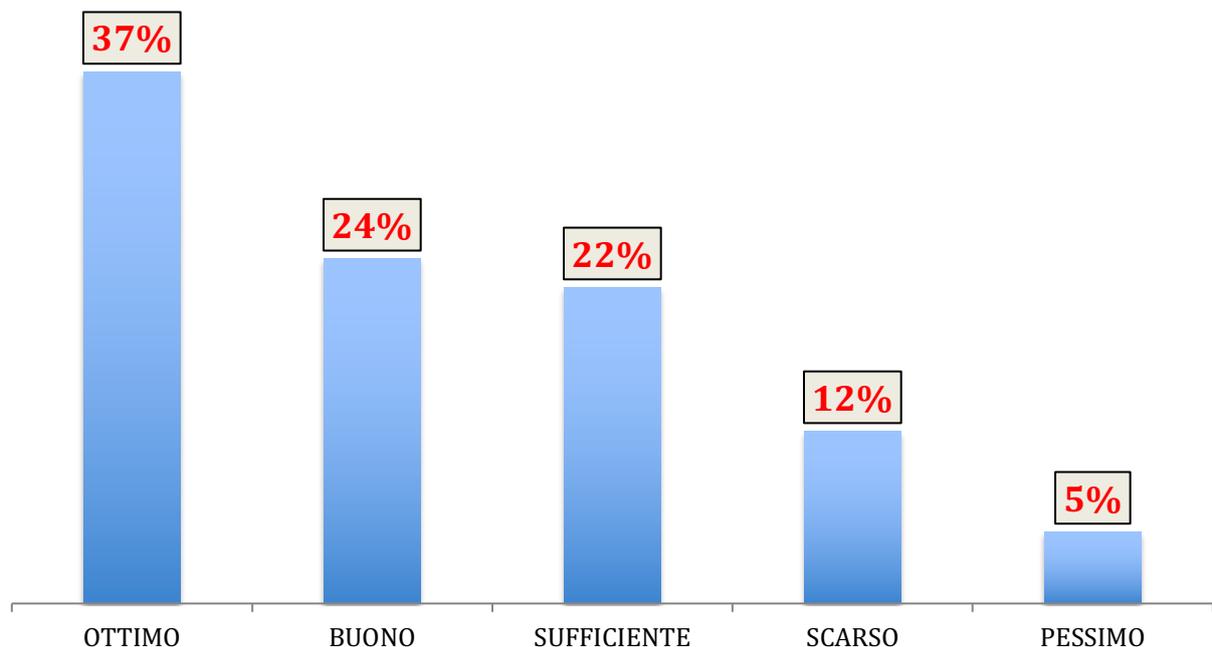
In un foglio di lavoro Excel ho riportato i risultati ottenuti su grafici di frequenza, sui quali è rappresentata la tendenza di risposta ad ogni domanda, in percentuale, da parte delle cento aziende intervistate.

In questo paragrafo presenterò e commenterò i risultati raccolti, e da essi cercherò di trarre alcune conclusioni.

Nel comparto industriale emerge una significativa attenzione al tema dell'efficienza energetica, dovuta in primis alla diffusione dello strumento degli audit energetici. L'introduzione dell'obbligo di diagnosi energetica per i soggetti grandi e per quelli energivori ha sicuramente sensibilizzato il settore verso certe questioni.

Circa il 60% delle imprese assegna la giusta importanza al tema dell'efficienza energetica, sottolineando il fatto che stia diventando sempre più rilevante all'interno dell'organizzazione aziendale.

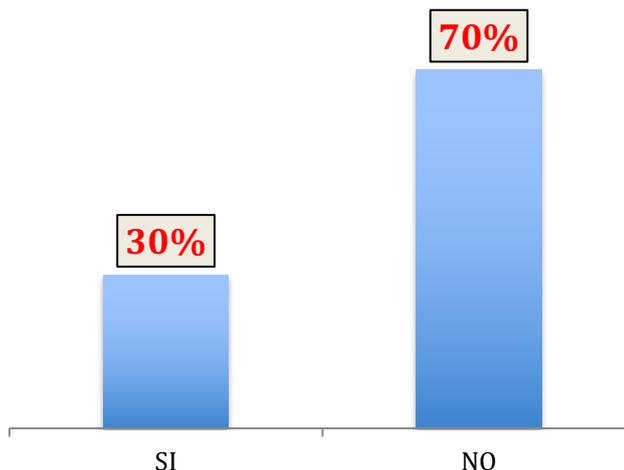
Quanto è importante il tema dell'efficienza energetica per l'azienda?



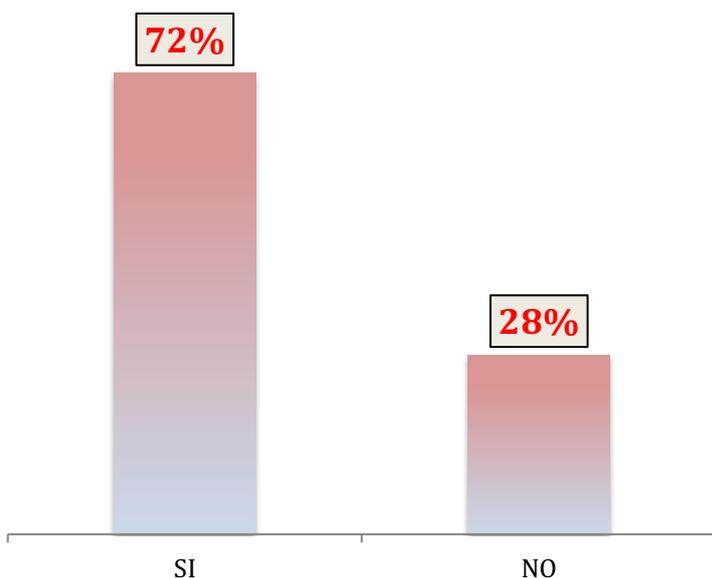
L'istituzionalizzazione di un ruolo organizzativo ad hoc per la gestione dell'energia all'interno degli organigrammi aziendali sembra invece ancora poco diffusa.

Solo il 30% possiede un soggetto con il compito di gestire tutto ciò che riguarda il consumo di energia e l'ottimizzazione dell'utilizzo energetico all'interno dello stabilimento industriale.

E' presente un energy manager in azienda?



La società ha fatto negli ultimi tre anni una diagnosi energetica secondo il D.lgs. 102/2014 o ha conseguito certificazione ISO 50001?

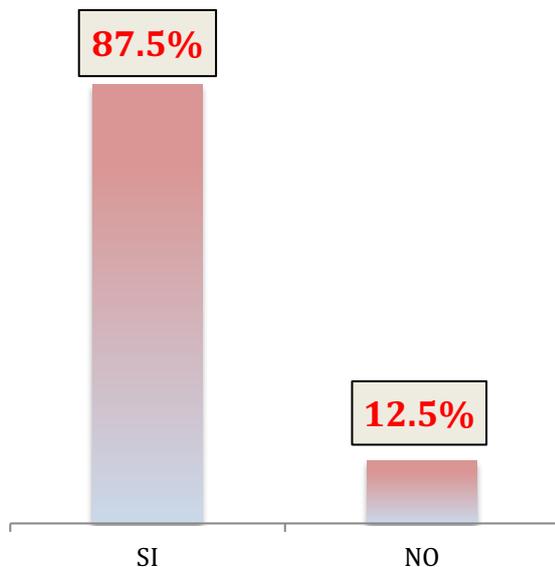


La percentuale del 72% rispecchia in pieno il fatto che all'incirca la stessa percentuale di aziende (74% di energivore) fosse obbligata a procedere ad una diagnosi energetica o al conseguimento di una certificazione ISO 50001.

Nonostante l'opportunità di usufruire di agevolazioni fiscali, il restante 28%, non obbligato, non ha voluto conoscere come e quanto consuma in energia e dove potrebbe intervenire per migliorarne l'utilizzo.

Dal seguente grafico apprendiamo invece come chi abbia eseguito una diagnosi energetica, nell'87% dei casi, si sia spinto anche a realizzare gli interventi proposti in diagnosi o addirittura integrare successivamente il piano di diagnosi energetica originale, dichiarando di aver realizzato progetti di efficienza energetica e di aver investito in tale ambito.

...se sì, si sta integrando il piano di diagnosi energetica o realizzando alcuni degli interventi proposti in diagnosi?

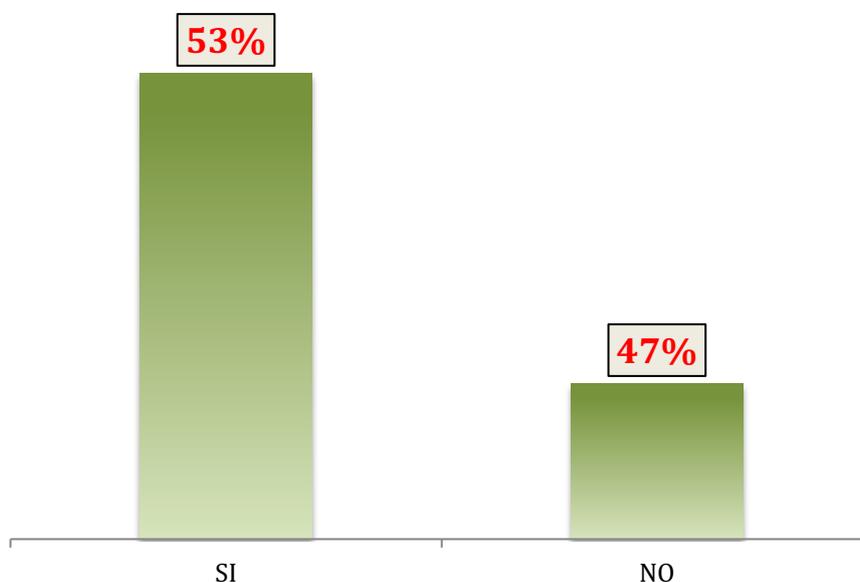


Questo giustifica il fatto che oggi gli interventi di efficienza energetica stanno gradualmente assumendo un ruolo strategico per lo sviluppo dell'impresa e il consumo energetico sta diventando un driver di valutazione della vita residua di un asset.

Rimangono tuttavia ancora delle ombre: gli eccessivi tempi di ritorno economico degli investimenti rappresentano una barriera alla realizzazione di interventi, a cui si aggiungono criticità relative l'incertezza del quadro normativo, all'interazione tra il processo produttivo esistente e la nuova soluzione tecnologica e alla difficoltà di accesso al credito (quest'ultima indicata principalmente dalle PMI).

Nonostante solo il 30% delle aziende abbia un energy manager e ricordando come nelle grandi imprese un sistema di gestione dell'energia riesca a valorizzare il ruolo dell'energy manager aumentandone l'efficacia, inserendolo in una politica energetica aziendale definita, con obiettivi precisi, ed estendendo anche la sua area di attività all'interno dell'azienda, il 53% risponde di possedere in ogni caso un piano di riqualificazione energetica o un sistema di gestione dell'energia.

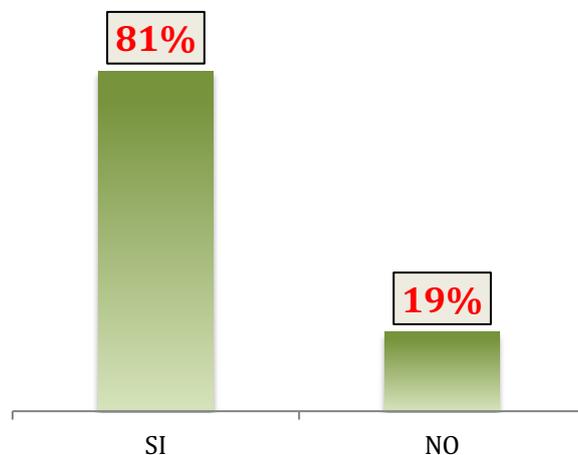
E' presente in azienda un piano di riqualificazione energetica o un sistema di energy management?



Risultato ancora più importante è che l'81% del precedente 53% conferma che il loro energy management system si estende anche al sistema di manutenzione e conduzione degli

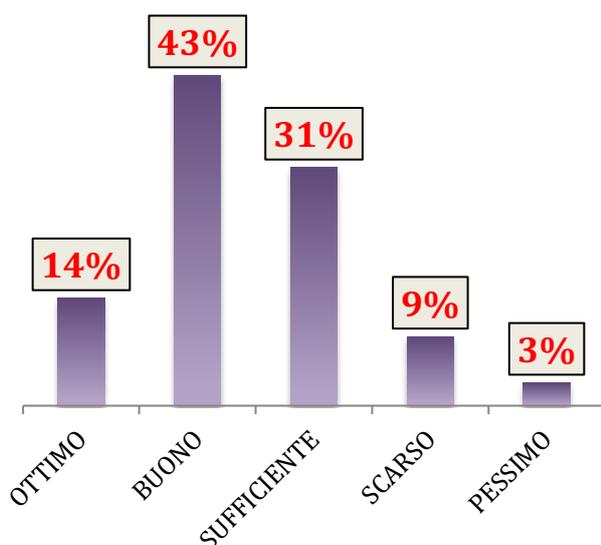
impianti; valore da tenere in considerazione quando successivamente verrà esaminato il risparmio energetico associato al piano di manutenzione.

...se sì, questo piano contempla il sistema di manutenzione e conduzione impianti?

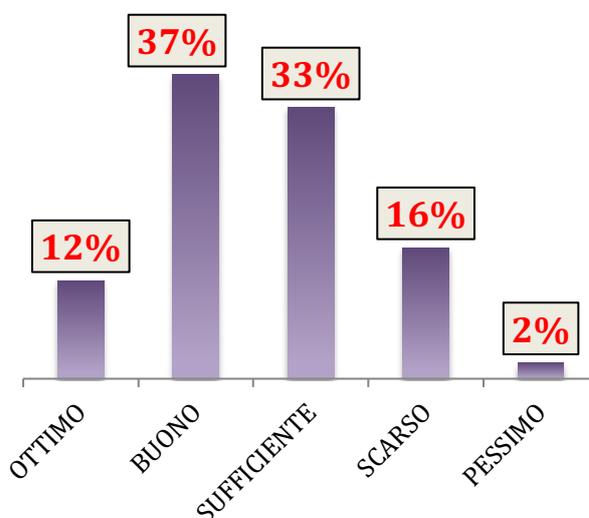


Nei successivi tre grafici è stato stimato quanto le imprese possano o siano già in grado di ottenere in termini di risparmio energetico da ogni diverso tipo di attività o servizio svolti nel proprio sito produttivo: principali²⁰, ausiliari²¹ o generali²². Da quanto si può vedere esiste una certa convinzione di poter ottenere un buon o comunque sufficiente risparmio energetico da ognuna di queste attività.

Quanto si pensa di poter ottenere in termini di risparmio energetico per quanto riguarda le attività principali?



Quanto si pensa di poter ottenere in termini di risparmio energetico per quanto riguarda i servizi ausiliari e accessori?

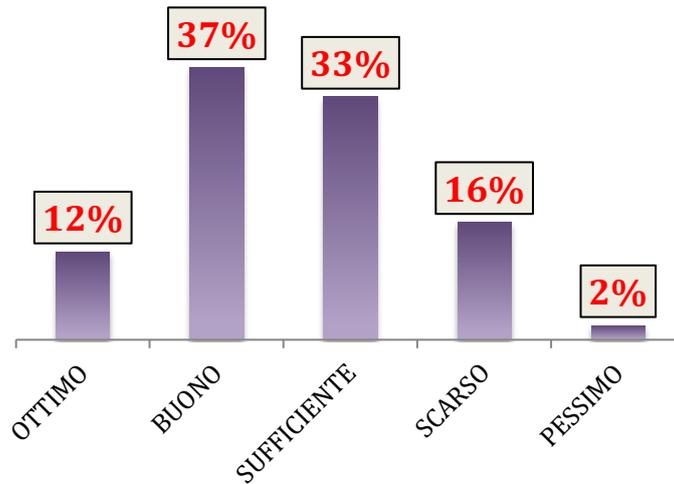


²⁰ Aree funzionali direttamente legate alla produzione di un bene/prodotto o al servizio erogato.

²¹ Aria compressa, centrale termica, centrale frigo, sistemi di pompaggio, impianti di trattamento aria, pompa di calore utilizzati a supporto delle attività principali.

²² Illuminazione interna/esterna, climatizzazione, pompa di circolazione, produzione ACS, filtri e tutto ciò che è legato dalla produzione ed include i servizi per il benessere e la produttività del personale interno

Quanto si pensa di poter ottenere in termini di risparmio energetico per quanto riguarda i servizi generali?



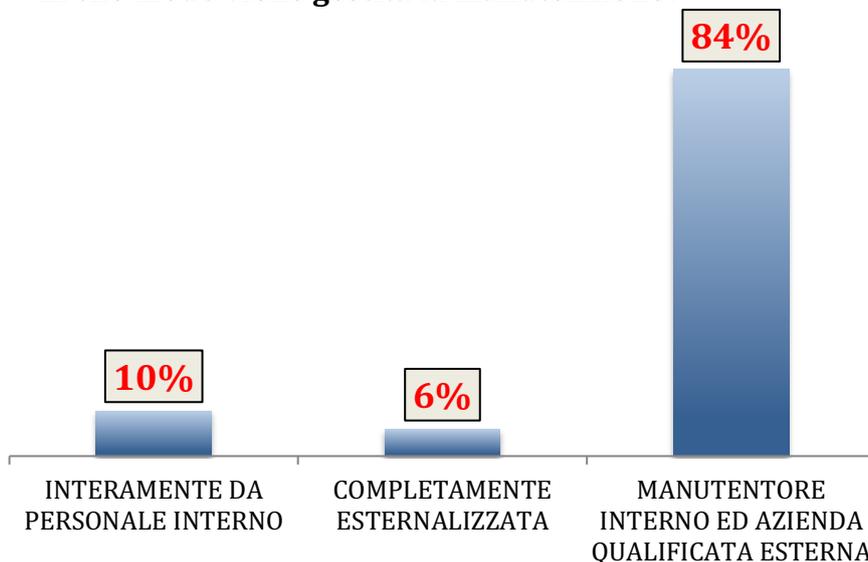
Nell'84% delle aziende intervistate l'attività di manutenzione è eseguita sia da personale aziendale interno e sia da aziende qualificate esterne.

In principio, le aziende erano completamente autonome dal punto di vista manutentivo, successivamente questo tipo di organizzazione non ha avuto più senso, visto che all'esterno a basso costo si sono sviluppate squadre dotate di grande professionalità nell'ottica di massimizzare il ritorno economico e dare un valore aggiunto importante. All'interno è sopravvissuto esclusivamente il core con personale proprio (ingegneria di manutenzione, strategie e politiche associate).

La situazione che cerchiamo di delineare è molto ibrida, con la presenza esclusiva di un energy manager, oppure di un energy manager e un manutentore o, ancora, un unico profilo in grado di svolgere entrambi i ruoli.

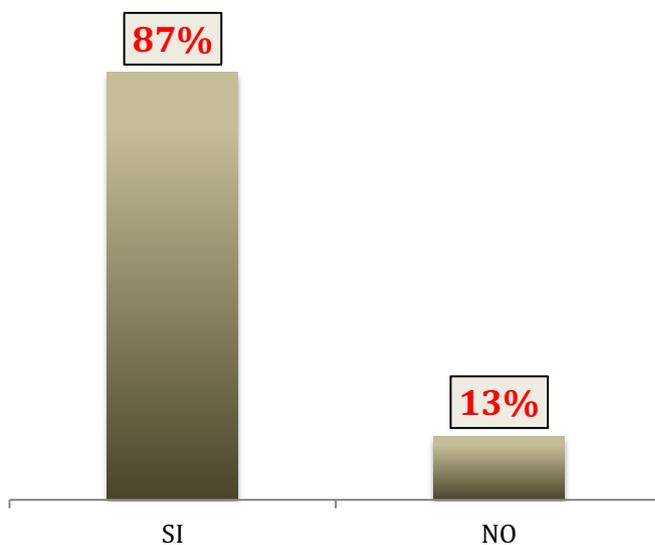
In molti casi l'energy manager proviene proprio dai settori maintenance ed operation.

In che modo viene gestita la manutenzione?



Sottolineo il fatto che, in ogni caso, l'assenza di collaborazione e di dialogo tra le varie funzioni (energy manager, manutentore e conduttore di impianti) può rappresentare un ostacolo agli interessi e alla competitività dell'azienda e, per quanto concerne il mio studio, ai risultati in termini di risparmio energetico.

E' presente un piano di manutenzione preventiva?



A partire dal grafico posto qui di fianco, si è analizzato il livello di pianificazione manutentiva che un'azienda dovrebbe essere tenuta ad assicurare (preventiva, ordinaria e straordinaria).

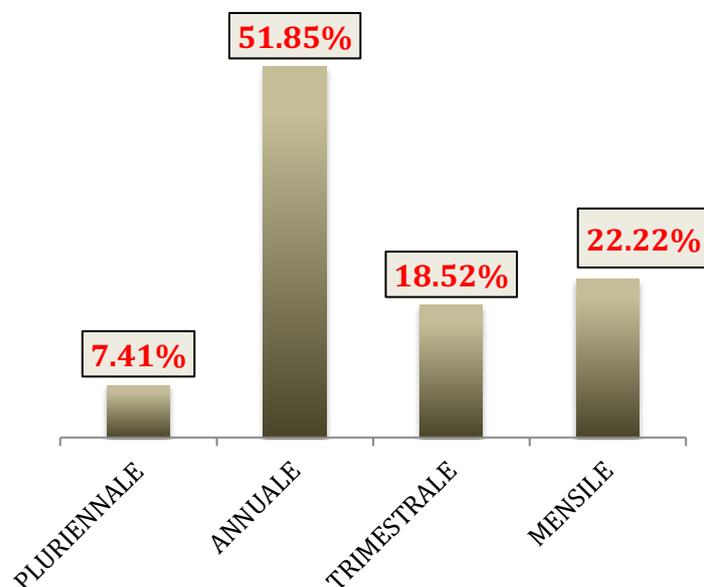
L'effettiva pianificazione dei programmi di manutenzione è necessaria per garantire un corretto programma di manutenzione.

