
IL MANUALE DELLE MIGLIORI PRASSI PER L'EFFICIENZA ENERGETICA

Progetto: CARE+ (Grant Agreement IEE/07/827/SI2.499212 D7286)

Risultato: Deliverable D11 (WP 5)

Data: 26 Aprile 2010

Tradotto da SC Sviluppo chimica S.p.A., con l'autorizzazione di CEFIC, il Consiglio Europeo dell'Industria Chimica (European Chemical Industry Council), sotto la propria responsabilità. Il contenuto di questa pubblicazione non riflette necessariamente l'opinione della Commissione Europea. La Commissione Europea non è responsabile dell'uso che dovesse essere fatto delle informazioni qui contenute.

IL PROGETTO CARE+

Da molti anni l'industria chimica internazionale considera la gestione responsabile dell'ambiente parte integrante dei suoi doveri fondamentali.

Il CEFIC, Consiglio Europeo dell'Industria Chimica (European Chemical Industries Council) è parte attiva di questo impegno attraverso l'iniziativa Responsible Care.

Il progetto CARE+ rappresenta una ulteriore iniziativa focalizzata all'utilizzo responsabile dell'energia nelle numerose piccole e medie imprese chimiche in tutta Europa.

Il progetto CARE+ è orientato ai seguenti obiettivi:

- mettere a punto e proporre alle piccole e medie imprese (PMI) dell'industria chimica europea una metodologia che consenta di migliorare l'efficienza energetica;
- diffondere la conoscenza di tecnologie ed informazioni (ad esempio le Migliori Prassi) concernenti la gestione dell'energia;
- dimostrare alle PMI quali vantaggi economici si possono ottenere utilizzando le Migliori Prassi, l'innovazione tecnologica e la formazione;
- elaborare speciali programmi di investimento finalizzati a specifici interventi di miglioramento dell'efficienza energetica nelle PMI;
- migliorare il livello di efficienza energetica di questo settore industriale.

L'energia costituisce una parte importante dei costi di esercizio dell'industria chimica, e l'elevato costo dell'energia e la aumentata competizione globale hanno stimolato la ricerca di maggiore efficienza energetica. Tuttavia nell'ambito della Piccola e Media Impresa (PMI) si ritiene che il margine di miglioramento sia ancora molto elevato, specialmente là dove il consumo di energia non viene percepito come un fattore di costo significativo e quindi non è oggetto di interventi prioritari.

Lo scopo di questo progetto è, dunque, colmare la distanza che oggi esiste fra la pratica attuale e l'efficienza raggiungibile.

CARE+ è stato finanziato ed è supportato dalla Commissione Europea nell'ambito dell'Unità "Intelligent Energy Europe" (IEE).

Queste Migliori Prassi per l'Efficienza Energetica insieme alla Guida all'Auto-Diagnosi dell'Efficienza Energetica rappresentano una parte essenziale di CARE+, ne sono il principale strumento di supporto alle PMI per aiutarle a migliorare la prestazione energetica dei processi.

INDICE DEI CONTENUTI

Introduzione: Come lavorare secondo le Migliori Prassi di Efficienza Energetica

Migliore Prassi 1 Come avviare ed utilizzare un Programma di Gestione dell'Energia

- MP1 1 Perché un Programma di Gestione dell'Energia
- MP1 2 Come si predispone e si utilizza un Programma di Gestione dell'Energia
- MP1 2.1. Introduzione
- MP1 2.2. Fase A: Raccolta delle Informazioni e Analisi Energetica Iniziale
- MP1 2.3. Fase B: Un Caso Concreto
- MP1 2.4. Fase C: Impegno della Direzione
- MP1 2.5. Fase D: Impostare un Programma di Gestione dell'Energia
- MP1 3 Come si lavora con un Programma di Gestione dell'Energia
- MP1 3.1. Introduzione
- MP1 3.2. Fase 1: Valutazione delle Performance
- MP1 3.3. Fase 2: Fissare gli Obiettivi di Risparmio Energetico
- MP1 3.4. Fase 3: Sviluppare un Piano d'Azione
- MP1 3.5. Fase 4: Implementare il Piano d'Azione
- MP1 3.6. Fase 5: Monitorare e Valutare i Risultati
- MP1 3.7. Fase 6: Riconoscere e Comunicare i Risultati Ottenuti
- MP1 3.8. Fase 7: Ri-verificare il Programma di Gestione dell'Energia
- MP1 4. Ulteriori Informazioni
- MP1 4.1. Ritorno dell'Investimento
- MP1 4.2. Bibliografia