La quasi totalità delle imprese (87%) pianifica gli interventi con lo scopo di evitare il sorgere di un'anomalia o un guasto di un componente della macchina.

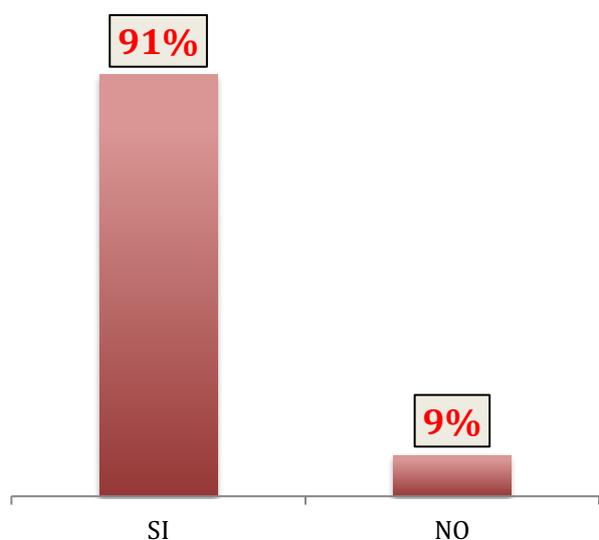
Il 13%, invece, non provvede ad una programmazione di interventi regolari su punti usurabili del macchinario. Scelta consapevole o non consapevole dettata da varie motivazioni, economiche o di business.

Come mostrato in figura, solitamente un programma di manutenzione preventiva si sviluppa in un arco di tempo annuale, anche se come segnalato dalle risposte degli intervistati, questo tempo dipende dal tipo di macchinario e dalle condizioni di stress a cui è stato sottoposto.

...se sì, in quale arco di tempo si sviluppa?



E' presente un piano di manutenzione ordinaria?



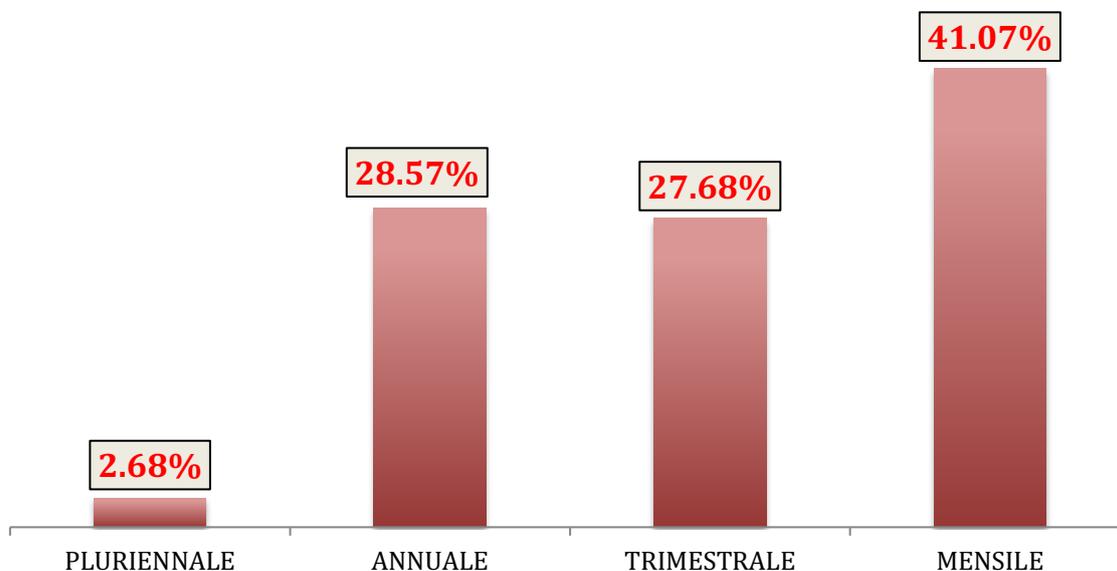
Per quanto concerne la manutenzione ordinaria e quindi tutte le azioni manutentive, saltuarie o periodiche, necessarie per garantire il corretto funzionamento di un impianto (interventi migliorativi e correttivi) per mantenere il componente a certi standard, abbiamo una percentuale ancora più alta (91%) di aziende che si preoccupano di pianificare i loro interventi.

Teniamo presente che le spese associate a questo tipo di attività manutentiva e l'importanza della stessa sono abbastanza considerevoli soprattutto per l'industria siderurgica, metallurgica e chimica, facenti parte in buona percentuale del campione interpellato.

La frequenza di aggiornamento di questi piani aumenta di conseguenza, passando a tempi relativamente più brevi rispetto alla pianificazione preventiva.

Circa il 41% infatti si preoccupa di aggiornare mensilmente il proprio programma di manutenzione ordinaria.

...se sì, in quale arco di tempo si sviluppa?



A differenza della manutenzione ordinaria che comprende operazioni di semplice routine e di piccola entità, la manutenzione straordinaria comprende tutti i restanti e rilevanti interventi manutentivi che consentono di ripristinare il nostro sistema a seguito di anomalie o guasti gravi e che consentono di prolungarne la longevità (ad esempio interventi di sostituzione che riportano l'asset come nuovo).

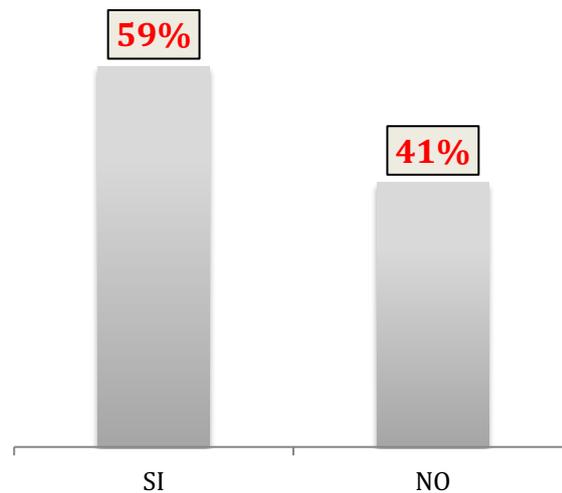
In questo caso viene esaminato più che altro il grado di preparazione delle aziende ad affrontare le possibili criticità a cui un impianto può andare incontro durante la sua vita operativa.

Circa il 60% delle aziende intende pianificare le proprie azioni di manutenzione straordinaria e in buona maggioranza (53%) sviluppa il proprio programma in un periodo di tempo annuale.

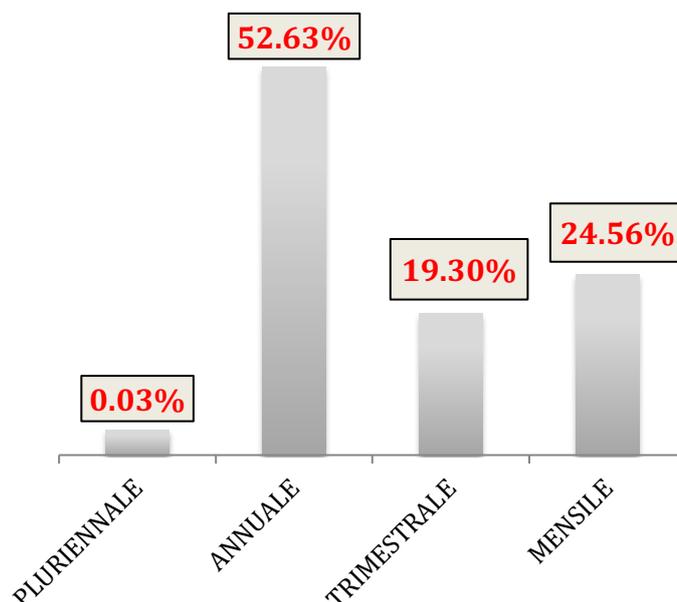
Di solito esso viene modulato in quattro anni, in ognuno dei quali vengono esercitati aggiornamenti.

Come vedremo nel quarto capitolo, un tipo di manutenzione "a guasto", anche se ancora ancorata nel sistema manutentivo della maggior parte delle imprese, sta e dovrà venir meno favorendo la diffusione di un tipo di manutenzione predittiva volta ad eliminare il bisogno di ricorrere a tali azioni di livello straordinario.

E' presente un piano di manutenzione straordinaria correttiva?



...se sì, in quale arco di tempo si sviluppa?



Per mezzo della successiva domanda sono riuscito ad inquadrare ed ordinare a livello di importanza gli aspetti più comunemente legati all'attività aziendale di manutenzione.

La continuità del servizio (37.5%), quindi la minimizzazione dei fermi nella produzione, è l'aspetto più caro a chi fa impresa.

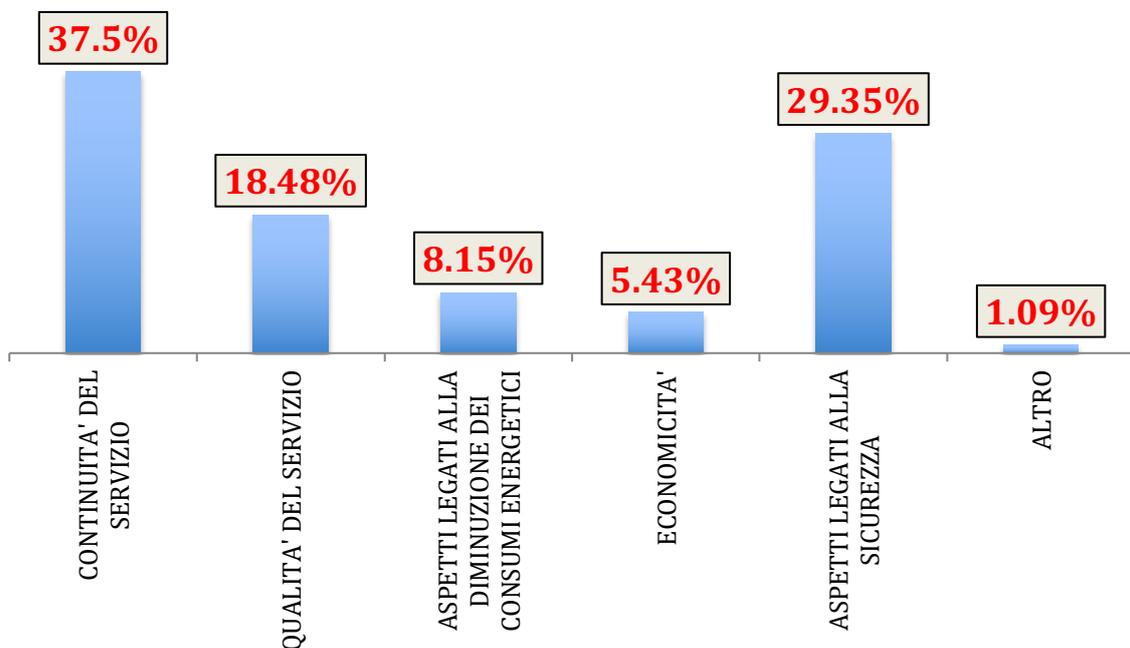
Con circa il 30% segue l'aspetto legato alla sicurezza dell'impianto e di conseguenza alla sicurezza del personale addetto.

Il mantenimento di un elevato standard di produzione (qualità del servizio) vale per circa il 18%.

Partendo dal dato mostrato all'inizio, nel quale le aziende conferivano un'ottima importanza al tema legato all'efficienza energetica, in questo caso se applicato al tema specifico della manutenzione l'importanza e la percentuale ad esso connesso scende ad un valore decisamente minore (8%).

In ultimo, l'economicità collegata agli interventi manutentivi sembra essere il fattore meno considerato nel comparto industriale.

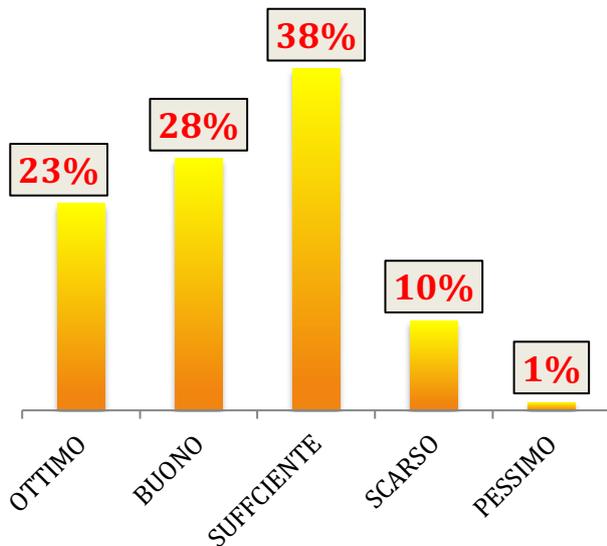
Quale aspetto legato alla manutenzione si considera più importante?



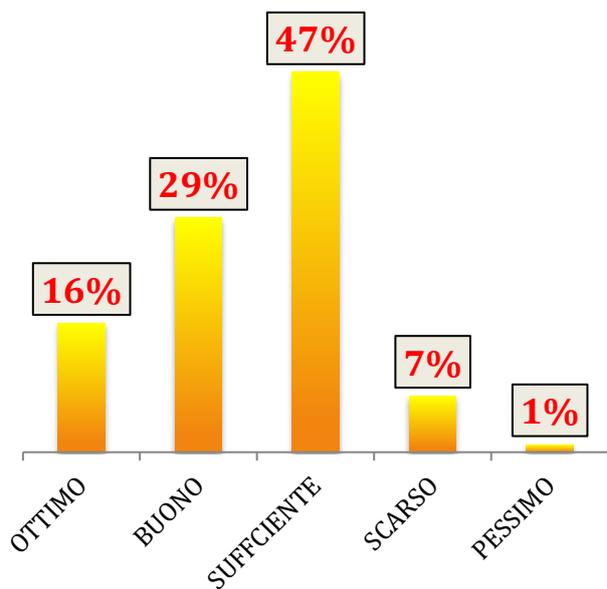
Nei successivi tre diversi istogrammi ho riportato, nell'ordine, le valutazioni date dalle aziende riguardo la gestione delle risorse umane, la consuntivazione delle attività gestionali e l'addestramento del personale coinvolti nel sistema manutentivo.

Dai risultati si evince una diffusa buona o comunque sufficiente soddisfazione rispetto alla qualità, l'organizzazione e la preparazione degli attori interessati dall'attività manutentiva.

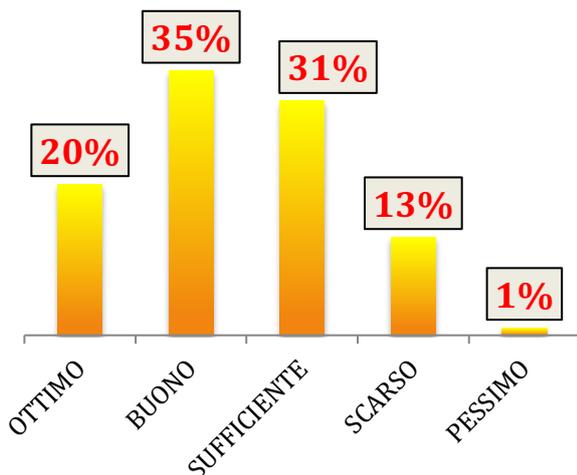
Valuta il livello di formazione e addestramento riferito alle risorse umane, proprie o di terzi, coinvolte nel sistema manutentivo



Valuta la consuntivazione delle attività gestionali riferite alle risorse umane, proprie o di terzi, coinvolte nel sistema manutentivo



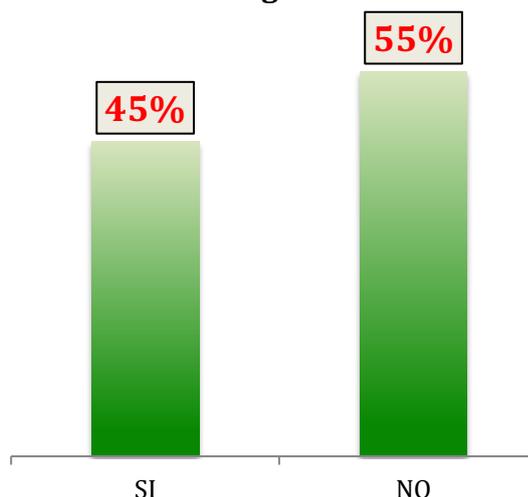
Valuta la programmazione delle attività gestionali riferite alle risorse umane, proprie o di terzi, coinvolte nel sistema manutentivo



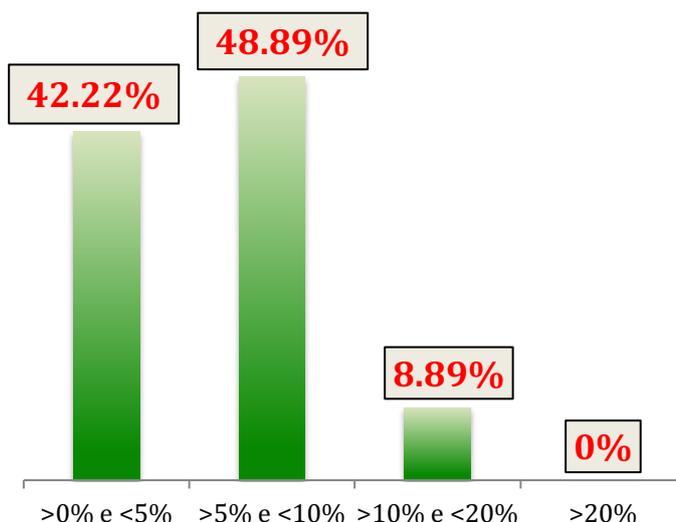
A conferma del fatto che, come si è precedentemente visto, la diminuzione dei consumi energetici non sia considerato uno degli aspetti principali legati alla manutenzione, più della metà delle imprese (55%) afferma di non aver ottenuto alcun risparmio energetico derivante dal proprio piano di manutenzione.

Chiedendo successivamente di quantificare questo risparmio rispetto ai consumi totali attuali del sito produttivo, il 91% delle aziende che in precedenza avevano risposto in modo affermativo attesta il proprio risparmio nell'ordine del 5-10%.

Il piano manutenzione impianti prevede un risparmio energetico?



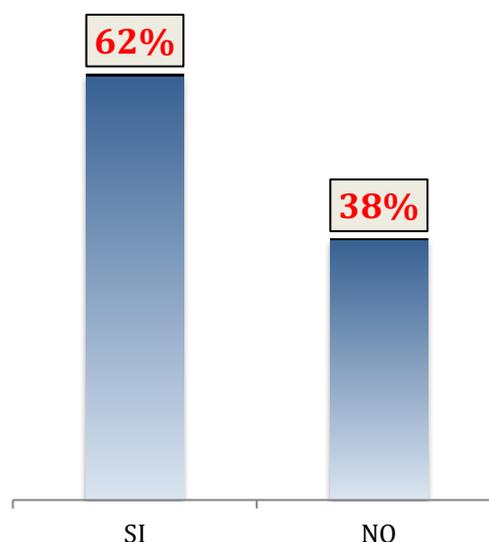
...se sì, quantifica in percentuale il risparmio rispetto ai consumi attuali



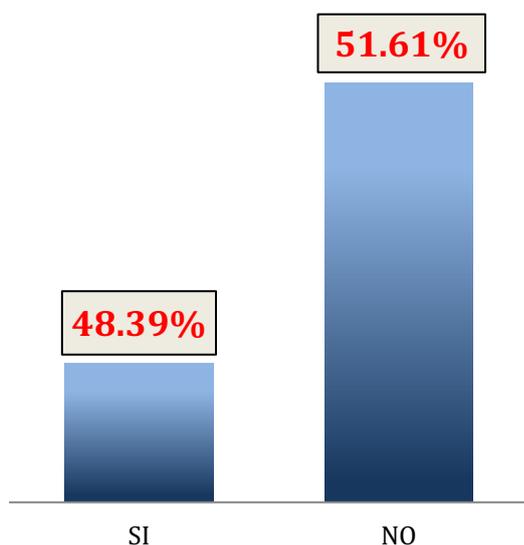
Un macchinario viene considerato “obsoleto” quando inizia a far registrare consumi energetici più elevati dello standard e ciò rappresenta sicuramente un cambiamento di paradigma importante per lo sviluppo dell’efficienza energetica nel comparto industriale.

L’attenzione da parte degli operatori industriali verso la misura e il controllo dei consumi energetici emerge chiaramente soprattutto tra i soggetti energivori, verso l’adozione di approcci all’efficienza energetica sempre più strutturati ed organici.

E' presente un sistema di monitoraggio dei consumi?



Il sistema di monitoraggio interagisce con il piano conduzione impianti?



In tendenza con il numero di energivore intervistate, l’attività di monitoraggio sui consumi viene implementata dal 62% delle aziende.

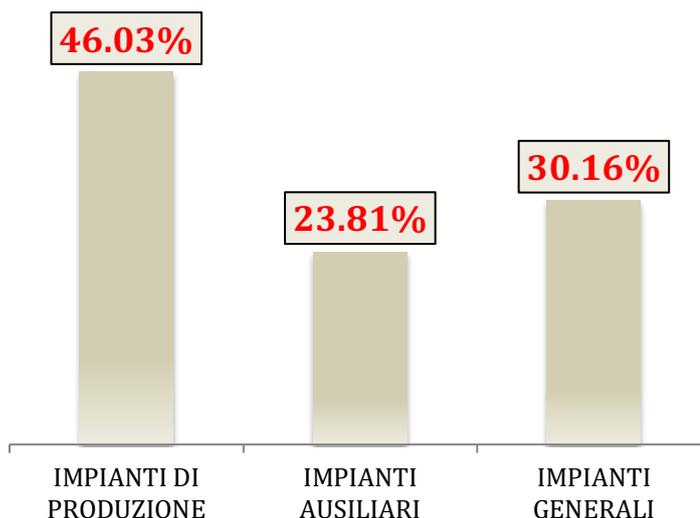
Di questo 62% solo il 48% afferma che il suo sistema SCADA o di telecontrollo è in grado di interagire con la conduzione degli impianti.

Fissato questo risultato, ho voluto ulteriormente indagare su quali tipi di impianti venisse applicata l'attività di controllo.

Come si può notare, per il 46% dei casi il monitoraggio riguarda gli impianti di produzione, per il 30% gli impianti generali e solo per circa il 24% gli impianti ausiliari, oggetto del mio studio.

Successivamente sono state riportate le comuni strategie di monitoraggio utilizzate dalle aziende con le relative percentuali di diffusione.

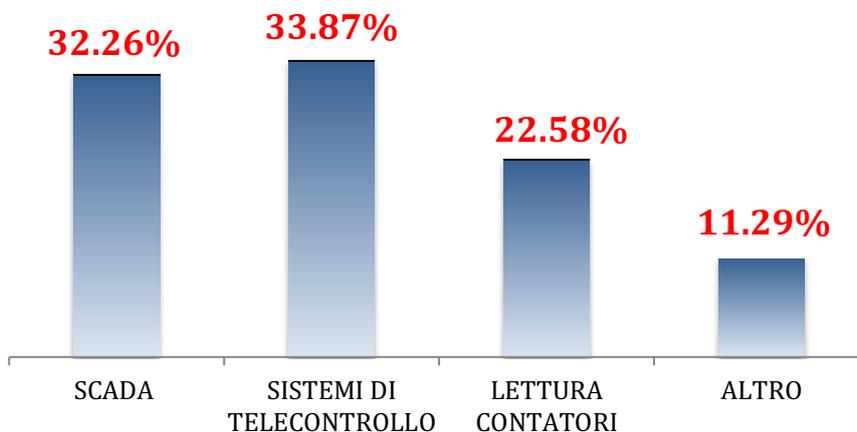
...se sì, per quali tipi di impianti?



Tenendo presente che la semplice lettura dei contatori è stata forzosamente accettata come forma di monitoraggio (in realtà ha una valenza puramente fiscale e un ruolo limitato dal punto di vista del contenimento dei consumi energetici), la quasi totalità delle attività di controllo sono eseguite tramite sistemi SCADA²³, integrati o gestiti esternamente, o da sistemi di telecontrollo²⁴.

Anche se richiesto, non sono stati invece specificati i metodi di monitoraggio raccolti nella voce "altro".

se sì, quale?



²³ Vedi paragrafo 4.1.1.

²⁴ Soluzione di automazione che prevede la supervisione mediante un software e la raccolta dei dati tramite una rete di apparati e strumenti geograficamente distribuiti su un impianto anche complesso.

Grazie all'ausilio di Excel ho creato dapprima una matrice con numero di righe pari al numero di aziende intervistate e numero di colonne pari ai vari item sottoposti alla domanda numero quattordici.

Ho richiesto di dare una valutazione con scala decrescente da 1 a 5 alla qualità del programma di conduzione e manutenzione degli impianti, all'affidabilità generale dei componenti, alla tempestività degli interventi, al bilanciamento del piano di manutenzione e/o conduzione con gli altri piani di settore (progettazione, produzione, smaltimento), la gestione delle risorse umane, dei materiali tecnici e dei mezzi coinvolti, la capacità di soluzione ai problemi che possono occorrere, la spesa economica e la capacità propositiva verso l'efficienza energetica.

In coda a tutti questi fattori c'è la soddisfazione generale dell'azienda, l'aspetto più importante per chi decide di fare impresa e su cui peserò ogni altro elemento.

Successivamente grazie al programma XLSTAT ho raccolto in una tabella le principali statistiche descrittive riferite ad ogni diverso elemento: il numero di osservazioni, il valore minimo e il valore massimo di valutazione e il valore medio.

Variabile	Osservazioni	Oss. con dati mancanti	Oss. senza dati mancanti	Minimo	Massimo	Media	Deviazione std.
QUALITA'	100	0	100	1	5	2,43	1
AFFIDABILITA'	100	0	100	1	5	2,50	1
TEMPESTIVITA'	100	0	100	1	5	2,35	1
BILANCIAMENTO CON ALTRI PIANI DI SETTORE	100	0	100	1	5	2,53	1
GESTIONE RISORSE	100	0	100	1	5	2,44	1
PROBLEM SOLVING	100	0	100	1	5	2,52	1
EFFICIENZA ENERGETICA	100	0	100	1	5	2,60	1
COSTO	100	0	100	1	4	2,65	1
SODDISFAZIONE	100	0	100	1	4	2,51	1

Tabella 6. Statistiche descrittive

Dopodiché ho redatto la mia matrice di incidenza (correlazione).

La matrice di incidenza è una matrice triangolare inferiore con tutti i valori sulla diagonale principale pari a 1 (fattore di incidenza di un parametro rispetto a sé stesso) e con i fattori di incidenza di ogni singolo item rispetto ad un altro nella parte inferiore della matrice, sotto la diagonale principale; tutti gli elementi posti al di sopra della diagonale principale invece sono pari a zero.

Variabili	QUALITA'	AFFIDABILITA'	TEMPESTIVITA'	BILANCIAMENTO CON ALTRI PIANI DI SETTORE	GESTIONE RISORSE	PROBLEM SOLVING	EFFICIENZA ENERGETICA	COSTO	SODDISFAZIONE
QUALITA'	1								
AFFIDABILITA'	0,7630	1							
TEMPESTIVITA'	0,5909	0,6854	1						
BILANCIAMENTO CON ALTRI PIANI DI SETTORE	0,2552	0,2869	0,3578	1					
GESTIONE RISORSE	0,4010	0,4318	0,4832	0,6748	1				
PROBLEM SOLVING	0,5133	0,6188	0,6781	0,4402	0,5478	1			
EFFICIENZA ENERGETICA	0,3423	0,4024	0,3110	0,3341	0,4708	0,4832	1		
COSTO	0,4552	0,5497	0,5297	0,3126	0,4582	0,6168	0,4276	1	
SODDISFAZIONE	0,6392	0,7094	0,6426	0,3791	0,5292	0,6452	0,4767	0,6351	1

Figura 7. Matrice di incidenza

Di seguito è riportata la mappatura della matrice di correlazione (figura 8).

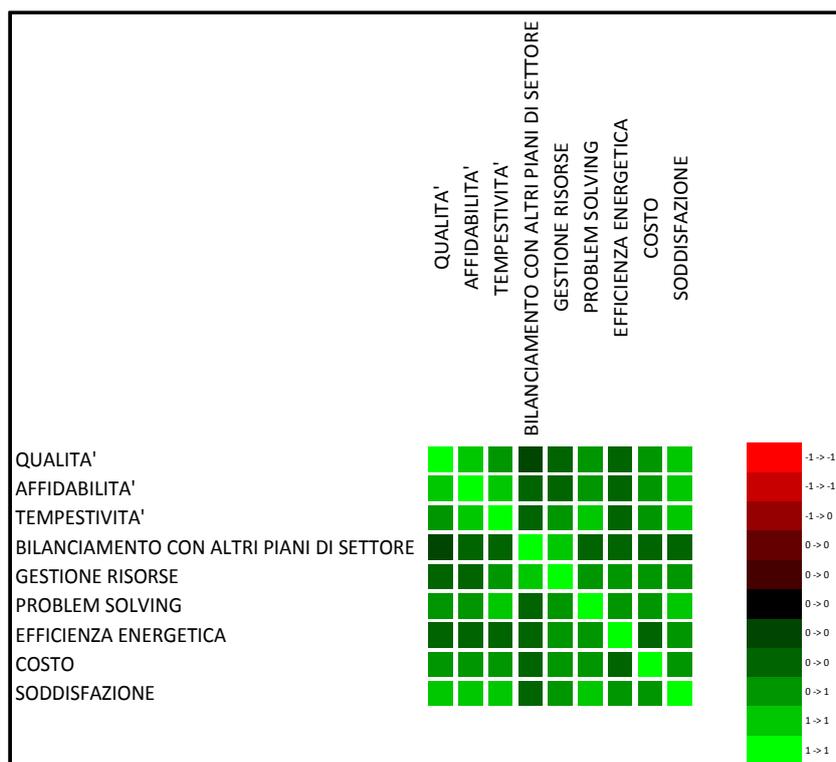


Figura 8. Mappatura della matrice di correlazione

Nella tabella seguente (tabella 7) per ogni variabile associata al piano di manutenzione e conduzione degli impianti sono riportati i valori medi di valutazione dati dalle cento aziende interpellate e il fattore di incidenza di ognuno di essi rispetto alla soddisfazione generale espressa dall'impresa.

Variabili	Media	Soddisfazione
QUALITA'	2,43	0,6392
AFFIDABILITA'	2,50	0,7094
TEMPESTIVITA'	2,35	0,6426
BILANCIAMENTO CON ALTRI PIANI DI SETTORE	2,53	0,3791
GESTIONE RISORSE	2,44	0,5292
PROBLEM SOLVING	2,52	0,6452
EFFICIENZA ENERGETICA	2,60	0,4767
COSTO	2,65	0,6351

Tabella 7. Valori medi di valutazione e di incidenza sulla soddisfazione

I valori evidenziati in colore giallo sono quelli più interessanti ai fini del mio studio e si riferiscono al tema dell'efficienza energetica.

In modo più chiaro ho rappresentato su due distinti grafici (figura 9 e 10) i risultati per quanto riguarda il trend di giudizio riservato ad ogni aspetto sotto osservazione e il peso di ognuno di essi sulla soddisfazione.

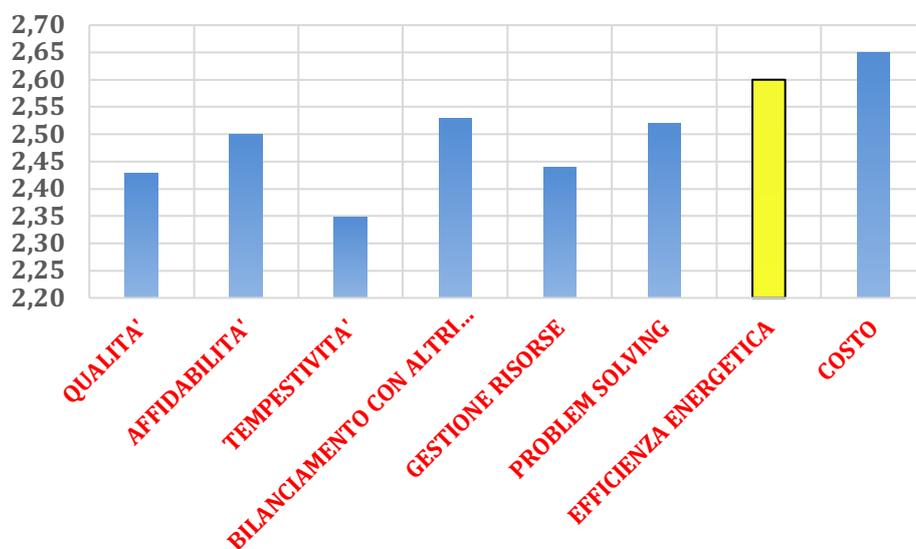


Figura 9. Distribuzione dei valori medi di valutazione

Ricordando la scala di valutazione²⁵, questo grafico documenta come il tema dell'efficienza energetica abbia una delle medie di valutazione più basse, solo la spesa economica viene valutata in modo peggiore.

Nella figura successiva viene mostrato come anche l'incidenza del tema energetico sul soddisfacimento generale dell'azienda sia molto scarso, migliore solo alla condizione di equilibrio e di integrazione del piano di manutenzione all'interno dell'azienda.

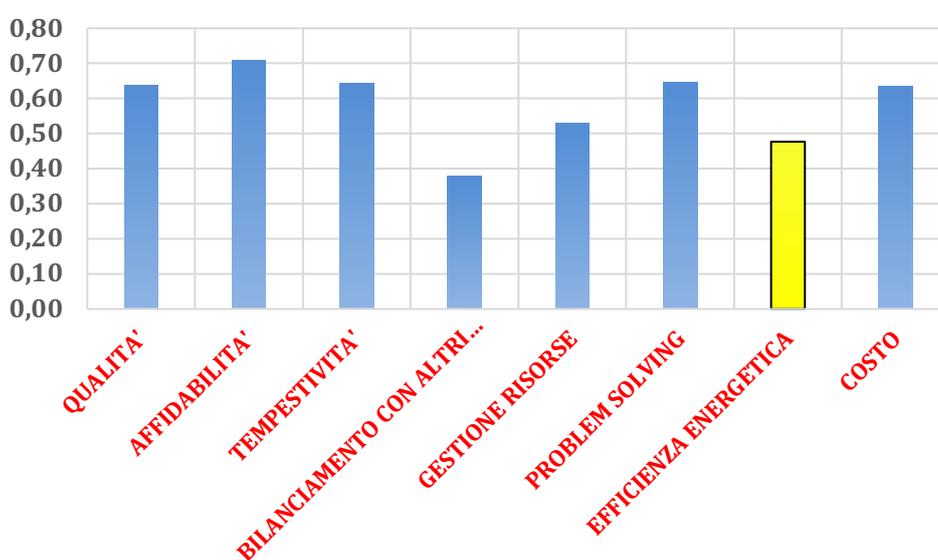


Figura 10. Distribuzione dell'incidenza sulla soddisfazione

²⁵ 1. Ottimo; 2. Buono; 3. Sufficiente; 4. Scarso; 5. Pessimo

Sulla seguente mappa (figura 11) è riassunto il comportamento globale di ogni singolo item rispetto la propria media di valutazione e l'indice di correlazione riferito alla soddisfazione generale.

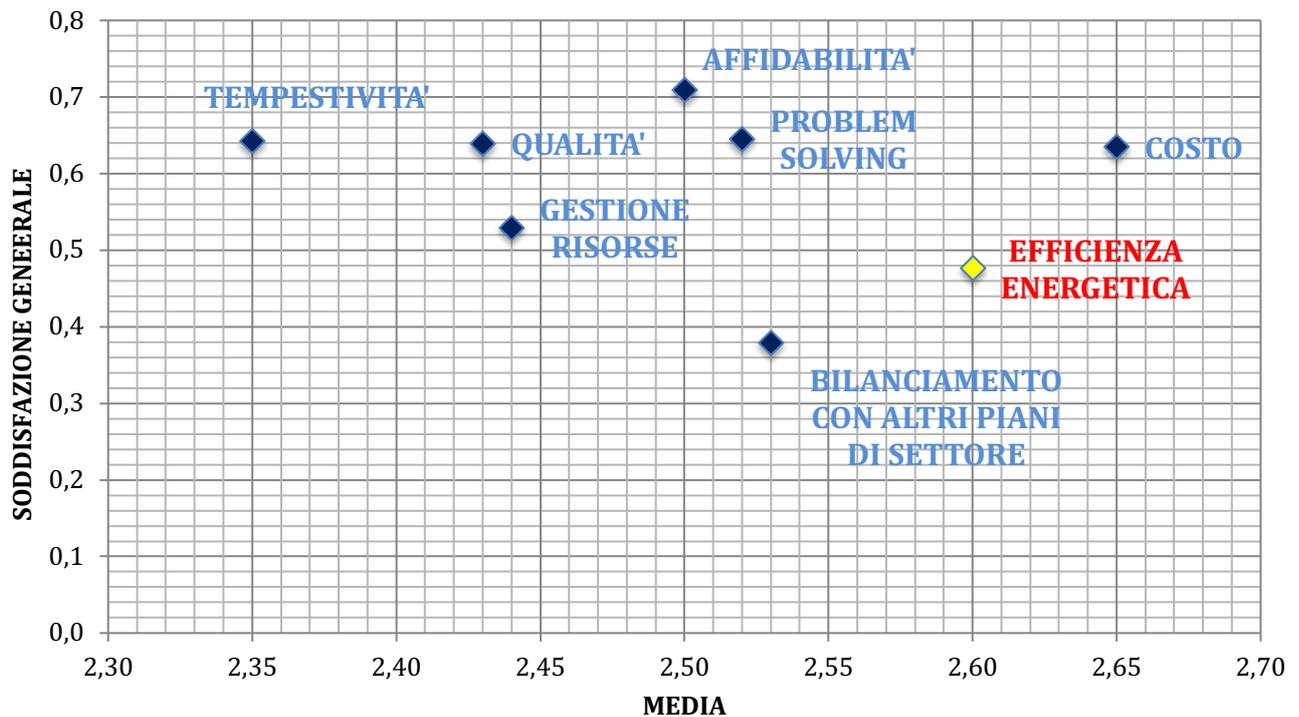


Figura 11. Mappatura dei risultati

La tempestività, la qualità e l'affidabilità del piano di manutenzione e conduzione impianti in essere nella maggior parte delle aziende rappresentano gli elementi migliori.

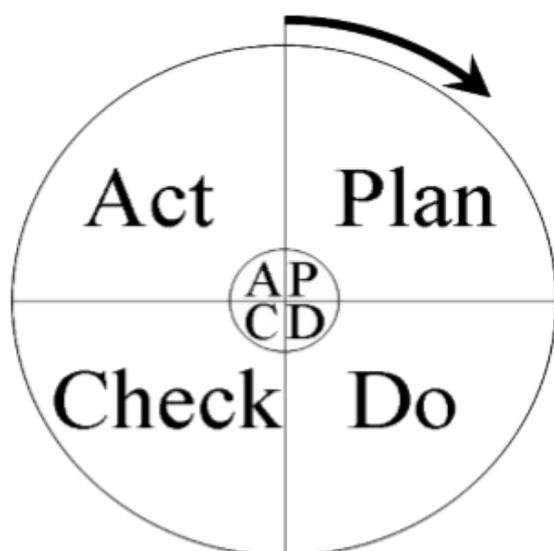
Per quanto riguarda il costo, il bilanciamento del suddetto piano con gli altri piani di settore e soprattutto l'efficienza energetica sono aspetti su cui esiste un ampio margine di miglioramento.

Tenendo presente la volontà espressa dalla quasi totalità delle aziende di conferire alla questione energetica un ruolo ed un'importanza maggiore all'interno del proprio sito industriale, i risultati appena commentati ci dicono come nelle idee e nei progetti delle imprese ci sia questo desiderio ma nella realtà non si sono ancora fatti sufficienti passi verso tutto ciò e non si sono ancora ottenuti risultati importanti.

4. ENERGY MANAGEMENT SYSTEM

Un sistema di gestione dell'energia crea una struttura per monitorare il consumo energetico e migliorare l'efficienza energetica dell'azienda.

Alla base dello sviluppo e dell'implementazione di un sistema di gestione dell'energia è frequentemente utilizzato lo schema proposto dalla metodologia PDCA²⁶ (figura 12), il quale prevede il principio di miglioramento continuo "Kaizen", come previsto dalla norma ISO 50001.



PLAN: stabilire gli obiettivi e i processi necessari per conseguire i risultati previsti in ottemperanza alle direttive.

DO: implementare i processi in tutte le loro fasi.

CHECK: monitorare e misurare tutti i processi che impattano sulla politica energetica, le finalità, gli obiettivi, gli obblighi legali e normativi e riportarne i risultati.

ACT: intraprendere azioni volte a migliorare continuamente le performance del Sistema di Gestione dell'Energia.

Figura 12. Ciclo di Deming

L'implementazione di un Energy Management System è un elemento chiave della politica di efficienza energetica del settore industriale in molti Paesi.

La standard ISO 50001 fornisce un punto di riferimento a livello internazionale ed è alla base delle diverse politiche nazionali che supportano e verificano la conformità dell'implementazione dei sistemi di gestione dell'energia nel comparto industriale, e non solo.

Il numero di certificazioni ISO 50001 è un indicatore dell'atteggiamento nei confronti della gestione energetica e dell'efficacia delle politiche che ne regolano l'attuazione.

Fino al 2015, l'Europa, soprattutto grazie al ruolo svolto dalla Germania, ha dominato nel numero di certificazioni ISO 50001 rispetto al resto del mondo.

Nell'ambito industriale, il settore metalmeccanico (lavorazione e fabbricazione di prodotti in metallo) ha avuto il maggior numero di Certificati ISO 50001 nel 2015, riflettendo la natura ad alta intensità energetica del settore (tabella 8).

A seguire il reparto alimentare, anche se meno energivoro, ha avuto il secondo più alto numero di certificati, grazie alla maggiore sensibilità verso la sostenibilità da parte delle aziende di questo settore e da parte dei consumatori stessi.

²⁶ "Plan-Do-Check-Act"

SETTORE INDUSTRIALE	Numero di certificazioni ISO 50001
Metalmecanico	919
Alimentare	876
Gomma e plastica	672
Chimico	583
Elettrico/Elettronico	312

Tabella 8. Numero di certificazioni ISO 50001 per settore industriale

L'adozione di un sistema di gestione dell'energia può portare a risparmi sia energetici e sia sui costi ad essi associati.

Gli elementi che testimoniano questi benefici possono essere incontrati in studi eseguiti su casi aziendali, anche se molti riguardano società che hanno utilizzato sistemi di gestione energetica per un breve periodo.

I dati contenuti in quarantadue casi studio ISO 50001 provenienti da Francia, Germania, Regno Unito e altri Paesi mostrano un risparmio energetico medio annuo del 26%.

Dal punto di vista economico, i risultati su settantacinque Case Study ISO 50001 mostrano un risparmio medio di circa 1,2 milioni di dollari l'anno.

I risparmi energetici e finanziari ottenuti dalle aziende e riportati in questi Case Study non tengono conto però del tasso di miglioramento abituale delle prestazioni energetiche del business state precedente l'implementazione.