Migliore Prassi 2 Analizzare e Contabilizzare i Consumi di Energia

- MP2 1 Introduzione
- MP2 2 Quali Informazioni devono essere Disponibili
- MP2 3 Capire quali Dati riporta la Fattura dell'Energia
- MP2 4 Potere Calorifico Superiore (PCS) e Potere Calorifico Inferiore (PCI)
- MP2 5 Contabilità dell'Energia
- MP2 6 Come Standardizzare le Diverse Forme di Energia
- MP2 7 Fattori di Conversione dell'Energia
- MP2 7.1. Fattore di Conversione Unitario
- MP2 8 Cosa si deve Analizzare e come lo si deve Fare
- MP2 8.1. Introduzione
- MP2 8.2. Consumi di Energia Specifici per Unità di Prodotto (o di Prodotti)
- MP2 8.3. Consumo Specifico di Energia in relazione al Valore di Riferimento ed all'Anno di Riferimento
- MP2 8.4. Profili di Carico per Identificare i Carichi di Picco
- MP2 8.5. Consumo di Energia degli Edifici in Relazione alla Temperatura Esterna
- MP2 9 Ulteriori Informazioni
- MP2 9.1. Bibliografia

Migliore Prassi 3 Come Concepire e Gestire un Sistema di Informazione dell'Energia

- MP3 1 Introduzione
- MP3 1.1. Trovare la Soluzione appropriata
- MP3 2 Informazioni che il Sistema deve Fornire
- MP3 3 Gli Elementi che compongono un Sistema Informativo
- MP3 4 Componenti Parziali dei Sistemi di Controllo dell'Impianto
- MP3 5 Qualità della raccolta dei Dati
- MP3 6 Quali Dati sull'Energia devono essere Monitorati
- MP3 7 Analisi dei Dati sull'Energia
- MP3 8 Ulteriori Informazioni

Migliore Prassi 4 Come Migliorare le Performance del Generatore di Vapore

- MP4 1 Introduzione
- MP4 2 Confini, Misure e Definizioni
- MP4 3 Risparmi di Energia nella Generazione e nella Distribuzione del Vapore
- MP4 3.1. Pressione e Temperatura alle quali viene generato il Vapore
- MP4 3.2. Perdite di Calore nel Calore della Caldaia
- MP4 3.3. Consumo di Energia in Sala Caldaie
- MP4 3.4. Perdite per Irraggiamento

- MP4 3.5. Funzionamento del Degasatore
- MP4 3.6. Spurgo della Caldaia
- MP4 3.7. Immissione dell'Aria di Combustione
- MP4 3.8. Distribuzione del Vapore
- MP4 3.9. Ritorno della Condensa
- MP4 3.10. Ispezionare e Riparare le Trappole della Condensa
- MP4 3.11. Utilizzare il Fabbisogno di Carico Base di Vapore per Generare (Parte del) Consumo di Energia
- MP4 3.12. Ottimizzare il Trattamento dell'Acqua
- MP4 4. Elenco degli Interventi Raccomandati
- MP4 5. Ulteriori Informazioni
- MP4 5.1. Bibliografia

Migliore Prassi 5 Come Ridurre Il Consumo di Energia nei Sistemi ad Aria Compressa

- MP5 1. Introduzione
- MP5 2. Dove si usa l'Aria Compressa nel Processo Industriale?
- MP5 3. Valutazione della Produzione e Utilizzo Attuali di Aria Compressa
- MP5 3.1. Sviluppare un Diagramma a Blocchi del Vostro Impianto
- MP5 3.2. Quantificare il Consumo di Aria Compressa e di Energia Elettrica
- MP5 3.3. Sviluppare il Profilo della Pressione del Sistema
- MP5 3.4. Fare il Bilancio dell'Aria Compressa
- MP5 3.5. Come Quantificare le Perdite
- MP5 3.6. Migliorare la Misurazione e la Registrazione dei Dati
- MP5 4. Determinare il Consumo di Energia ed i Costi dell'Aria Compressa
- MP5 5. Opportunità di Ridurre il Consumo di Aria Compressa
- MP5 5.1. Alternative all'Uso dell'Aria Compressa
- MP5 5.2. Individuare e Riparare le Perdite
- MP5 5.3. Utilizzare Attrezzature più Efficienti
- MP5 5.4. Ottimizzare l'Erogazione di Aria Compressa
- MP5 5.5. Ottimizzare il Reparto dell'Aria Compressa
- MP5 5.6. Mantenere la Pressione dell'Aria al livello Minimo Necessario
- MP5 5.7. Predisporre un Programma di Manutenzione Continuativo
- MP5 6. Altre Opzioni di Risparmio Energetico nel Sistema dell'Aria Compressa
- MP5 7. Elenco degli Interventi Raccomandati
- MP5 8. Ulteriori Informazioni
- MP5 8.1. Bibliografia