In figura 13 è illustrata l'energia trimestrale verificata e i risparmi per dieci aziende in vari settori che hanno partecipato al **Superior Energy Performance** degli Stati Uniti (**SEP**), programma che comprende nella sua analisi il tasso di miglioramento delle prestazioni energetiche prima dell'implementazione.

I risultati verificati confermano i vantaggi più che normali delle aziende ottenuti dalla attuazione della norma ISO 50001.

Un risparmio energetico che nei quattro trimestri prima della dell'implementazione era mediamente nell'ordine del 3,2% del consumo totale di energia, nei primi quattro trimestri dopo l'attuazione è aumentato a una media del 7,5% e addirittura al 14,2% dal quinto al settimo trimestre.

Analogamente, il risparmio economico medio è stato del 3,0% nei quattro trimestri prima dell'attuazione, per poi aumentare al 6,3% nei primi quattro trimestri dopo l'attuazione e al 12,2% durante il quinto, sesto e settimo trimestre.

Il graduale aumento dei risparmi dopo l'implementazione riflette il tempo necessario per attuare pienamente un sistema di gestione dell'energia.

Analysis of SEP™ demonstration sites – Energy Savings Percentages

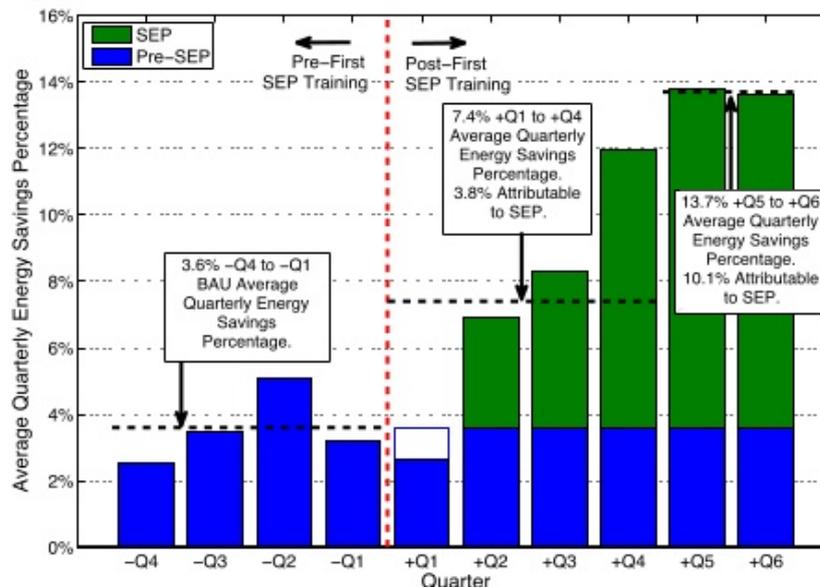


Figura 13. Risparmi energetici verificati dal SEP

Il programma portoghese **SGCIE**²⁷ fornisce un classico esempio di politica governativa che ha reso la gestione energetica obbligatoria nell'industria senza richiedere l'implementazione della norma ISO 50001.

Si tratta di un programma integrato nel piano d'azione per l'efficienza energetica del Portogallo e comprende la modifica delle **ISP**²⁸, le accise sui prodotti petroliferi applicate ai combustibili industriali, che istituiscono un meccanismo di incentivazione per la riduzione dei gas serra, con la modifica di un nuovo regolamento di gestione del consumo energetico nell'industria (**RGCE**).

Questo schema mira a promuovere l'efficienza energetica e il monitoraggio del consumo energetico in impianti ad alta intensità energetica (quelli che consumano più di 500 tep²⁹ annue), ampliando così la portata del precedente RGCE, che si applicava alle strutture che consumavano oltre 1000 tep annue.

Il SGCIE impone controlli energetici vincolanti, con una periodicità di 6 anni, in impianti energivori con consumo superiore a 1000 [tep/anno]. Una periodicità di 8 anni per gli audit energetici viene applicata alle strutture con consumo energetico tra 500 e 1000 [tep/anno].

Gli operatori delle strutture sono obbligati a condurre un audit energetico ed elaborare un piano di razionalizzazione del consumo di energia (**PREn**), stabilendo obiettivi per la riduzione delle emissioni di carbonio e il consumo specifico di energia, che delinea anche le misure di razionalizzazione dell'energia.

Il Piano deve essere presentato alla Direzione Generale dell'Energia e della Geologia (**DGEG**) attraverso un sistema online, nonché presentare un report biennale di esecuzione e avanzamento del programma.

²⁷ Sistema di Gestione del Consumo Energetico Intensivo

²⁸ Imposto Sobre Produtos Petrolíferos

²⁹ Tonnellate equivalenti di petrolio

In seguito all'approvazione della DGEG, il PREn diventa un Accordo di razionalizzazione per il consumo di energia (**ARCE**); l'ARCE fornisce agli operatori dell'impianto esenzioni dalle franchigie (ISP) sui prodotti petroliferi ed energetici (carbone, coke di petrolio e gasolio), oltre alla possibilità di richiedere incentivi sui costi di audit energetico e sugli investimenti nelle attrezzature adibite alla gestione e al monitoraggio dell'energia.

Tra le 900 aziende che hanno riportato risultati avendo partecipato al SGCIE, sono stati quantificati (figura 14) risparmi energetici pari nella media al 5,9% del consumo totale di energia e (figura 15) risparmi in costi finanziari dell'8,1% sul costo energetico totale.

In totale, le aziende SGCIE hanno segnalato energia un risparmio di 4.4 PJ all'anno e un risparmio finanziario di oltre 56 milioni di dollari all'anno.

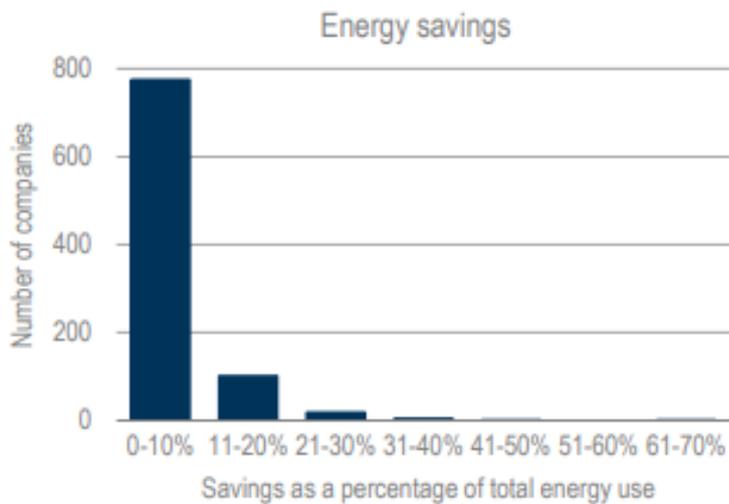


Figura 14. Risparmi energetici sul consumo totale di energia

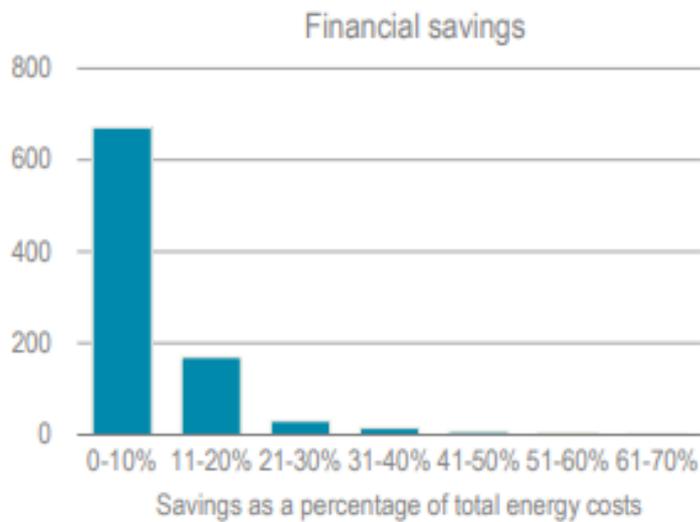


Figura 15. Risparmi economici sul costo energetico totale

4.1 Monitoraggio dei consumi energetici

Come già visto nel primo capitolo l'azienda viene suddivisa in aree funzionali.

Per ogni unità funzionale si acquisiscono i dati energetici da contatori dedicati, che consistono non tanto in un sistema di monitoraggio completo ma più in una “strategia di monitoraggio”, la quale, attraverso un’opportuna copertura di sistemi di strumentazione, di controllo e di gestione, faccia in modo che i parametri energetici possano avere un’affidabilità crescente con la progressiva implementazione di detti sistemi.

Una volta definito l’insieme delle aree funzionali e determinato il peso energetico di ognuna di esse a mezzo di valutazioni progettuali e strumentali, è necessario quindi definire l’implementazione del piano di monitoraggio permanente in modo sia da tener sotto controllo continuo i dati significativi del contesto aziendale e sia per acquisire informazioni utili al processo gestionale e dare il giusto peso energetico allo specifico prodotto realizzato o al servizio erogato.

Attraverso le Linee Guida ufficiali per il monitoraggio energetico nel settore industriale per le diagnosi energetiche come da D.lgs. 102/2014, pubblicate in data 11/5/2017 da ENEA, si intende suggerire un percorso che ha lo scopo di ottenere risultati confrontabili all’interno dei vari settori produttivi e che permettano analisi e valutazioni affidabili.

I siti per i quali si applicano le indicazioni riportate sono una parte di quelli appartenenti a quelli obbligati alla realizzazione di una diagnosi energetica ai sensi del D.lgs. 102/2014.

Premettendo che per anno di riferimento si intende l’anno n-1 rispetto all’anno n-esimo di obbligo, per le imprese mono-sito si indicano tutte quelle che hanno avuto un consumo superiore alle 100 tep, mentre per le imprese multi-sito sono coinvolti tutti i siti classificabili come industriali con un consumo maggiore di 10000 tep e nel caso di consumi minori a questa quota si applica una precisa clusterizzazione (figura 16).

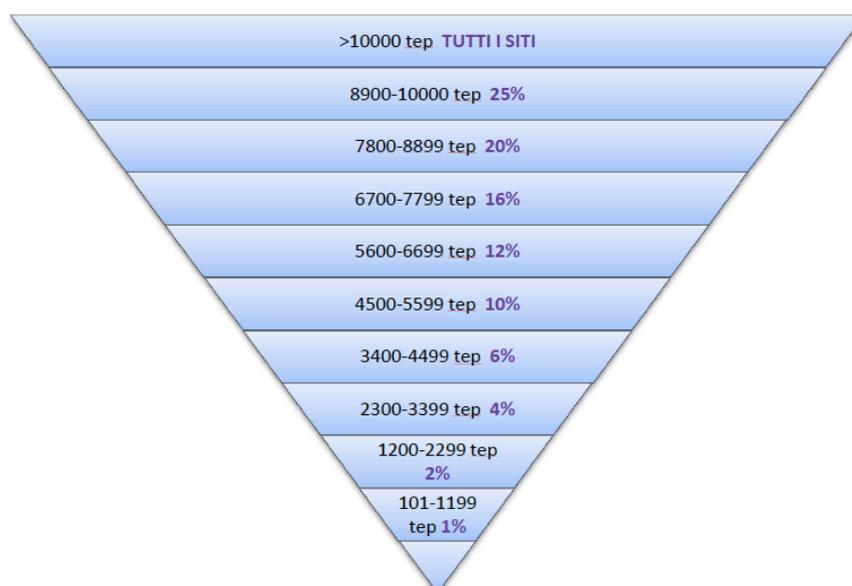


Figura 16. Fasce di campionamento per imprese industriali

La percentuale dei siti su cui dover adottare il piano di misurazione e/o monitoraggio va quindi a diminuire con il decrescere delle tep totali prodotte dalla società.

Possono essere esclusi dall'obbligo di misura tutti i siti per i quali i consumi nell'anno di riferimento siano stati inferiori alle 100 tep.

È facoltà dell'impresa decidere su quale sito (per singola fascia) adottare il sistema di monitoraggio e non è obbligatorio che si tratti dello stesso sito oggetto di DE³⁰ nel 2015.

Si lascia al redattore della diagnosi la possibilità di proporre una qualsiasi altra metodologia per la scelta e l'individuazione dei siti da sottoporre a monitoraggio, purché rappresentativa della realtà produttiva dell'azienda in esame.

È consigliabile inserire all'interno di ogni diagnosi energetica una sezione dedicata esplicitamente al "piano di monitoraggio" o "piano di misurazioni", dove riportare le scelte fatte in merito con valutazioni costi/benefici.

L'obiettivo è quello di rendere affidabili, passando dalla stima alla misura, gli indicatori di prestazione generale dell'impianto per il processo produttivo, i servizi ausiliari e i servizi generali in modo da poter individuare benchmark³¹ affidabili per il settore industriale e terziario.

Con riferimento allo schema energetico aziendale, per ciascun vettore energetico presente in sito (energia elettrica, gas naturale, gasolio, ecc.) occorrerà fornire dati misurati relativamente ai consumi di processo, dei servizi ausiliari e dei servizi generali secondo determinate percentuali.

La definizione del grado di copertura mediante misura dei parametri che contribuiscono alla definizione degli indici di prestazione energetica è una delle necessarie premesse alla loro affidabilità.

Si vuole indicare un grado di copertura mediante misure al fine di ottenere risultati derivanti dalle diagnosi che aumentino l'attendibilità degli indici attualmente in valutazione e permettano di individuarne degli altri, attualmente non definibili con sufficiente approssimazione.

Al fine di ottenere dei dati di benchmark affidabili senza rendere l'impegno troppo gravoso per le imprese soggette all'obbligo, si definiscono dei livelli di copertura minima richiesti per i dati misurati, decrescenti in funzione del consumo totale dell'impianto.

Nel caso di siti industriali con consumo totale superiore a 10000 [tep/anno] per l'area riferita ai servizi ausiliari si applica il 50% di copertura dei dati misurati, per ogni vettore energetico, rispetto al consumo totale dello stesso vettore energetico nell'anno di riferimento.

Per siti industriali con consumo totale inferiore a 10000 [tep/anno], il livello di copertura per le varie fasce di consumo è definito in tabella 9, ponendo particolare attenzione ai servizi ausiliari.

³⁰ Diagnosi Energetica

³¹ Metodologia basata sul confronto sistematico che permette alle aziende che lo applicano di compararsi con le migliori e soprattutto di apprendere da queste per migliorare; ha lo scopo di confrontare i consumi energetici tra aziende diverse.

Consumo annuo di riferimento (tep/anno)	Attività principali	Servizi Ausiliari	Servizi Generali
>10000	85%	50%	20%
8900 - 10000	80%	45%	20%
7800 - 8899	75%	40%	20%
6700 - 7799	70%	35%	20%
5600 - 6699	65%	30%	20%
4500 - 5599	60%	25%	10%
3400 - 4499	55%	20%	10%
2300 - 3399	50%	15%	10%
1200 - 2299	45%	10%	5%
100 - 1199	40%	5%	5%

Tabella 9. Soglie percentuali di copertura dei piani di misurazione e/o monitoraggio

Qualora l'impresa soggetta all'obbligo di misura sia in grado di misurare direttamente, per ciascun vettore energetico, i consumi relativi al livello C, si avrà una percentuale di copertura, intesa come rapporto tra la somma dei consumi misurati e consumi totali di stabilimento (Livello B), pari al 100%.

Ai fini della percentuale di copertura dei consumi di ciascun vettore energetico, se il progetto del piano di misurazioni e/o monitoraggio è fatto inizialmente sulla base dei consumi attesi dei macchinari (calcoli teorici), si considera valida quella stimata. Quest'ultima deve essere necessariamente verificata nella diagnosi successiva.

In caso di mancato raggiungimento della soglia di copertura indicata in tabella, deve esser previsto un programma di adeguamento del piano di misurazioni e/o monitoraggio per il raggiungimento di detta percentuale entro la diagnosi successiva. Il redattore della diagnosi è tenuto a descrivere in maniera precisa quali sono i successivi passi per raggiungere le percentuali previste dal piano di monitoraggio.

I siti obbligati a DE alla scadenza 2015 devono rispettare le percentuali mostrate sopra in occasione della presentazione della DE successiva alla prima.

I siti che risultano essere soggetti, per la prima volta, all'obbligo di DE nel corso dell'anno n (e che sono quindi risultati Grande Impresa per gli anni n-1 e n-2) devono possedere un sistema di monitoraggio che risulti attivo dal 01/01/n+3 e che consenta di rispettare le percentuali sopra indicate.

Le misure possono essere effettuate adottando le seguenti metodologie:

- **Campagne di misura:** la durata della campagna di misura dovrà essere scelta in modo rappresentativo (in termini di significatività, riproducibilità e validità temporale) rispetto alla tipologia di processo dell'impianto (es: impianti stagionali). La durata minima della campagna dovrà essere giustificata dal redattore della diagnosi. Occorrerà inoltre rilevare i dati di produzione relativi al periodo della campagna di misura. La campagna di misura dovrà essere effettuata durante l'anno solare precedente rispetto all'anno di obbligo della realizzazione della diagnosi energetica;
- **Installazione di strumenti di misura:** nel caso di installazione "permanente" di strumentazione di misura, è opportuno adottare come riferimento l'anno solare precedente rispetto all'anno d'obbligo della realizzazione della diagnosi energetica. Le

tipologie di strumenti ammessi possono riguardare i misuratori esistenti e nuovi misuratori (manuali, in remoto, con software di monitoraggio con funzioni di memorizzazione e presentazione delle misure stesse).

4.1.1 Supervisory Control And Data Acquisition

Nell'ambito dell'automazione industriale, la soluzione più adottata per i grandi impianti continui è rappresentata dai sistemi di controllo distribuito (DCS). Essi svolgono in modo integrato la funzione di controllo Input/Output necessaria per interfacciarsi con la strumentazione in campo (PLC³²) e la funzione di visualizzazione che consente di monitorare i dati dalle stazioni di controllo.

Questa seconda funzione di controllo e supervisione dei dati acquisiti dai processi industriali è svolta dai sistemi SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition).

Le due attività principali di questi sistemi sono l'acquisizione dati e il controllo utile alla supervisione del sistema che si propongono di gestire.

Le soluzioni SCADA fungono principalmente da supporto ad altri sistemi, sui quali propongono di migliorare la gestione della raccolta dei dati, la supervisione in tempo reale e il controllo diretto, cioè la possibilità da parte dell'operatore di cambiare attivamente lo stato del sistema, agendo direttamente sui dispositivi installati nell'impianto monitorato.

Questa tecnologia è impiegata sia nell'ambito del monitoraggio per la verifica dei consumi energetici, sia nel controllo di apparecchiature come impianti di ventilazione e sistemi di illuminazione.

Le cause che hanno spinto le aziende a dotarsi di soluzioni SCADA sono molteplici, la principale è da attribuire al crescente numero di apparecchiature adottate nei sistemi industriali. Le aziende sono arrivate a dotarsi di strumentazioni estremamente complesse e questo fattore ha portato a dover monitorare costantemente decine di migliaia di componenti per ogni impianto.

Oltre alla complessità, un altro fattore molto importante è la supervisione di tali sistemi, soprattutto nel caso in cui determinati parametri nella lavorazione industriale diventino critici. L'obiettivo è di ridurre i tempi di controllo e di gestione delle criticità, fattori che hanno un'importanza fondamentale nel processo industriale.

Un'altra causa che ha facilitato la diffusione di queste soluzioni è la possibilità di analizzare i dati immagazzinati, permettendo all'utente di elaborare informazioni altrimenti inaccessibili.

In sostanza, quello che contraddistingue tali sistemi, indipendentemente dal dominio di applicazione, sono le tre funzionalità base che ad essi sono richieste, e che necessitano di un'infrastruttura in grado mantenere una separazione distinta tra i diversi sottosistemi che devono integrare.

- **Acquisizione dei dati:** la rilevazione dei dati risulta indispensabile rispetto alle altre funzionalità e alla base del processo di acquisizione in ogni caso ci sono dei sensori. La principale difficoltà consiste nello scambio di informazioni con altri sistemi, problematica resa particolarmente complessa dall'estrema eterogeneità delle tecnologie utilizzate.
- **Supervisione dei dati:** questa attività è necessaria per un costante controllo del sistema, tramite essa l'utente supervisore ha la possibilità di verificare il corretto modo di evolversi dei sistemi. La supervisione permette di verificare sia lo stato attuale del sistema, e sia analizzare il sistema con una prospettiva temporale più ampia, in cui è possibile studiarne l'andamento con un numero di informazioni molto maggiore.
- **Controllo dei dati:** rappresenta la capacità di intervenire su un sistema e decidere come

³² Controllore logico programmabile

cambiarne l'evoluzione. Il controllo dei dati è un'attività da eseguire in tempi rapidi, per rispondere in maniera immediata a funzionamenti anomali del sistema, ed include le maggiori modifiche dal punto di vista funzionale.

L'implementazione di questi sistemi si struttura a livelli distribuiti in punti differenti, un livello svolge un ruolo di interfacciamento con il mondo esterno, mentre i restanti sfruttano le funzionalità messe a disposizione dal primo.

Quando si descrive l'architettura di questi sistemi, è opportuno definire gli elementi esterni con il quale è necessario interfacciarsi per una prima trasformazione delle informazioni: i dati letti dai sistemi esterni assumono una precisa collocazione nel sistema SCADA.

La parte esterna al software è rappresentata da diversi impianti, ognuno con la propria componentistica hardware che esegue la rilevazione dei dati d'interesse.

Si possono trovare i sensori, che rilevano il dato grezzo direttamente sul campo, i controllori (PLC), che permettono di gestire un insieme di sensori e possono applicare logiche sui dati, e i gateway, che raccolgono dati dai controllori e permettono di poter gestire operazioni direttamente sui sensori.



Figura 17. Flusso dei dati

L'obiettivo principale, che porta ad inserire nel proprio processo aziendale una soluzione di controllo di questo tipo, è la verifica dei consumi energetici del proprio sistema produttivo, con il quale è possibile individuare eventuali perdite o malfunzionamenti degli impianti, allo scopo di limitare lo spreco delle risorse utilizzate.