Migliore Prassi 6 Come Ridurre il Consumo di Energia negli Edifici

- MP6 1. Introduzione
- MP6 2. Misurazione e Tendenza del Consumo Energetico negli Edifici
- MP6 3. Fattori che Influenzano il Consumo di Energia e Indicatori di Performance
- MP6 4. Lavorare con i Gradi Giorno
- MP6 5. Riscaldamento, Ventilazione, Aria Condizionata (HVAC)
- MP6 5.1. Definire e, se possibile, Ridurre il fabbisogno dell'Impianto di HVAC
- MP6 5.2. Verificare gli Impianti di HVAC Esistenti
- MP6 5.3. Abitudini e Livelli di Comfort
- MP6 5.4. Temi relativi alla Manutenzione
- MP6 5.5. Ottimizzare Gli Impianti
- MP6 5.6. Ridurre al Minimo la Dispersione di Calore degli Edifici
- MP6 5.7. Ridurre al Minimo gli Eccessi di Riscaldamento negli Edifici
- MP6 5.8. Temi relativi al Recupero di Calore e altre Opportunità di Risparmio Energetico
- MP6 6. Uso dell'Energia Elettrica – Illuminazione ed apparecchiature d'Ufficio
- MP6 6.1. Altri Utilizzi dell'Energia Elettrica negli Uffici
- MP6 7. Elenco degli Interventi Raccomandati
- MP6 8. Ulteriori Informazioni
- MP6 8.1. Bibliografia

Migliore Prassi 7 Come Migliorare l'Efficienza Energetica di Motori e Trasmissioni

- MP7 1. Introduzione
- MP7 2. Caratteristiche di Funzionamento dei Motori Elettrici a Corrente Alternata
- MP7 3. Classi di Efficienza dei Motori Elettrici e i Principi della Normativa Europea
- MP7 4. Programma di Gestione dei Motori
- MP7 4.1. Elenco dei Motori
- MP7 4.2. Profilo di Carico/Tempo

| | | |
|---|-------|---|
| MP7 | 5 | Principali Aree di Miglioramento Potenziale dell'Efficienza Energetica |
| MP7 | 5.1. | Sostituzione di un Motore Standard con un Motore Elettrico ad Alta Efficienza (HE) |
| MP7 | 5.2. | Il Caso Concreto per i Motori EFF1 |
| MP7 | 6 | Come Migliorare l'Efficienza nei Sistemi Sovradimensionati |
| MP7 | 6.1. | Migliorare o Sostituire la Girante delle Pompe Sovradimensionate |
| MP7 | 6.2 | Sostituire un Motore Sovradimensionato ed utilizzato al di sotto della sua Capacità |
| MP7 | 7 | Tecnologie di Sistemi di Trasmissione a Velocità Variabile |
| MP7 | 7.1. | Trasmissioni a Velocità Variabile Meccaniche e Idrauliche |
| MP7 | 7.2. | Trasmissioni a Velocità Variabile a Corrente a Vortice |
| MP7 | 7.3. | Motori a Velocità Multipla |
| MP7 | 7.4. | VSD Elettronico di Potenza (Inverter) |
| MP7 | 8 | Opportunità e Vantaggi delle Trasmissioni a Velocità Variabile |
| MP7 | 8.1. | Applicazioni del Momento di Rotazione Variabile e Costante |
| MP7 | 8.2. | Pompe |
| MP7 | 8.3. | Ventilatori d'Aria |
| MP7 | 8.4. | Compressori (d'Aria) |
| MP7 | 9 | Lista degli Interventi per una Manutenzione Diligente |
| MP7 | 10 | Ulteriori Informazioni |
| MP7 | 10.1. | Bibliografia |
| Migliore Prassi 8 Come Migliorare l'Efficienza Energetica del Processo di Produzione | | |
| MP8 | 1 | Introduzione |
| MP8 | 2 | Aree di Processo con Potenzialità di Miglioramento dell'Efficienza Energetica |
| MP8 | 2.1. | Distillazione |
| MP8 | 2.2. | Evaporazione |
| MP8 | 2.3. | Essiccamento |
| MP8 | 3 | Alternative di Risparmio Energetico (Tecnologia delle Membrane) |
| MP8 | 4 | Impianti per il Recupero del Calore |
| MP8 | 5 | Valutazione del Potenziale di Recupero di Calore attraverso un'Analisi di Pinch |
| MP8 | 5.1. | Analisi del Minimo Apporto Termico e del Carico Refrigerante Richiesto |
| MP8 | 6 | Elenco degli Interventi Raccomandati |
| MP8 | 7 | Ulteriori Informazioni |
| MP8 | 7.1. | Bibliografia |