I sistemi SCADA indirizzati ad analizzare dati relativi a consumi energetici compongono quello che è chiamato Energy Management System: queste soluzioni mirano dunque a proporre una serie di strumenti di analisi dedicati al settore energetico, il quale possiede delle peculiarità che altri sistemi appartenenti al mondo delle soluzioni SCADA non hanno la necessità di gestire.

La crescente necessità di doversi affidare a strumenti di controllo energetico nasce soprattutto dall'importanza di diminuire l'impatto ambientale sull'intero ecosistema.

L'attenzione da parte del comparto industriale si sta spostando verso il miglioramento del consumo energetico dei propri impianti, eliminando gli inutili sprechi di energia e avvalendosi di sistemi per la rilevazione e il controllo dei consumi energetici.

Le funzionalità principali che contraddistinguono un sistema EMS riguardano la gestione software.

Le caratteristiche di maggiore importanza sono:

- L'aderenza completa del sistema alle caratteristiche base di un sistema SCADA. In particolare, è opportuno specificare eventuali dettagli che possono identificare e valorizzare i servizi messi in campo dal sistema (i protocolli di acquisizione dati supportati dal sistema, cioè l'interfacciamento con un numero di dispositivi il più ampio possibile, la possibilità di integrare dati al sistema con diverse metodologie, l'intervallo di tempo minimo dedicato alla memorizzazione dei dati grezzi e la tempestività nel controllo real-time dei dispositivi).
- Sistema di accesso dati con verifica delle credenziali e assegnazione di ruoli e funzionalità specifiche per utente o per gruppi di utenti.
- Monitoring dei dati con diagrammi specifici, soprattutto per quanto riguarda la visualizzazione di serie temporali.
- Gestione di controllo allarmi, con pianificazione dei valori limite e gestione di un sistema di segnalazione, che può andare dal semplice pop-up a schermo ad un sistema di e-mailing e invio sms (cruciale dal punto di vista manutentivo).
- Reporting dei dati flessibile e personalizzabile, che permetta di fornire dati di sintesi in relazione ad altre informazioni d'interesse.
- Creazione e visualizzazione personalizzata di KPI³³, indicatori che hanno lo scopo di misurare le prestazioni del processo aziendale; l'individuazione e lo studio di tali indicatori è complesso, ma quello che si richiede da una piattaforma EMS è di poterli calcolare sulla base degli altri dati, assieme ad una loro rapida consultazione.

4.2 Applicazione al sistema di conduzione e manutenzione impianti

Un requisito chiave della ISO 50001 è la necessità di eseguire audit periodici sul consumo di energia per la creazione di programmi di risparmio energetico, incoraggiare le aziende ad implementare sistemi di gestione dell'energia (EMIS) e adottare pratiche migliori.

Un Energy Management Information System rende possibile una gestione energetica efficace fornendo dati fondamentali sul consumo e le perdite di esercizio. È possibile aggregare in tempo reale, in un database, tutti i dati di misura dell'intero sito produttivo.

Si confronta il consumo energetico corrente con obiettivi stabiliti, identificati in base a buone prestazioni passate oppure derivanti da modelli di principio ed in caso di prestazioni anomale, un allarme informa i team operativi di manutenzione, che possono quindi intraprendere le necessarie azioni correttive, contribuendo agli obiettivi di gestione energetica dell'azienda.

Al sistema di monitoraggio dovranno quindi essere collegati i vari strumenti di misura di portata, temperatura e pressione, nel modo più economicamente conveniente possibile.

Attraverso un sistema di gestione energetica è possibile dare maggiore visibilità al consumo e alle perdite di energia, trasformando i dati energetici in informazioni su cui basare azioni correttive, raggiungendo gli obiettivi di prestazione energetica dell'intero impianto, identificando i possibili risparmi e riducendo il consumo energetico.

Ogni spreco, perdita e dispersione che si verifica all'interno di un impianto rappresenta un danno sia dal punto di vista energetico e sia dal punto di vista economico.

Gli strumenti di misura sono la chiave per quantificare e rendere gestibile l'esercizio di un impianto, cogliendo opportunità di efficienza che altrimenti rimarrebbero nascoste.

Il sistema ad aria compressa di un tipico impianto di processo utilizza una grande quantità di energia, per cui implementando un diverso numero di punti di misura della portata, si può ottenere un controllo delle perdite ed una migliore gestione delle condizioni del sistema.

Nel prossimo capitolo cercheremo di esaminare nel dettaglio un sistema ad aria compressa, individuando i parametri che si possono monitorare e regolare con precise strategie manutentive al fine di mantenere condizioni ottimali di funzionamento, in modo da discostarci il meno possibile dalle condizioni nominali.

Caldaie, bruciatori, inceneritori o forni presenti praticamente in tutti gli impianti industriali utilizzano una grande quantità di energia. Per ridurre al minimo il consumo energetico e raggiungere gli obiettivi commerciali dell'azienda, questi processi devono essere stabili, affidabili, efficienti e ben coordinati.

Nelle caldaie è necessario controllare con precisione il livello d'acqua nel corpo cilindrico per ottimizzare la produzione di vapore, massimizzare l'efficienza della caldaia e garantire un funzionamento sicuro.

Esistono purtroppo diversi ostacoli: il primo è rappresentato dalle variazioni di carico, nelle caldaie infatti il carico tende ad aumentare o diminuire a seconda della domanda dell'impianto, il secondo è rappresentato dalle variazioni del combustibile utilizzato, il quale non è mai completamente stabile (anche nel caso del gas naturale) ma presenta variazioni del contenuto energetico per volume (variazioni diverse a seconda del tipo di combustibile utilizzato).

Per gestire le oscillazioni nella domanda e nell'utilizzo di combustibili con intensità energetica variabile sono necessarie tecniche di controllo particolari, orientate verso un approccio globale.

In primo luogo, è necessario comprendere e risolvere le limitazioni meccaniche del processo che rendono difficile l'ottenimento delle prestazioni desiderate dell'unità. In secondo luogo, deve essere assicurata la presenza di dispositivi per misurare e controllare l'unità concentrandosi in particolar modo sul flusso d'aria.

In questo modo gli operatori del processo di combustione grazie ad una strategia di controllo in grado di determinare i requisiti di combustibile ed aria in base a calcoli stechiometrici, riescono in tempo reale a rispondere ai cambiamenti di proprietà e disponibilità del combustibile, riducendo i costi ad esso collegati e migliorando la stabilità generale.

È altrettanto cruciale identificare i guasti delle attrezzature coinvolte nel processo di combustione, monitorando le condizioni delle pompe (perdite, intasamento filtri o malfunzionamento), dei ventilatori e di tutti gli altri macchinari collegati.

Gli scambiatori di calore sono soggetti nel tempo ad incrostazioni che influenzano negativamente la capacità produttiva, i costi di manutenzione ed il consumo energetico. La soluzione migliore in questo caso consiste nella misurazione e nell'analisi dei valori di pressione e temperatura in modo da poter permettere la rilevazione, da parte degli operatori, di probabili incrostazioni.

Essi avranno a disposizione lo scambio termico calcolato, il coefficiente di scambio termico, i fattori di incrostazione ed il costo della degradazione in modo da poter mantenere al livello ottimale le prestazioni degli scambiatori.

Gli scaricatori di condensa, che rimuovono la condensa dei tubi di vapore, rappresentano un ottimo punto di partenza per potenziali risparmi, in quanto sono presenti a centinaia nella maggior parte degli impianti e hanno un impatto immediato sulla redditività in caso di guasto.

Gli studi hanno dimostrato che la durata prevista della maggior parte degli scaricatori di condensa è di 4-8 anni, con tassi di guasto del 12-25%, a seconda della loro struttura e del loro utilizzo.

La frequenza media delle ispezioni è di una volta all'anno, per cui è altamente probabile che si verifichino perdite di processo tra un'ispezione e l'altra, con notevoli conseguenze economiche.

Uno scaricatore di condensa si può guastare in posizione aperta o chiusa: nel primo caso si verificano perdite di vapore con relativo spreco di preziosa energia, nel secondo caso l'acqua condensata inizia ad accumularsi, causando problemi di affidabilità.

Grazie a tecnologie acustiche combinate con misure di temperatura, gli operatori possono identificare perdite o flussi turbolenti generati da scaricatori di condensa malfunzionanti, individuarli rapidamente, capire il tipo di guasto (in posizione aperta o chiusa) ed eseguire immediatamente le riparazioni necessarie, riducendo anche i costi di manutenzione (steam management).

L'implementazione di soluzioni d'automazione per monitorare la condizione degli impianti, grazie ad una serie di sensori intelligenti posti sul campo in grado di dialogare con un software che supervisiona i dati ricevuti, gestire le soglie di allarme, reagire in caso di anomalie ed avvertire la task di manutenzione, permette di realizzare una gestione predittiva e tempestiva della manutenzione, contenendo i consumi energetici e di conseguenza migliorando l'efficienza produttiva.

4.2.1 Manutenzione 4.0

Oggi stiamo vivendo la trasformazione dell'impresa sotto la spinta di strategie di digitalizzazione conseguenti al paradigma dell'industria 4.0.

L'espressione "Industria 4.0" esprime una visione del futuro secondo cui, grazie alle tecnologie digitali, le imprese industriali aumenteranno la propria competitività ed efficienza tramite l'interconnessione e la cooperazione delle risorse (impianti, persone, informazioni), dotate di intelligenza e di comunicazione.

Allo stesso tempo il modo di fare manutenzione è cambiato e siamo di fronte ad un nuovo iter manutentivo per cui la strumentazione è proattiva e consente di ottenere risultati che in passato erano impensabili.

Ci troviamo all'interno della quarta rivoluzione industriale ed è qualcosa in divenire, in continua evoluzione. È cambiato il modo di vivere con gli impianti e le macchine, di osservare quali sono e come cambiano le attività manutentive.

In questi anni ci siamo interconnessi attraverso principalmente l'uso di smartphone, e come noi umani, anche le macchine si sono interconnesse consentendo elevati benefici. Stiamo assistendo ad una comunicazione uomo-macchina e tra le stesse macchine in modo smart, veloce ed efficace.

Si parla quindi nuova tecnologia, analisi predittiva, automatizzazione, autoriparazione, monitoraggio e manutenzione mobilitati.

Definiamo ora i punti che stanno alla base di questa rivoluzione:

- **Big data:** oggi è molto facile acquisire dei segnali, le nostre macchine sono sempre più sensorizzate (sensori molto piccoli con costi relativamente bassi), è molto semplice monitorarle (vibrazioni, analisi dell'olio lubrificante in continuo, termografia, ultrasuoni) ed ottenere una mole di dati che arrivano al nostro sistema (centralina, computer) e necessitano di essere gestiti.

Il punto chiave della manutenzione 4.0 è proprio questo: trovare un sistema o tool in grado di gestire una grandissima quantità di dati, diventati centrali in ogni business model, ottenendone risultati (conoscere lo stato di salute della macchina, intraprendere azioni correttive, aumentare l'efficacia, aumentare la produttività e ridurre i costi di manutenzione).

Di solito un sistema è in grado di rilevare due o tre valori al secondo, il rischio è di saturare il database e non riuscire a caratterizzare quelli che sono i dati più importanti.

Facile acquisire dati ma difficile saperli trattare. È ottimale far gestire i dati, prelevati grazie alla strumentazione coinvolta nell'attività manutentiva, da un software o algoritmo in grado di catturare le informazioni principali.

- **Cyber Security:** è necessario inoltre sapere quale tipo di fine fanno i dati e le piattaforme che raccolgono questa mole di dati devono avere dei livelli di sicurezza sufficienti. Si tratta di dati sensibili che non possono uscire dall'azienda e, proprio per questo, rappresenta un limite operativo in contrasto con il punto successivo.
- **IOT (Internet Of Things):** la possibilità di interconnettere gli impianti, predisponendoli con della sensoristica in grado di permettere allo user di connettere la macchina ad un sistema integrato è fondamentale per l'azienda, garantendo in questo modo una raccolta

ed un monitoraggio flessibile di dati generati da più oggetti connessi, compresi tutti i dispositivi in mano agli operatori.

- **Machine learning:** la possibilità delle macchine di imparare autonomamente, adattando una serie di azioni correttive in funzione degli stadi operativi; le macchine cambiano e si evolvono a seconda dei dati che stanno ricevendo. Non è più l'essere umano che controlla se una macchina si trova in un certo stato di funzionamento ma è un software che si occupa di questo. In aggiunta, le macchine riescono a comunicare tra di loro via wireless, ad esempio in caso di usura di una di esse. I sistemi in modo autonomo possono fare delle valutazioni ed ottimizzare non solo in termini manutentivi ma anche la progettazione stessa delle macchine. Grazie alla crescita esponenziale dell'innovazione tecnologica risulta semplice condividere queste informazioni.
- **Touch:** ci colleghiamo con le macchine attraverso la tecnologia "touch", diffusa ampiamente nella strumentazione. Il tecnico avrà quindi maggiore facilità di interagire con le apparecchiature.
- **Smart Factory:** intendiamo il sistema in grado di assistere persone e macchine nell'esecuzione dei propri compiti, caratterizzato da un'enorme quantità di dati e di possibilità di integrazione verticale (tra i sistemi di fabbrica) e orizzontale (lungo la filiera). Questo porterà all'impiego di nuove pratiche organizzative aziendali:
 - L'inter-operabilità: tutti gli oggetti sono in comunicazione tra loro.
 - La virtualizzazione: è possibile creare una copia virtuale della macchina in modo da poter monitorare da remoto le sue condizioni di funzionamento, procedere alle misurazioni ed intervenire.
 - La decentralizzazione: le apparecchiature hanno le informazioni e le conoscenze per poter prendere decisioni in modo autonomo.
 - La capability dei processi: i dati di processo sono raccolti e analizzati in tempo reale.
 - L'interfaccia persone-macchine: attraverso tablet, pc, smartphone o robot.
 - La modularità: i sistemi produttivi si adattano in modo flessibile al cambiamento dei requisiti.

4.2.2 Manutenzione predittiva e condition monitoring

La manutenzione 4.0 necessita sicuramente di un piano di manutenzione predittiva.

Si tratta di un approccio manutentivo obbligato se si vuole realizzare una manutenzione moderna ed efficace in modo da essere competitivo sul mercato, aumentando la produttività e riducendo i costi di manutenzione ottimizzando i processi produttivi e l'ingegneria di manutenzione.

La manutenzione predittiva consente di individuare in forte anticipo quello che potrebbe accadere alla macchina, il livello di usura, i guasti e le anomalie. Nella regione P-F (figura 18) il difetto dell'attrezzatura è già potenzialmente visibile, e ci si occupa di rilevare e prevedere le modalità di guasto delle apparecchiature in modo che le riparazioni possano essere effettuate in modo pianificato.

Fondamentalmente si provvede a gestire i potenziali guasti (P) mentre progrediscono verso guasti funzionali (F). Oltre al punto P nulla impedisce che si verifichi il fallimento dell'apparecchiatura, però si può intervenire per prolungarne la condizione di corretto funzionamento.

Quello che voglio è evitare di arrivare ad una situazione di allarme, in tal caso rischierei di fare una semplice manutenzione a rottura che renderebbe inutile tutto l'apparato di strumentazione e software facente parte di un comune condition monitoring.

Un condition monitoring intelligente deve saper estrarre i dati con sensori dotati di tecnologia via cavo o wireless, gestirli grazie ad algoritmi o modelli preventivi che mi devono dare informazioni immediate su come sta volgendo il mio processo, permettere misurazioni immediate online sui dispositivi portatili, la condivisione e l'interazione di questi dati su più livelli (azienda esterna, tra tecnici o manager di manutenzione), e far sì che il dato ritorni sulla macchina (utilizzo le informazioni per poter migliorare il piano manutentivo).

L'extrapolazione dei dati dalla macchina (livello di rumorosità, temperatura, vibrazioni, distribuzione calore, analisi olio, rilevazione perdite) al fine di avere una conoscenza esaustiva dello stato di salute dei miei asset è ottenuto attraverso diverse tecniche di diagnostica:

- Ultrasuoni;
- Analisi delle vibrazioni;
- Analisi dell'olio;
- Termografia;
- Rumore udibile.

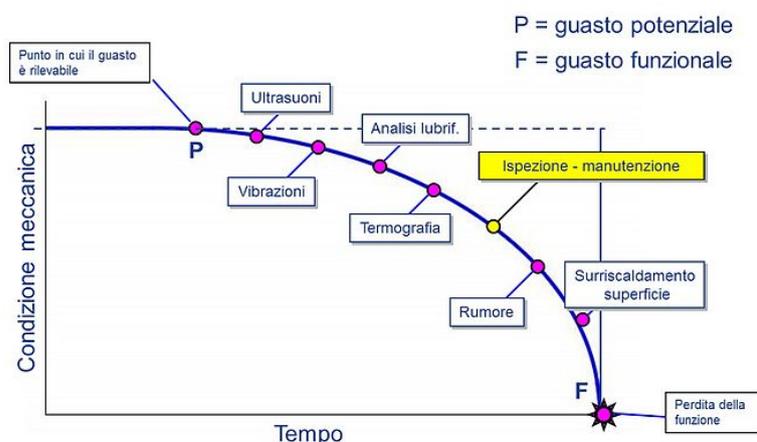


Figura 18. Curva P-F

La predittiva non è altro che l'applicazione di queste tecniche di manutenzione da parte del team di manutentori dell'azienda sulla base delle informazioni e dei risultati raccolti attraverso il condition monitoring.

Attraverso controlli periodici di determinati parametri fisici della macchina si permette al manutentore di tenere sotto controllo le macchine e svolgere il proprio lavoro con la massima tranquillità.

Sull'algoritmo imposto quali siano le soglie di allarme in relazione al determinato parametro fisico, le percentuali di allarme, per quanto tempo è in grado di rimanere in condizione di allarme, e tutte le indicazioni derivanti da un'analisi storica del fenomeno.

Da qui parte l'azione correttiva (controllo, sostituzione, bilanciatura o allineamento) in modo da ridurre i costi manutenzione, aumentare la produttività e la disponibilità dell'impianto.

L'obiettivo è quello di rilevare un segnale fisico, rappresentare il segnale nel dominio della frequenza o del tempo e con l'ausilio del software capire cosa stia succedendo.

L'analista del software deve essere in grado di leggere i trend relativi alla condizione di funzionamento dei vari parametri caratteristici della macchina, in modo da poter notare la presenza o meno di scostamenti più o meno significativi dalle condizioni nominali.

Di solito sulla macchina, fin dall'installazione, è necessario definire le specifiche, fare un'ispezione prima dell'installazione, bilanciare ed allineare la macchina, accertarsi che la lubrificazione sia corretta, in modo da evitarne la morte prematura.

La prevenzione del guasto (manutenzione proattiva) si registra, sulla curva di affidabilità, nel lasso di tempo dal momento in cui l'apparecchiatura è stata installata al punto in cui inizia il guasto (P); in questa regione, detta I-P, gli sforzi per prevenire i guasti sono relativamente economici rispetto a quelli nell'area P-F eseguiti per gestirli.

Per estendere questo intervallo e prevenire/ritardare il guasto (P) esistono diverse analisi di affidabilità, tra le quali RCFA³⁴, azione reattiva e proattiva, oppure FMEA³⁵, puramente proattiva. FMEA esamina in dettaglio tutte le possibili modalità di errore, mentre RCFA considera solo le modalità di guasto effettive. A causa delle risorse limitate in molte imprese, e grazie alla sua efficacia visto che pone la priorità sulle modalità di guasto reali, RCFA si fa preferire.

È utile precisare che non tutte le macchine possiedono la stessa criticità, esistono infatti macchine il cui fermo va ad inficiare l'intero sistema produttivo, provocando enormi danni dal punto di vista economico.

Nel capitolo successivo tratterò maggiormente nel dettaglio una delle più comuni discipline di manutenzione predittiva, ovvero l'analisi ultrasuoni, eccellente per rilevare le perdite di aria compressa.

³⁴ Root Cause Failure Analysis

³⁵ Failure Mode Effects Analysis

5. BUSINESS CASE RELATIVO ALL'ARIA COMPRESSA

5.1 Focus aria compressa

Come già affrontato nel paragrafo 1.6, l'aria compressa è utilizzata in tutti i settori dell'industria e spesso è addirittura la principale forza motrice dell'azienda.

Chi si occupa di monitorare i costi energetici della propria impresa sa che la produzione di aria compressa è una voce di costo molto importante, soprattutto se sprecata attraverso le perdite presenti sulla linea di distribuzione dell'aria.

I sistemi di produzione e distribuzione dell'aria compressa assorbono mediamente circa il 10% del totale fabbisogno di energia elettrica richiesto dal processo produttivo industriale.

Tale costo energetico rappresenta inoltre circa l'80% del costo totale di esercizio calcolato durante la vita di un normale impianto di produzione e distribuzione di aria compressa e pertanto ogni possibile soluzione che rappresenti una fonte di risparmio energetico deve essere valutata con estremo interesse.

Si stima che lo spreco di aria compressa può costare fino al 30-40% del consumo di energia utilizzata dai compressori (figura 19), con un conseguente e ovvio aggravio sui costi di produzione.

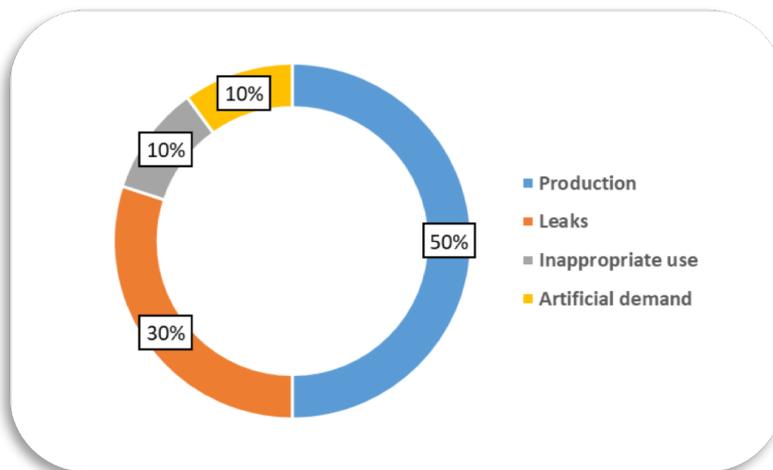


Figura 19. Partizione dei consumi di energia di un compressore

Oggi si fa molto efficientamento energetico con l'aria compressa, partendo dai costruttori di compressori che suggeriscono di spegnere o accendere un compressore in funzione della richiesta effettiva di aria fino alla quantificazione dei costi attraverso un tool specifico, funzione del numero di perdite e dei diametri.

Sulla tabella successiva (tabella 10) sono riassunte le diverse possibili misure di efficienza energetica riguardanti una sala compressori accompagnate dalle relative percentuali medie di incidenza.

n	Interventi	%
1	Riduzione della pressione d'aria al minimo	15,1%
2	Utilizzo d'aria aspirata dall'esterno	19,3%
3	Utilizzo d'aria in aspirazione più fredda grazie ad uno scambiatore di calore	0,2%
4	Rimuovere o chiudere le linee d'aria compressa	0,5%
5	Eliminazione delle perdite d'aria o leak management	28,7%
6	Utilizzare compressori ben dimensionati	2,3%
7	Installare adeguati essiccatore nelle rete di distribuzione per ridurre le cadute di pressione	0,4%
8	Utilizzo dell'inverter o VSD	1,2%
9	Utilizzo di motori elettrici ad alta efficienza	19,3%
10	Recupero del calore	5,6%
11	Verificare regolarmente che la pressione sia impostata correttamente	1,9%
12	Sostituire le attrezzature pneumatiche con quelle elettriche ove possibile	0,8%
13.1	Eliminare o ridurre l'uso di aria compressa per la movimentazione di merci, raffreddamento, asciugatura, pulizia dei nastri trasportatori	4,6%
13.2	Non usare getti d'aria compressa per raffreddarsi	0,1%
13.3	Passare da raffreddamento ad aria compressa a raffreddamento ad acqua o aria	0,1%

Tabella 10. Percentuale di incidenza di ogni tipologia di intervento sul totale dei progetti suggeriti

L'eliminazione delle perdite (Leak Management) si rivela l'intervento più incidente ai fini del risparmio energetico, sostenuto da un buon rapporto costi-benefici e da una variabilità minima di progetti suggeriti per questo tipo di operazione.

Altrettanto efficaci sono l'utilizzo dell'aria aspirata direttamente dall'esterno, l'utilizzo di motori elettrici ad alta efficienza e la riduzione al minimo della pressione d'aria.

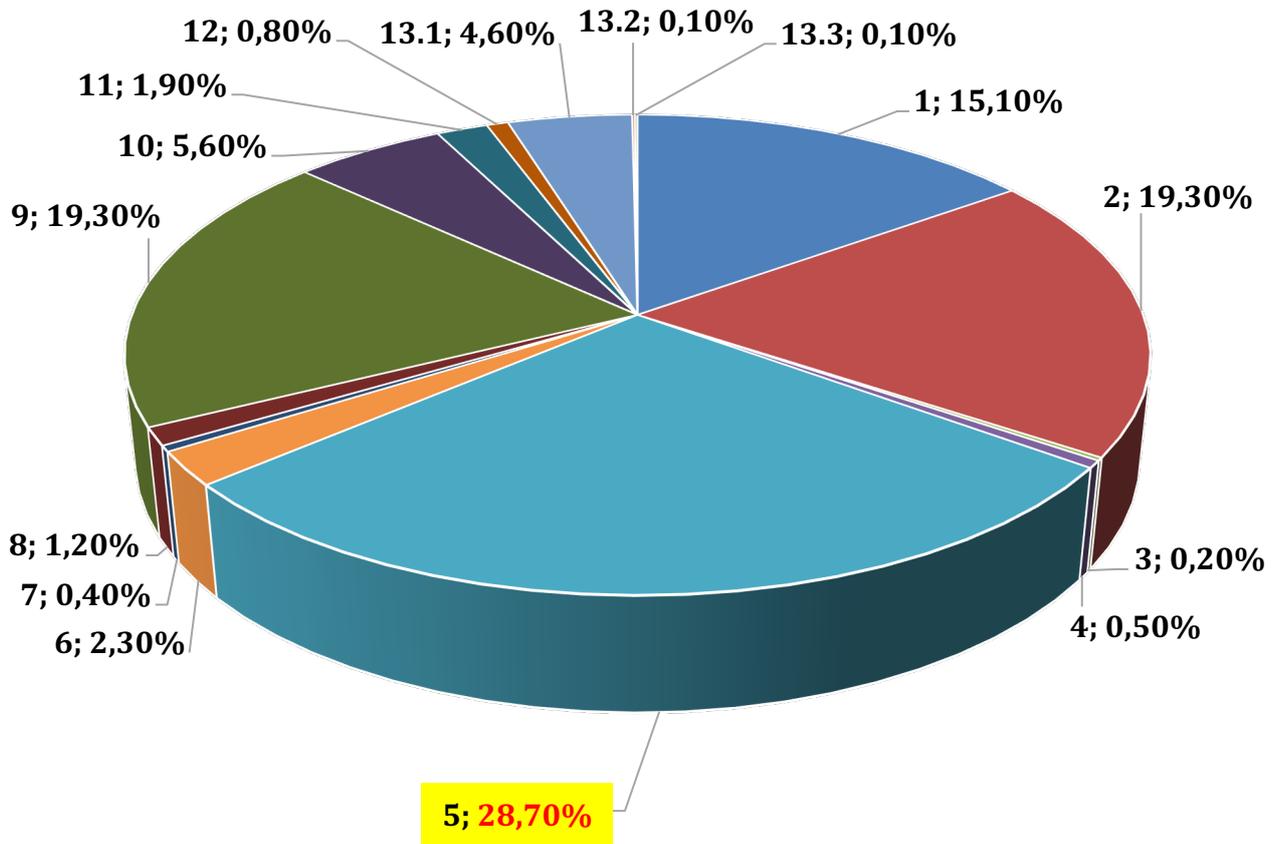


Figura 20. Percentuali di incidenza di ogni tipologia di intervento sul totale dei progetti suggeriti

Il leak management possiede un altro aspetto positivo che lo fa preferire a tutti gli altri interventi, ovvero un periodo di payback molto basso, inferiore ai cinque o sei mesi.

Comunemente, negli stabilimenti industriali, la maggior parte delle perdite sono dovute a connessioni ed elementi di tenuta ormai usurati, la cui sostituzione ha generalmente costi irrisori per l'azienda quando hanno bassa incidenza sul fermo macchina.

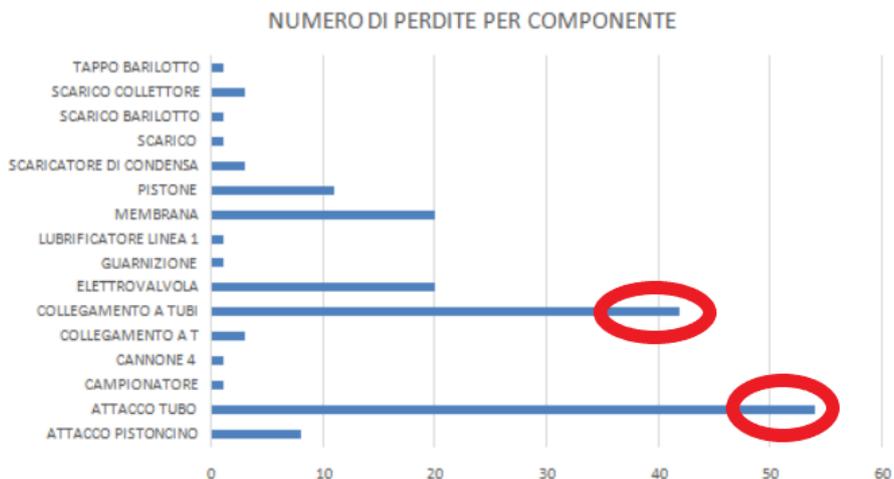


Figura 21. Reportistica Leak Management cementificio intervistato

Una campagna di efficientamento della linea dell'aria compressa si compone di una prima fase di identificazione di ogni singola perdita, di cui è importante documentare l'entità e la localizzazione nello stabilimento, descrivendo quale sia il componente compromesso ed etichettandolo affinché sia individuabile dallo staff di intervento tecnico, il quale valuta anche la priorità di intervento.

Il leak detection è fondamentale per poter successivamente monitorare il ripetersi di questi malfunzionamenti nel tempo, e per questo la generazione di report e file di analisi dati risultano necessari.

La tecnologia di indagine migliore per la rilevazione delle perdite è la tecnologia ad ultrasuoni poiché permette di identificare minime perdite d'aria anche a distanza ragguardevoli, fino a 20/25 metri.

Gli ultrasuoni rappresentano d'altronde il primo approccio che si potrebbe applicare facendo manutenzione predittiva e condition monitoring, eccellente non solo per le perdite d'aria ma ottimo anche per rilevare le perdite di vapore dagli scaricatori di condensa o per problemi di lubrificazione.

In una perdita d'aria su un piping che ha un foro di micro o centesimi di diametro si genera turbolenza, l'aria esce con moto turbolento ad alta frequenza (> 20 kHz). Grazie ad uno strumento dotato di un sensore calibrato in un range ultrasonico si riesce a filtrare e non essere sensibili a tutte le rumorosità d'impianto al di fuori di questo range. In modo molto veloce ed immediato sono in grado di verificare se ci possono essere una o più perdite in una certa zona dell'impianto.

È quindi possibile utilizzare questa strumentazione con impianti e macchine in funzione, ponendo sempre attenzione alle norme di sicurezza.

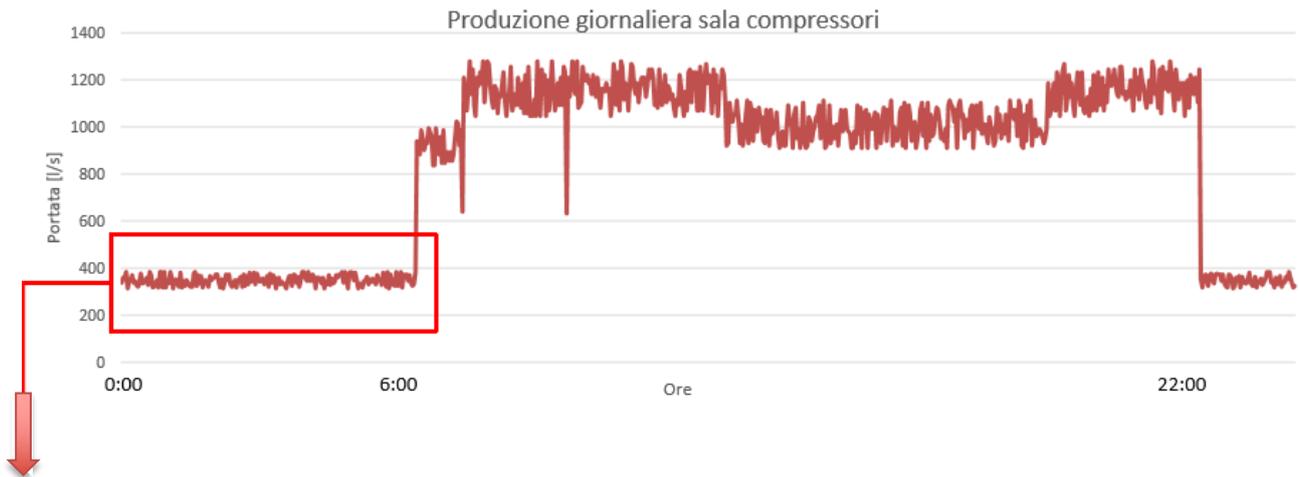
Le misurazioni ormai si possono fare sia con sistemi portatili e sia con sistemi fissi. L'utilizzo di questi sistemi è molto "user friendly" perché non necessita di una preparazione troppo elevata e i segnali sono facili da interpretare visto che il segnale acustico viene demodolato direttamente dallo strumento senza che i rumori esterni presenti nel luogo dove viene effettuata la misura (sala compressori) incidano sulla corretta rilevazione delle perdite.

Si integrano con altre tecnologie, ad esempio gli strumenti che si occupano dell'analisi delle vibrazioni; è possibile misurare e monitorare la rumorosità prodotta da un cuscinetto, che in caso di usura genera una rumorosità di bassissima intensità ma in altissima frequenza, rilevata facilmente dagli ultrasuoni.

Un tipico intervento di efficienza energetica si articola nello sviluppo di tre differenti passaggi:

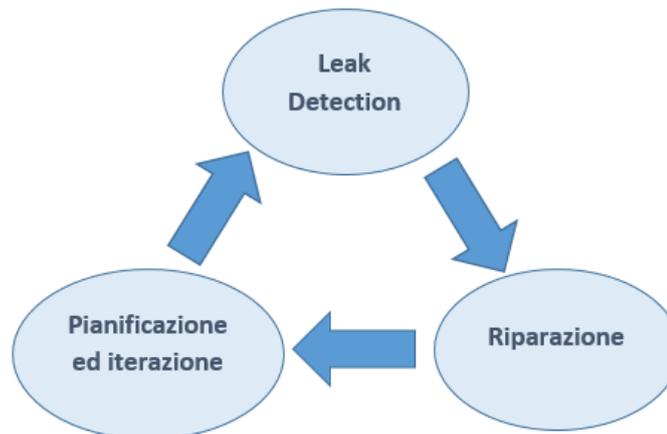
- Il primo passo consiste nell'effettuare una "fotografia" della produzione della sala compressori. La misurazione preliminare coinvolge diversi parametri, quali i consumi elettrici, la portata d'aria compressa prodotta, la pressione e la temperatura.

Nel grafico successivo è rappresentata una misura su una sala compressori da 400 kW, rilevate lungo una settimana lavorativa tipo.



Come si evince dal grafico durante le ore di fermo della produzione, il consumo di aria compressa non è nullo. I consumi indicati nel riquadro indicano le perdite di aria compressa nella linea di distribuzione.

- Successivamente si procede al Leak management attraverso una manutenzione di tipo predittivo che individua e ripara le perdite di aria compressa, gestisce gli usi impropri e progetta soluzioni per efficientare le linee di distribuzione dell'aria compressa in ottica di certificazione ISO 50001;



Durante la fase di Leak detection dell'aria compressa è possibile capire quali ulteriori attività proporre al sito attraverso un'operazione di analisi che comprende:

- Controllo della pressione di esercizio di linea e delle macchine;
- Controllo delle perdite di carico sulla linea (cadute di pressione);
- Verifica della possibilità di recuperare il calore dissipato dai compressori;
- Verifica della convenienza dell'autoproduzione di azoto da aria compressa;
- Censimento e stima degli usi impropri dell'aria compressa.

Le perdite riappariranno con una certa ciclicità nel corso della vita utile dell'impianto. È necessario reiterare con una certa frequenza questa disciplina (almeno una volta all'anno), per tenere il livello delle perdite sotto una soglia ritenuta accettabile.

Riprendendo il grafico della pagina precedente, è chiara la differenza del profilo di portata tra il pre-intervento e il post-intervento; i consumi legati alle fughe d'aria sono stati eliminati.

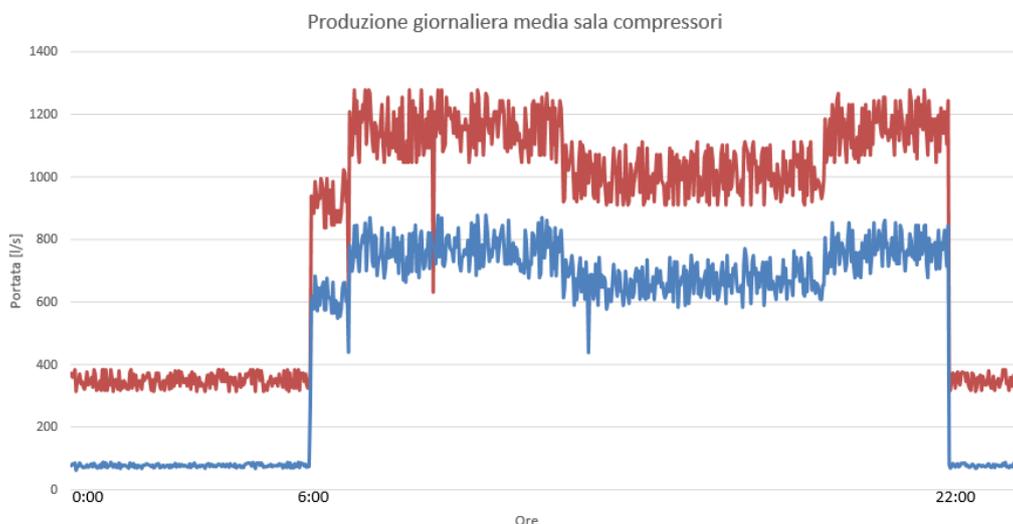


Figura 22. Confronto della produzione di aria compressa prima (curva rossa) e dopo l'intervento (curva blu)

Grazie ai dati forniti da una delle aziende intervistate, sono in grado di riportare i risultati ottenuti da un loro intervento di Leak detection, risalente all'anno 2014.

Prendendo atto di una produzione di aria compressa annua nel periodo di riferimento stimata in 48.371.873 [m³/anno], le perdite annue, individuate con la tecnologia ad ultrasuoni, sono state stimate in 10.006.636 [m³/anno] pari al 20,7% del totale prodotto.

Considerando il costo dell'aria pari 0,0117 [euro/m³], le perdite sono state valutate in 117.078 [€/anno], con un costo totale di riparazione pari a 5700 € e un payback time pari a 2 mesi.

Nella seguente tabella (tabella 11) si mostra per ogni tipologia di perdita (piccola, media o grande)³⁶ il numero di rilevamenti e il valore in termini economici ad esse associato.

Tipo di Perdita	N° di TAGS	Costo [€/anno]
Piccola	213	36.708
Media	76	44.487
Grande	39	35.882
TOTALE	328	117.078

Tabella 11. Reportistica leak detection cementificio intervistato

³⁶ Classificazione a seconda del diametro del foro (mm) e del livello di pressione (bar)

- Terzo e ultimo passo consiste nel controllo delle performance grazie a sistemi di controllo adibiti al mantenimento nel tempo dei benefit ottenuti.

È possibile ottenere un controllo h24 delle performance del sistema di aria compressa grazie all'installazione di sistemi fissi e alla relativa analisi dei dati da remoto, in pieno accordo con il concetto di manutenzione 4.0 e ISO 50001.

Si passerebbe quindi da una politica manutentiva predittiva con frequenza annuale a un intervento basato sull'analisi dei dati e quindi sul condition monitoring.

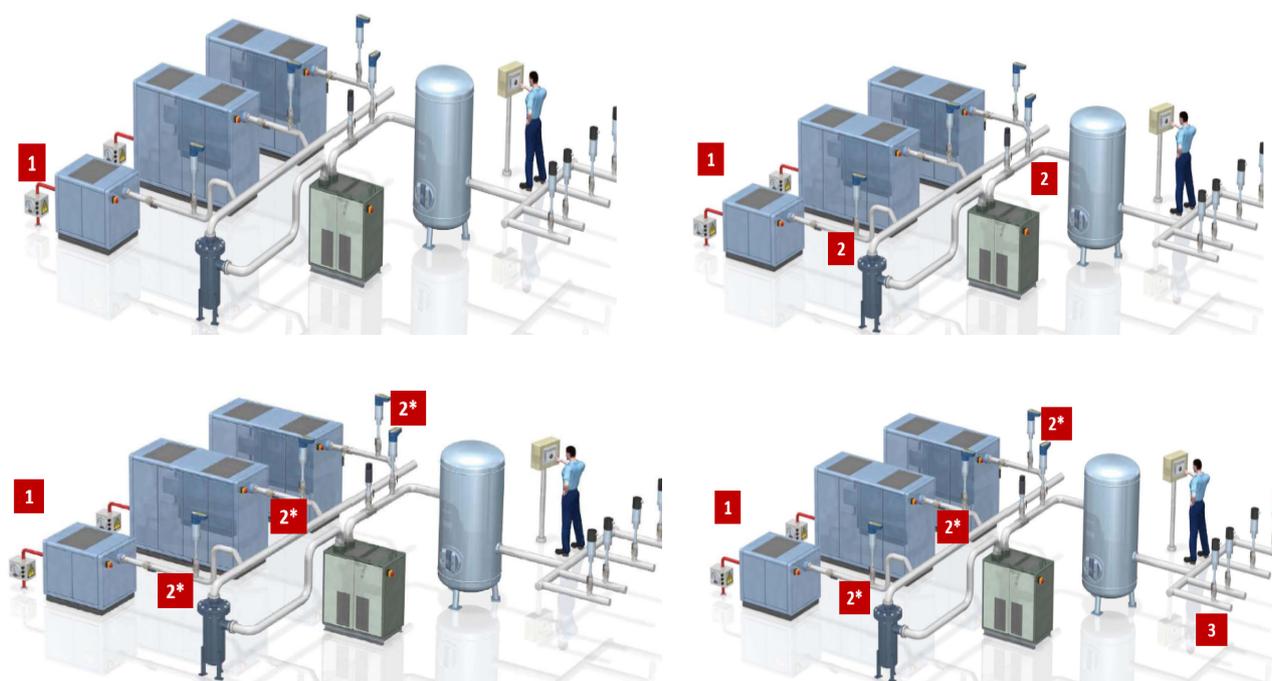


Figura 23. Monitoraggio centrale AC

Siccome un impianto di trattamento di aria compressa presenta un layout piuttosto articolato, a causa della presenza di diversi componenti e una complessa rete di interconnessione tra le componenti stesse e l'utente, è necessario un approccio globale per quanto ne riguarda la gestione.