ALLEGATO 1 Referenze ed Ulteriore Bibliografia

Introduzione: Come lavorare secondo le Migliori Prassi di efficienza energetica

Il presente documento sulle Migliori Prassi per l'Efficienza Energetica fa parte di un Manuale per l'Efficienza Energetica nelle PMI Chimiche che si articola in due documenti principali:

- la Guida all'Auto-Diagnosi (GAD) dell'Efficienza Energetica, avente lo scopo di assistere l'utente nell'effettuare l'analisi energetica e le verifiche in loco, e valutare le prestazioni energetiche con un approccio semplice e guidato, passo dopo passo;
- il Manuale delle Migliori Prassi per l'Efficienza Energetica, ovvero il presente documento, che focalizza l'attenzione sugli argomenti principali con riferimento all'uso dell'energia nelle PMI Chimiche e descrive le migliori soluzioni tecnologiche e metodologie (*best-in-class*) applicabili per il conseguimento di significativi risparmi energetici.

La Guida all'Auto-Diagnosi (GAD) dell'Efficienza Energetica

La Guida all'Auto-Diagnosi (GAD) dell'Efficienza Energetica fornisce alle Piccole e Medie Imprese (PMI) Chimiche Europee gli strumenti per tenere sotto controllo le prestazioni energetiche dei processi produttivi, il consumo e l'efficienza energetica. Si consiglia vivamente di utilizzare questa GAD in combinazione con il Manuale delle Migliori Prassi, in quanto quest'ultimo offre una grande quantità di informazioni utili all'applicazione della GAD

Il Manuale delle Migliori Prassi per l'Efficienza Energetica

Il Manuale individua otto aree chiave in cui guardare ed andare a cercare i potenziali risparmi di energia. Questo Manuale fornisce un *benchmark* per ciascuna di queste aree, indicando come idealmente bisognerebbe ottimizzare l'uso dell'energia, e mostra le differenti opportunità di intervento e miglioramento, differenziando tra misure a costo zero o comunque basso (come ad esempio le misure relative alla diligente manutenzione di apparecchiature e strumentazioni) e misure che richiedono un investimento iniziale.

A causa della estrema diversità delle Imprese appartenenti all'Industria Chimica, il Manuale delle Migliori Prassi per l'Efficienza Energetica include in via prioritaria misure generiche ed in seconda battuta alcuni (più ricorrenti) interventi specifici. È importante rendersi conto che gli interventi generici di efficienza energetica portano comunque significativi risparmi di energia, come ad esempio la suddivisione in zone di distribuzione per la consegna del vapore o dell'aria compressa, il monitoraggio, l'isolamento, tutti i provvedimenti che ottimizzano la gestione degli uffici, con riferimento all'illuminazione piuttosto che alla distribuzione dell'aria.

Le Migliori Prassi riguardano le seguenti aree:

- Migliore Prassi 1 Come realizzare e gestire un Programma di Gestione dell'Energia
- Migliore Prassi 2 Come analizzare e contabilizzare l'uso di energia
- Migliore Prassi 3 Come creare e usare un sistema informativo dell'energia
- Migliore Prassi 4 Come migliorare il rendimento dei generatori di vapore
- Migliore Prassi 5 Come ridurre il consumo di energia nel sistema di aria compressa
- Migliore Prassi 6 Come ridurre il consumo di energia negli edifici
- Migliore Prassi 7 Come migliorare l'efficienza energetica di motori e trasmissioni
- Migliore Prassi 8 Come migliorare l'efficienza energetica dell'impianto di processo

Le prime tre Migliori Prassi riguardano espressamente la gestione dell'energia e la misurazione dei consumi, in quanto queste aree rappresentano la spina dorsale di qualunque attività rivolta all'efficienza energetica

Le Migliori Prassi dalla 4 alla 8 riguardano temi più specifici, per i quali è più facile ottenere dei risparmi di energia.