Dalla figura 23 apprendiamo quali siano i diversi livelli di monitoraggio utilizzati:

- 1.** Il primo livello è dedicato alla misura della corrente, della tensione, del fattore di potenza, della potenza elettrica e dell'energia elettrica assorbita dai compressori, consentendo una prima analisi del profilo di carico dell'impianto.
- 2.** Sul collettore principale di distribuzione, prima del serbatoio d'accumulo, misuro la portata AC non parzializzata sui compressori. **(2*)** Su ogni compressore, prima del serbatoio, misuro la portata AC parzializzata consentendo la determinazione dell'EnPi (consumo specifico).
- 3.** Misura della pressione agli utilizzatori finali AC sulle linee di produzione, ottimizzando le pressioni agli usi finali e quantificando in modo preciso le perdite di carico.

5.2 Case study

Grazie alla disponibilità mostrata da una delle aziende intervistate per mezzo del questionario, descritto e commentato nel terzo capitolo, e ai dati fornitomi dalla Ingersoll Rand, sono riuscito a riportare un interessante Business Case, accompagnato da dati sensibili reali di produzione.

Si tratta di un'azienda energivora che produce, trasforma e vende componenti in metallo per usi ed impieghi industriali e che si occupa dello stampaggio a caldo, a freddo e dell'estrusione dei metalli per la produzione di particolari meccanici.

Nell'arco del 2016 ha prodotto 22.903.518 pezzi, per un totale di 19.766 tonnellate.

All'interno del suo stabilimento possiede più di 250 dipendenti, ripartiti su tre turni lavorativi.

Dalle risposte che ha fornito nel questionario si evince come sia una delle imprese più virtuose per quanto riguarda l'attenzione verso l'efficienza energetica, verso interventi di riqualificazione energetica e lo sviluppo di un serio sistema di gestione dell'energia.

Cosa ancor più importante è la presenza di un sistema di monitoraggio dei consumi che va ad interagire con il piano di conduzione e manutenzione degli impianti, compresi quelli ausiliari.

L'azienda ha un programma full di manutenzione, comprendente tra gli altri anche un piano di manutenzione predittiva.

Di seguito approfondiamo nel dettaglio ciò che riguarda l'impianto AC di questa azienda (figura 24), che nel 2016 ha consumato ben 19.206.583 Nm³ di aria compressa.

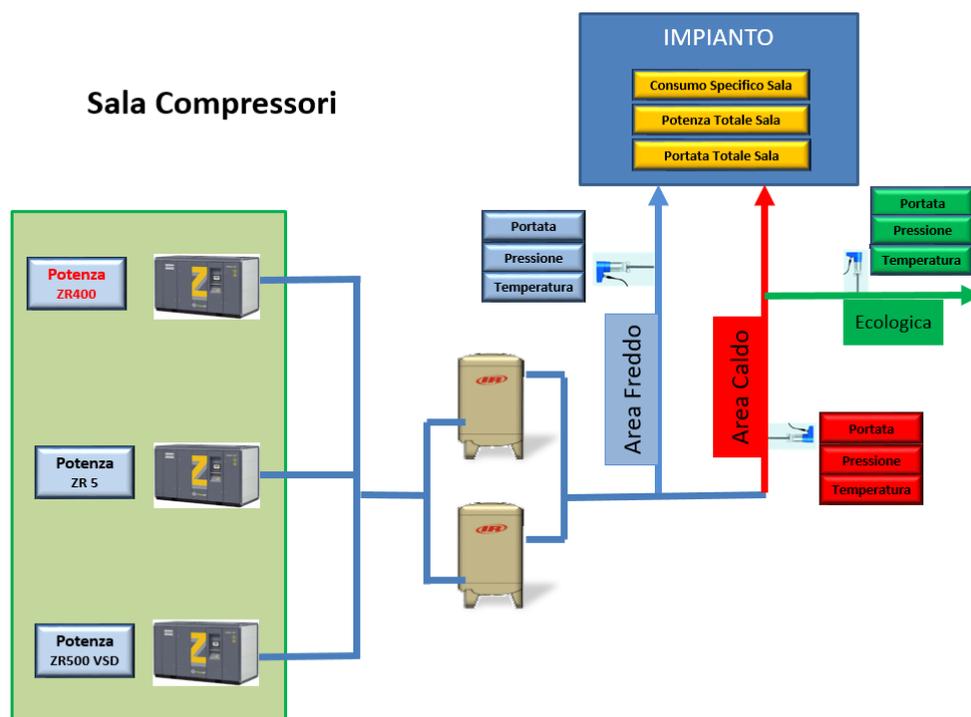


Figura 24. Centrale di produzione e distribuzione AC

Come descritto in tabella 12, la situazione iniziale della sala compressori prevedeva l'utilizzo esclusivo di due compressori rotativi a vite oil-free Atlas Copco ZR.

COMPRESSORE	Portata di targa [m3]	Potenza di targa [kW]	Pressione [Barg]
Atlas Copco ZR5	46	250	8
Atlas Copco ZR500	79	500	10
Atlas Copco ZR400	56	400	10

Tabella 12. Situazione iniziale sala compressori

L'intervento di ottimizzazione degli impianti ha previsto come primo passo il tracciamento e l'analisi dei consumi nella situazione originale.

Grazie a misuratori di portata **Vp Instruments** sono state effettuate misurazioni di portata, temperatura e pressione lungo le linee, per un periodo di acquisizione dati pari a 193 ore (circa 8 giorni).

Nello stesso periodo grazie ad un **analizzatore di rete trifase PQA820** si sono registrate le potenze/energie attive, reattive e apparenti, assorbite dai compressori, ed inoltre

quantificate grandezze come $\cos\Phi$, THD%, armoniche e power factor.

Dai grafici della potenza totale assorbita dai tre compressori e quello della portata totale d'aria compressa consumata, si nota come, nell'arco delle 193 ore, non si abbiano periodi di fermo e durante i weekend la produzione diminuisca.

Si stima che il fine settimana rappresenti circa il 16% del consumo di portata ed energia.

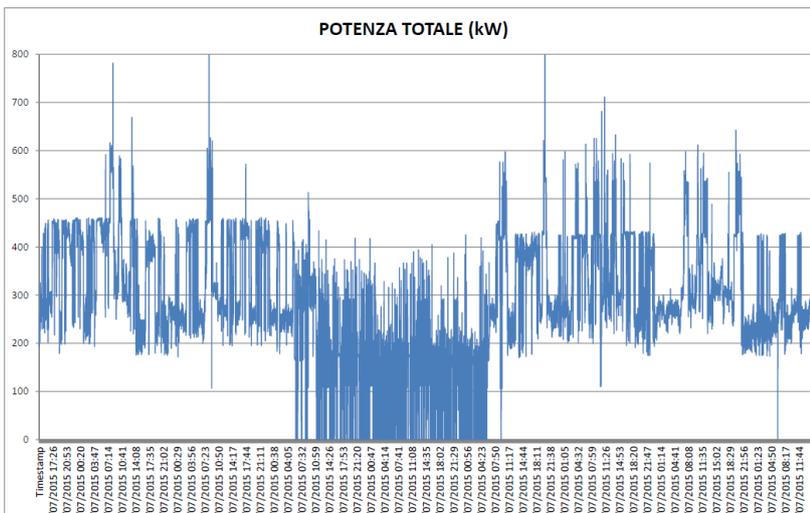


Figure 25. Misurazione potenza totale

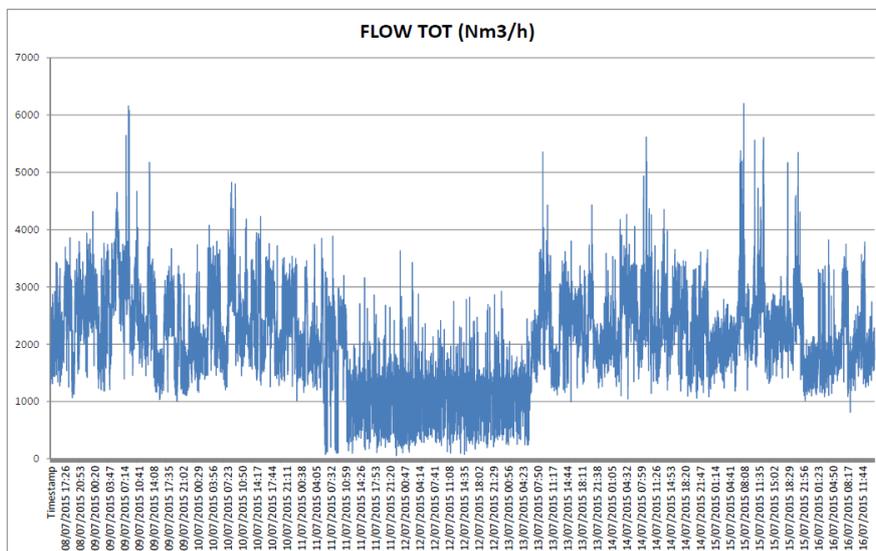


Figure 26. Misurazione portata totale

Nello specifico caso si è determinato come indicatore di prestazione energetica (EnPi) il consumo specifico (CS)³⁷, grazie al quale si potrà quantificare il miglioramento in termini energetici.

Grazie alle misure di energia e di portata si è tracciato quindi l'andamento del consumo specifico nell'arco di tempo di riferimento.

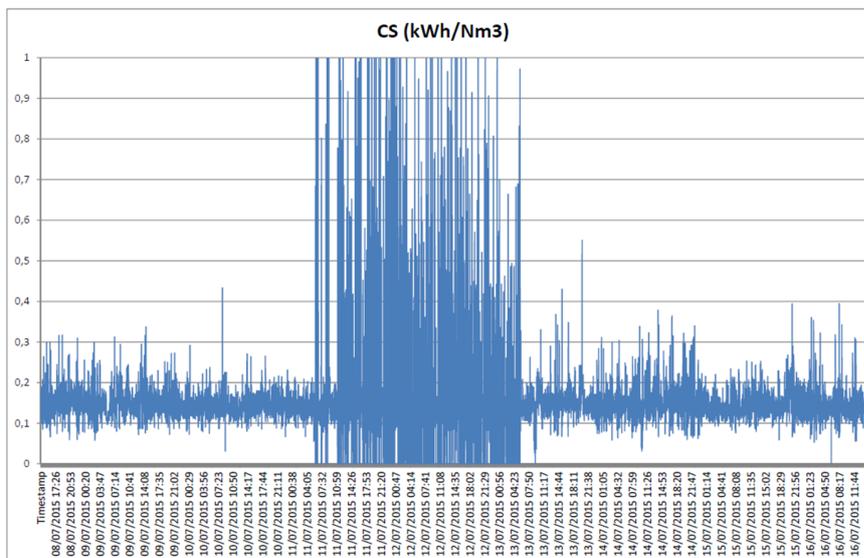


Figure 27. Misurazione consumo specifico

Dalla campagna di misurazione si sono tratte le seguenti conclusioni:

- Totale volume prodotto nel periodo: 394445 [Nm³]
- Totale consumo energetico periodo: 57615 [kWh]
- Consumo specifico del periodo: 0,146 [kWh/Nm³]

In sala compressori, il percorso di efficientamento è iniziato dalla sostituzione dei compressori originari a favore di tre nuove macchine (due a giri fissi e uno a giri variabili) capaci di garantire migliori prestazioni energetiche e maggiore affidabilità.

COMPRESSORE	Portata di targa [m3/min]	Potenza di targa [kW]	Pressione [Barg]
R160ie	31,1	160	7,5
R160ie	31,1	160	7,5
R132n	8,6 – 24,4	132	4,5

Tabella 13. Situazione finale sala compressori

³⁷ Rapporto tra l'energia assorbita dal compressore (kWh) e il volume di aria compressa prodotta (Nm³)

La decisione di cambiare tecnologia, passando da compressori oil-free, non necessari visto il settore industriale a cui l'azienda appartiene, a compressori lubrificati ha portato un 20% in termini di risparmio energetico.

La corretta combinazione di questi compressori consente di coprire fedelmente il profilo di carico e quindi di produzione di aria compressa richiesta dallo stabilimento. La parzializzazione del carico su tutti i compressori permette di distribuire il lavoro e non stressare eccessivamente le macchine, diminuendo nel tempo il numero di interventi manutentivi, con notevole vantaggio in previsione a lungo termine della revisione meccanica, che ha costi rilevanti sul bilancio aziendale (pari circa al 50% dell'investimento iniziale).

Per quanto riguarda l'ottimizzazione della rete di distribuzione ad anello chiuso, l'azienda ha effettuato il classico intervento di diagnostica con tecnica ultrasuoni in modo da individuare le fughe presenti e provvedere alle riparazioni, con sostituzioni di tubazioni e valvole usurate nel caso fosse stato necessario.

Grazie a questo intervento non solo si è ottenuto in termini di spesa un guadagno diretto, ovvero l'effettivo risparmio causato dal minor consumo energetico della macchina, ma anche un guadagno di tipo indiretto: l'efficienza nell'utilizzo fa sì che i carichi di lavoro del compressore siano minori sollecitando in modo più contenuto il macchinario, aumentando la vita dello stesso e limitando gli interventi manutentivi.

Ogni compressore è dotato di un **pannello locale XE-145M**, responsabile del primario controllo sui parametri critici di funzionamento di ogni compressore, come la pressione e la temperatura, garantendo le necessarie condizioni di sicurezza degli apparecchi. Questo controllore rende possibile in tempo reale l'avvio e l'arresto del compressore alle ore di funzionamento programmate, la regolazione delle pressioni di settaggio e garantisce in situazioni di pericolo l'immediato blocco delle macchine.



Figura 28. Pannello locale di controllo

La qualità del controllo e dell'analisi delle prestazioni dei compressori è aumentata nel momento in cui si è permesso il collegamento tra la sensoristica posizionata sul campo e un sistema di acquisizione dati e supervisione degli stessi.

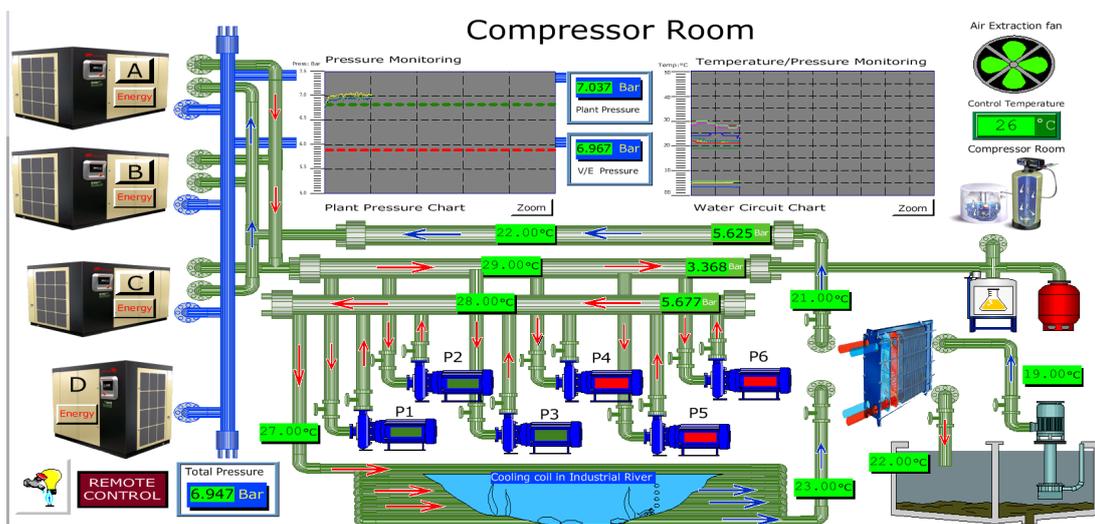


Figure 29. Sistema di supervisione

Per valutare lo stato di salute e garantire il corretto funzionamento della centrale di compressione e degli impianti è stato implementato un sistema di monitoraggio continuo in modo da poter in tempo reale rilevare e controllare i tempi di marcia “a carico” e “a vuoto”, i kWh consumati nei vari cicli vuoto/carico, le portate di aria compressa (l'efficienza dei sistemi [kWh/Nm³]), le perdite di carico, la temperatura e la pressione di esercizio.

Dall'attività di monitoring fatta sui flussi di portata o a seguito di un inaspettato aumento della potenza consumata a parità di richiesta produttiva, è possibile per esempio prevedere perdite lungo le linee.

Qualora presenti, l'aumento eccessivo della temperatura dell'aria potrebbe invece significare l'intasamento dei filtri sugli essiccatori.

Dal punto di vista strettamente energetico, a parità di domanda, la deriva del consumo specifico rilevato è un indiscutibile segnale di inefficienza degli impianti.

Grazie al settaggio e alla gestione degli allarmi, il personale manutentivo è sempre pronto ad intervenire, individuare e risolvere il problema.

I dati acquisiti in sala compressori vengono poi salvati, visualizzati ed analizzati in remoto su dispositivi esterni (piattaforma Web SCADA), in modo da rendere il monitoring immediato e facilmente accessibile agli utenti.

Il monitoraggio energetico puro dei consumi è effettuato grazie al software messo a disposizione e direttamente gestito da Ducati Energia, del quale purtroppo non abbiamo informazioni aggiuntive.

Ad integrazione di quest'ultimo è presente un prodotto di automazione dotato di algoritmi di controllo avanzati e connettività universale, gestito da Ingersoll (**X8I System Automation**).

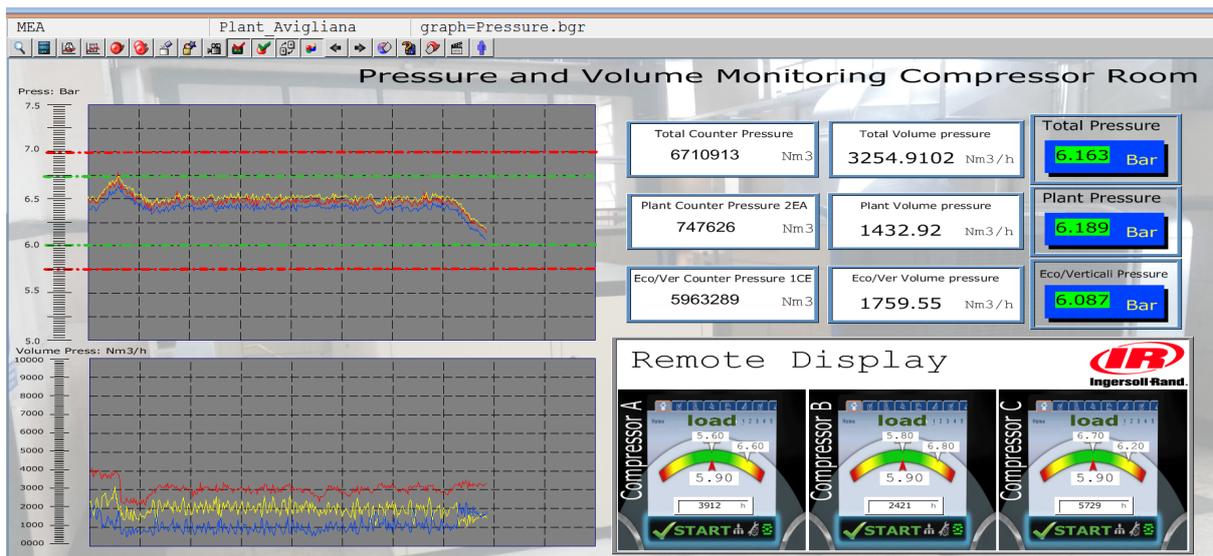


Figura 30. Controllo dati in remoto

Grazie a questa tecnologia è possibile azionare i compressori solo se necessario, portando i compressori di riserva in linea in modo incrementale durante i periodi di aumento della domanda, di adattare in modo dinamico con la massima efficienza energetica la domanda di aria compressa combinando i compressori, di variare la velocità dei compressori per ridurre al minimo l'energia sprecata e gestire il sistema di aria compressa alla pressione minima richiesta senza compromettere l'affidabilità dell'impianto.

Prima di valutare i benefici in termini energetici ed economici post interventi, voglio ricordare il peso delle diverse voci che caratterizzano un ciclo di vita di un compressore, ovvero il suo TCO³⁸. Si nota in figura 31 come le spese di manutenzione/gestione e quelle riferite all'investimento siano meno rilevanti rispetto alla voce su cui si possono concentrare i maggiori margini di risparmio, l'energia.

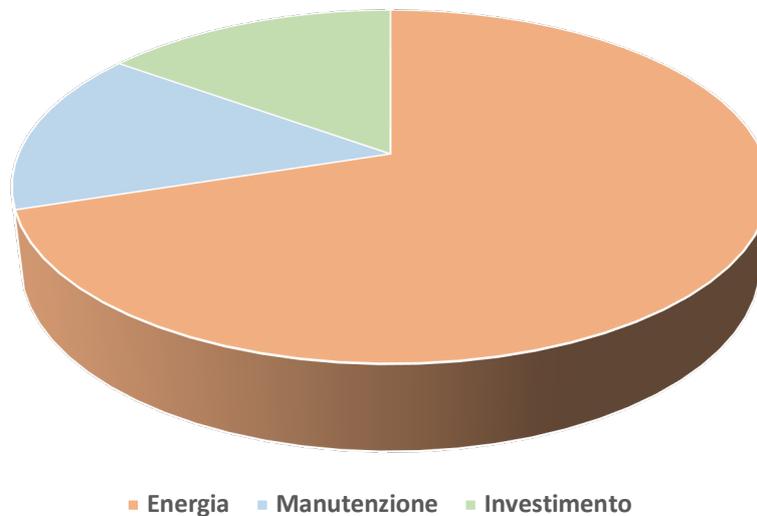


Figura 31. TCO compressore

Il costo di investimento iniziale, comprendente gli interventi di sostituzione dei compressori, gli interventi diagnostici, l'implementazione del sistema di monitoraggio e le risorse umane coinvolte, ammonta all'incirca a **200.000 €**.

L'insieme di tali soluzioni, volte ad una minimizzazione degli sprechi energetici e dei costi, ha prodotto per l'azienda in considerazione una diminuzione del consumo specifico di aria compressa pari a 0,026 [kWh/Nm³].

Il consumo specifico atteso si riduce quindi ad un valore pari a **0,120 [kWh/Nm³]**, rispetto allo 0,146 [kWh/Nm³] precedente all' intervento.

Partendo dal valore di consumo medio dell'aria all'ora e dal costo dell'energia nel periodo di riferimento, attraverso un semplice calcolo, è stato possibile stimare anche il risparmio in termini economici conseguente alla riduzione del consumo specifico di sala.

$$0,026 \text{ [kWh/Nm}^3\text{]} \times 0,15 \text{ [€/kWh]} \times 8600 \text{ [h/anno]} \times 2000 \text{ [Nm}^3\text{/h]} = \mathbf{67.000 \text{ [€/anno]}}$$

Come si può notare si parla di un miglioramento delle prestazioni energetiche dell'ordine del 18% e di un notevole risparmio annuo dal punto di vista finanziario per l'azienda.

Considerando i costi di gestione trascurabili, si stima un payback time di circa tre anni; relativamente breve considerando l'importanza dell'intervento di riqualificazione energetica effettuato.

³⁸ Total Cost of Ownership

6. CONCLUSIONE

Questo lavoro è stato svolto con il chiaro intento di voler fotografare l'approccio attuale del settore industriale verso un tema così importante come l'efficienza energetica, con particolare attenzione verso il sistema di manutenzione e conduzione degli impianti ausiliari.

I risultati ottenuti dall'indagine di mercato effettuata hanno purtroppo evidenziato come si parli di efficienza energetica più per "tendenza" che per un'effettiva tangibilità di risultati, che nella maggior parte dei casi sono peraltro assenti.

La maggioranza delle imprese limita per ora il proprio raggio d'azione al solo audit energetico, non accorgendosi dei vantaggi e degli ulteriori margini di crescita che potrebbero essere raggiunti decidendo di intraprendere una corretta gestione degli utilizzi energetici.

Si comincia invece ad intravedere una positiva cultura della prevenzione, nonostante in molti casi si faccia ancora troppo affidamento alla sola manutenzione "a guasto".

Per alcune aziende mi sono recato fisicamente a raccogliere le risposte alle mie domande. Nell'intervistarle mi sono accorto che esiste un chiaro desiderio di avvicinarsi a certe questioni ritenute importanti, ma allo stesso tempo c'è un'eccessiva infondata percezione del rischio.

Il timore risiede soprattutto nei costi, nei tempi di ritorno economico e nell'inconsapevolezza dell'effettiva entità dei benefici che potrebbero conseguire.

Si nota una notevole informazione sul tema ma, allo stesso tempo, uno scarso livello di formazione.

Il fatto di aver presentato a conclusione della tesi uno dei pochi casi virtuosi incontrati durante la mia indagine è nell'intenzione di dimostrare il contrario.

Dove viene implementato su più livelli un completo sistema di gestione dell'energia si raggiungono, in tempi brevi e investimenti relativamente contenuti, enormi vantaggi in termini energetici e soprattutto economici.

La manutenzione e la gestione degli impianti a servizio della produzione sono attività troppo rilevanti ed ingombranti per decidere a priori di rinunciare alle possibilità di risparmio energetico ed economico, dietro di esse celate.

Le conclusioni raggiunte nel dettaglio per quanto riguarda l'aria compressa sono ovviamente da estendere a tutte le altre fonti di spreco ed inefficienze presenti nel comparto industriale. Ogni macchina, ogni attività ed ogni tipo di processo, se tenuti sotto controllo costantemente grazie all'ausilio di architetture hardware e software dedicate proprio a questo, possono rendere l'attività manutentiva e la conduzione degli impianti facile ed efficiente.

Concetti come manutenzione predittiva, condition monitoring o ancora più in generale "Manutenzione 4.0" sono ancora sconosciuti e lontani dalle politiche aziendali, ma rappresentano il presente e l'inevitabile futuro per chi decide di fare impresa e restare competitivo all'interno del mercato industriale attuale.

Una possibile soluzione per le imprese potrebbe essere quella di unire le due discipline sotto osservazione (la manutenzione e l'efficienza energetica), fino ad ora vissute separatamente, coinvolgendo nei modelli, nei programmi e nelle attività di carattere manutentivo le aziende specializzate in soluzioni di efficienza energetica

Grazie all'opportunità che ho avuto di collaborare con organi importanti come l'Unione Industriale di Torino, l'AMMA e l'AIMAN³⁹, e alla possibilità di condividere il mio lavoro direttamente con alcune aziende coinvolte nel settore ho potuto comprendere come, nonostante le difficoltà legate all'integrazione di simili sistemi e all'insufficiente chiarezza riguardo le scelte politiche in ambito energetico, riflesses sull'apparato normativo, certe sfide possano e debbano essere affrontate e superate.

Bibliografia

- [1] L.Furlanetto, “Manuale di manutenzione degli impianti industriali e servizi”, 2003.
- [2] A.Marrocchelli, “Guida alla gestione e alla manutenzione degli impianti di riscaldamento”, 2010.
- [3] BERKELEY NATIONAL LABORATORY, “Energy Star Guide for Identifying Energy Savings in Manufacturing Plants”, 2010.
- [4] ENEA, “Elementi su come elaborare la documentazione necessaria al rispetto degli obblighi previsti nell’art. 8 del decreto legislativo 102/2014 in tema di diagnosi energetica”, 2016.
- [5] Behnoush Darabnia, Micaela Demichela, “Maintenance an Opportunity for Energy Saving”, 2013.
- [6] ENEA, “Linee guida per il Monitoraggio nel settore industriale per le diagnosi energetiche ex art. 8 del d.lgs. 102/2014”, 2017.
- [7] ENEA, “Guida per l’esercizio, controllo e manutenzione degli impianti termici”, 2015.
- [8] IEA, “Energy Efficiency”, 2017.
- [9] E.Piantoni, “Master RIDEF Politecnico di Milano – Normativa europea ed italiana”, 2017.
- [10] ABB, “Guida all’illuminazione”, 2014.
- [11] MANUTENZIONE TECNICA & MANAGEMENT, “L’efficienza degli impianti attraverso una manutenzione 4.0”, 2018.
- [12] EmersonProcess, “Innovazioni nel controllo di processo”, 2017.
- [13] Politecnico di Torino, AMMA e EDF Fenice, “Slides Master in Efficienza energetica e sostenibilità nell’industria”, 2017.
- [14] EnergyStrategy, “Energy Efficiency Report”, 2017.
- [15] Comat Spa, “Elenco normative tecniche”, 2017.
- [16] Pruftechnik Srl, “Seminario sulla manutenzione 4.0”, maggio 2018.

Appendice A

- Le operazioni di controllo ed eventuale manutenzione dell'impianto termico devono essere eseguite conformemente alle istruzioni tecniche per la regolazione, l'uso e la manutenzione rese disponibili dall'impresa installatrice dell'impianto ai sensi della normativa vigente;
- Qualora l'impresa installatrice non abbia ritenuto necessario predisporre sue istruzioni specifiche, o non siano più disponibili, le operazioni di controllo ed eventuale manutenzione degli apparecchi e dei dispositivi facenti parte dell'impianto termico devono essere eseguite seguendo le istruzioni tecniche elaborate dal fabbricante ai sensi della normativa vigente;
- Per le restanti parti dell'impianto termico e degli apparecchi e dispositivi per i quali mancano pure le istruzioni del fabbricante, le operazioni di controllo e manutenzione vengono eseguite secondo le prescrizioni e la periodicità prevista dalle normative UNI e CEI per lo specifico elemento o modello di apparecchio o dispositivo;
- I controlli di efficienza energetica devono essere effettuati almeno con le seguenti scadenze temporali:
 - a) Ogni anno all'inizio del periodo di riscaldamento per gli impianti alimentati a combustibile liquido o solido, non dipendenti dalla potenza, e gli impianti alimentati a gas di potenza nominale del focolare maggiore o uguale a 35 kW;
 - b) Ogni due anni per gli impianti alimentati a gas di potenza nominale del focolare inferiore a 35 kW dotati di generatore di calore installato almeno da otto anni e per gli impianti dotati di generatore di calore ad acqua calda a focolare aperto installati all'interno di locali abitati;
 - c) Ogni quattro anni per tutti gli altri impianti di potenza nominale del focolare inferiore a 35 kW;
- In occasione di interventi non previsti che possono modificare la modalità di combustione, è necessario effettuare opportuni controlli avvalendosi di apposite apparecchiature di misura per verificare le funzionalità e l'efficienza energetica del medesimo sistema;
- Nel caso di centrali termiche di potenza termica nominale complessiva maggiore o uguale a 350 kW è prescritto un ulteriore controllo del rendimento di combustione da effettuarsi alla metà del periodo di riscaldamento annuale.
- Al termine delle operazioni di controllo ed eventuale manutenzione dell'impianto, l'operatore provvede a redigere e sottoscrivere un rapporto (**Allegati F e G** a seconda della potenza nominale del focolare);
- Il rendimento di combustione rilevato nel corso dei controlli, misurato alla massima potenza termica effettiva del focolare nelle condizioni di normale funzionamento, deve risultare non inferiore ai valori limite riportati all' **allegato H**;

- I generatori di calore per i quali, durante le operazioni di controllo, siano stati rilevati rendimento di combustione inferiori ai limiti, non riconducibili a tali valori mediante operazioni di manutenzione, devono essere sostituiti entro 300 giorni solari a partire dalla data di controllo, e sono inoltre esclusi dalla conduzione in esercizio continuo;
- Le regioni e le autorità competenti, nell'ambito delle proprie competenze territoriali, effettuano gli accertamenti e le ispezioni necessarie all'osservanza delle norme relative al contenimento dei consumi di energia nell'esercizio e nella manutenzione degli impianti termici (i risultati delle ispezioni eseguite sugli impianti termici sono allegati al libretto di centrale o al libretto di impianto);
 - In caso di affidamento ad organismi esterni, requisito essenziale di questi organismi è la qualificazione individuale dei tecnici che operano direttamente presso gli impianti;
 - È obbligatoria la trasmissione, da parte dei manutentori degli impianti termici o altri soggetti ritenuti pertinenti, con le modalità e termini previsti, del più recente rapporto di controllo e manutenzione e la trasmissione di questo rapporto deve pervenire all'amministrazione competente o all'organismo incaricato con scadenze temporali dipendenti dalla potenza nominale del focolare;
 - Con frequenza biennale le amministrazioni competenti inviano alla regione una relazione sulle caratteristiche e stato di efficienza e manutenzione degli impianti termici nel territorio di propria competenza, con particolare riferimento alle risultanze delle ispezioni;
 - Nell'ambito dell'accertamento si comprende l'acquisizione dei dati necessari alla costituzione di un sistema informativo relativo agli impianti termici presenti sul territorio e la dichiarazione di avvenuto controllo e manutenzione degli stessi;

Appendice B

Per gli uffici, pubblici o privati, indipendenti o contigui a costruzioni adibite anche ad attività industriali si richiedono precise prestazioni del sistema edificio-impianto nel momento in cui vengono effettuati interventi di manutenzione:

- Al fine di favorire lo sfruttamento di fonti di energia rinnovabili e di ottimizzare l'utilizzo dei generatori di calore ad altissima efficienza energetica, in caso di manutenzione straordinaria di edifici, si consiglia l'utilizzo di impianti termici a bassa temperatura e dove possibile basati sull'utilizzo di terminali di tipo radiante;
- Negli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria di edifici che prevedono la sostituzione dei serramenti esterni è obbligatoria l'installazione di serramenti dotati dei valori di trasmittanza termica mostrati all' Allegato 3;
- Negli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria di edifici, che prevedono la sostituzione dei serramenti verso ambienti non riscaldati è obbligatoria l'installazione di serramenti dotati di un valore pari a $2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- Negli interventi che prevedono la sola sostituzione dei vetri in serramenti esterni esistenti, è obbligatorio installare esclusivamente vetri dotati di una trasmittanza termica pari a $1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- Negli interventi di manutenzione di edifici che prevedono la sostituzione o la rimozione ed il riposizionamento del manto di copertura è obbligatorio realizzare una trasmittanza termica non superiore a $0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- Negli interventi edilizi di manutenzione ordinaria su edifici esistenti che prevedono la ritinteggiatura delle facciate, nel caso in cui le murature perimetrali contengano una camera d'aria, è obbligatorio migliorare le prestazioni di coibentazione termica delle stesse secondo precise procedure;
- Negli interventi edilizi di manutenzione straordinaria su edifici esistenti che interessano strutture verticali opache esterne e che prevedono il rifacimento di pareti o intonaci, la trasmittanza termica media delle strutture interessate dall'intervento non deve superare il valore mostrato in Allegato 3 incrementato del 30%;
- Gli interventi di ristrutturazione di un impianto termico o di sostituzione di un generatore di calore in impianti centralizzati facenti capo ad edifici con una volumetria lorda riscaldata superiore a 3000 m^3 devono essere abbinati ad un ribilanciamento dell'impianto e ad una ricognizione dei corpi scaldanti;
- Nel caso di interventi di manutenzione straordinaria su sistemi di ventilazione meccanica centralizzata caratterizzati da una portata d'aria di ricambio superiore a $10000 \text{ Nm}^3/\text{h}$ devono essere adottati sistemi in grado di recuperare la maggior parte del calore (inverno) o del freddo (estate), altrimenti disperso in ambiente a causa dei ricambi d'aria interna. Tali sistemi devono essere caratterizzati da un'efficienza di recupero maggiore di 0,6.

Appendice C



QUESTIONARIO

(periodo di riferimento dei dati comunicati: 2016)

Informazioni azienda

- *denominazione:*
- *ubicazione:*
- *settore merceologico:*
- *codice ATECO:*
- *settore di appartenenza:*

secondario *terziario*

- *attività aziendale:*
- *numero di dipendenti:*

<10 *10-49* *50-249* *>=250*

- *fatturato:*

<2 m€ 2-10 m€ 10-50 m€ >50 m€

- *azienda:*

singola *associata* *collegata*

- *grande impresa?*

SI *NO*

- *impresa energivora?*

SI *NO*

- *volumetria stabilimento:*

- *quantitativo globale di produzione:*

- *ciclo lavorativo:*

un turno *due turni* *tre turni*

Sezione obbligatoria

1. *Quanto è importante il tema dell'efficienza energetica per la tua azienda? (da 1 a 5)*

1 **2** **3** **4** **5**

2. *E' presente un energy manager in azienda?*

SI **NO**

3. *La tua società ha fatto negli ultimi tre anni una diagnosi energetica secondo il D. Lgs. 102/2014 o ha conseguito la certificazione ISO 50001?*

SI **NO**

se sì, state integrando il piano di diagnosi energetica o realizzando alcuni degli interventi proposti in diagnosi?

SI **NO**

4. *E' presente in azienda un piano di riqualificazione energetica o un sistema di energy management?*

SI **NO**

se sì, questo piano contempla l'attività di manutenzione e conduzione impianti?

SI **NO**

5. *Per ognuna di queste attività quanto pensi di poter ottenere in termini di risparmio energetico? (da 1 a 5)*

- **attività principali** (aree funzionali direttamente legate alla produzione di un bene/prodotto o al servizio erogato):

1 **2** **3** **4** **5**

- **servizi ausiliari e accessori** (aria compressa, centrale termica, centrale frigo, sistemi di pompaggio, impianti di trattamento aria, pompa di calore utilizzati a supporto delle attività principali):

1 **2** **3** **4** **5**

- **servizi generali** (illuminazione interna/esterna, climatizzazione, pompa di circolazione, produzione ACS, filtri e tutto ciò che è slegato dalla produzione ed include i servizi per il benessere e la produttività del personale interno):

1 **2** **3** **4** **5**

6. *In che modo viene gestita la manutenzione?*

- interamente da personale interno*
- completamente esternalizzata*
- manutentore interno e azienda qualificata esterna*
- altro*

7. *Hai un piano di manutenzione preventiva (interventi eseguiti con lo scopo di evitare il sorgere di un'anomalia o un guasto del componente)?*

- SI*
- NO*

se sì, in quale arco di tempo si sviluppa?

- pluriennale*
- annuale*
- trimestrale*
- mensile*

8. *Hai un piano di manutenzione ordinaria (operazioni di piccola entità, saltuarie o periodiche, necessarie per garantire il corretto funzionamento di un impianto)?*

SI **NO**

se sì, in quale arco di tempo si sviluppa?

pluriennale

annuale

trimestrale

mensile

9. *Hai un piano di manutenzione straordinaria correttiva (interventi di ripristino a seguito di guasti o anomalie gravi)?*

SI **NO**

se sì, in quale arco di tempo si sviluppa?

pluriennale

annuale

trimestrale

mensile

10. *Quale aspetto legato alla manutenzione si considera più importante?*

continuità del servizio

qualità del servizio

aspetti legati alla diminuzione dei consumi energetici

economicità

aspetti legati alla sicurezza

altro

11. *Valuta le seguenti attività gestionali riferite alle risorse umane, proprie o di terzi, coinvolte nel sistema manutentivo:*

○ *programmazione dei lavori:*

1 2 3 4 5

○ *consuntivazione delle attività:*

1 2 3 4 5

○ *formazione e addestramento:*

1 2 3 4 5

12. *Il tuo piano manutenzione impianti prevede un risparmio energetico?*

SI **NO**

se sì, quantifica in percentuale il risparmio rispetto ai consumi attuali:

>0% e <5%

>5% e <10%

>10% e <20%

>=20%

13. *E' presente un sistema di monitoraggio dei consumi?*

SI **NO**

se sì,

- *quale?*
- *il sistema di monitoraggio interagisce con il piano di conduzione degli impianti?*

SI **NO**

se sì, per quali tipi di impianti?

impianti di produzione

impianti ausiliari

impianti generali

14. *Pensando al programma di manutenzione e conduzione in essere nella tua azienda valuta i seguenti items (da 1 a 5):*

○ **qualità:**

1 2 3 4 5

○ **affidabilità:**

1 2 3 4 5

○ **tempestività:**

1 2 3 4 5

○ **bilanciamento con gli altri piani di settore
(produzione, progettazione,....)**

1 2 3 4 5

○ **gestione delle risorse (umane, materiali tecnici, mezzi):**

1 2 3 4 5

○ **capacità di problem solving:**

1 2 3 4 5

○ **capacità propositiva per l'efficientamento energetico:**

1 2 3 4 5

○ **costo:**

1 2 3 4 5

○ **soddisfazione generale:**

1 2 3 4 5

Un giorno, ormai diversi anni fa, uno dei migliori, se non il migliore allenatore che abbia mai avuto, mi disse le seguenti parole: “Non so se intraprenderai mai una carriera da calciatore professionista, ma sono sicuro che qualunque altro grande obiettivo nella vita, con il tuo carattere e il tuo spirito di sacrificio, lo raggiungerai”.

Oggi posso dire di aver raggiunto quell’obiettivo, è stata dura e ne ero consapevole, d’altronde le sfide semplici non mi sono mai piaciute.

La cosa che mi rende più orgoglioso è aver raggiunto questo traguardo senza dover per forza rinunciare ad ogni tipo di interesse extrauniversitario, seppur sapendo che sarebbe stato tutto più complicato.

Devo ringraziare innanzitutto i miei genitori e mio fratello, presenze costanti senza le quali sarebbe stato tutto più difficile.

Grazie a te, che mi sei stata accanto per tutto questo tempo e in qualche modo hai condiviso gioie e dolori di questa mia esperienza.

Grazie ai miei compagni di studio, in particolare il gruppo “storico” formato dagli otto colleghi con i quali ho trascorso l’intera triennale ed anche ai pochi che hanno proseguito insieme a me il percorso di studi nella magistrale.

Grazie agli amici di una vita, presenti anche oggi in questa giornata speciale.

Grazie a tutti i diversi compagni di squadra che ho avuto nel corso di questi anni, soprattutto al gruppo con cui ho condiviso gli ultimi tre anni (gli “infami”), persone speciali con cui è un piacere vivere lo spogliatoio per quattro volte alla settimana.

Grazie alla maggioranza dei professori del Politecnico che ho incontrato lungo questo cammino, magari lo hanno reso più complicato del previsto ma sono sicuro che mi hanno dato una preparazione tale da poter affrontare il mondo del lavoro con più sicurezza.

In particolare, ringrazio gli ingegneri Federico Augusti, Alessandro Bertonasco ed Ettore Piantoni e tutta la Comat Spa per avermi dato un supporto fondamentale nella stesura della tesi ospitandomi per diversi mesi nella loro azienda.

Uno speciale ringraziamento va anche alla Ingersoll Rand, nelle persone dell’ing. Luca Ferrari e dell’ing. Lorenzo Beretta, che mi hanno permesso di valorizzare con il loro contributo la parte finale della tesi.

Grazie all’ing. Paolo Tarasco e al presidente di AIMAN, l’ing. Saverio Albanese, per i loro preziosi consigli.

Ringrazio l’Unione Industriale di Torino e l’AMMA per aver reso possibile l’indagine di mercato che ha coinvolto le aziende.

Grazie in particolare al mio relatore, il prof. Masoero, senza il quale non avrei potuto avere l’occasione di realizzare questo tipo di lavoro.

Ed infine, un pensiero a tutti quelli che mi sono stati vicini ed a cui ho voluto bene, ma che purtroppo non ci sono più e non possono assistere a questo momento; sono convinto che mi siano comunque sempre stati accanto e che sempre lo saranno.