Questa struttura modulare permette di aggiungere capitoli su argomenti di interesse specifico. Questo è stato concepito come strumento flessibile e come tale va utilizzato.

Migliore Prassi 1 Come avviare e utilizzare un programma gestione dell'energia

MP 1.1 Perché un programma di gestione dell' energia?

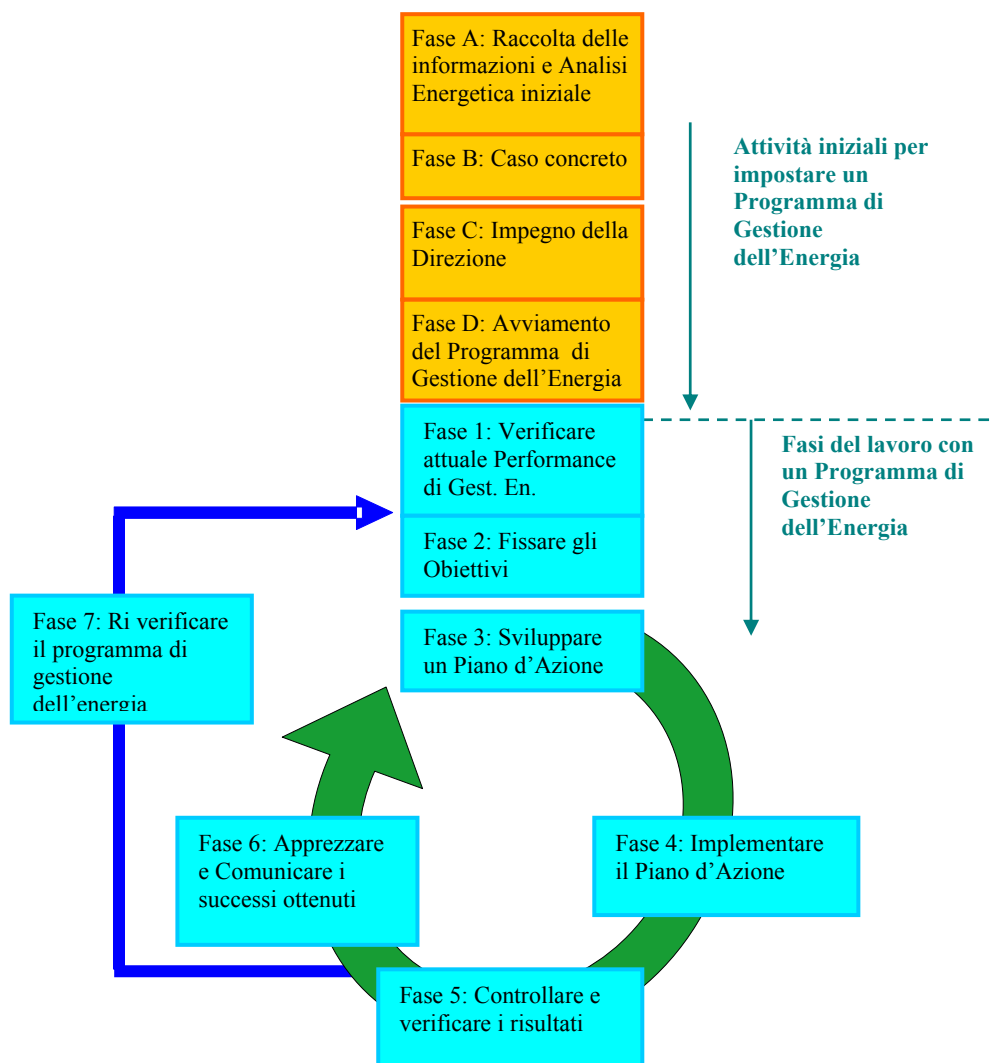
Gestire l'energia significa una attenzione continua e strutturale verso l'uso dell'energia allo scopo di migliorare l'efficienza energetica e ridurre il costo. Il programma di gestione dell'energia deve affondare le proprie radici nel business dell'azienda e costituire una parte importante dell'attività manageriale quotidiana.

Questo spiega il motivo per il quale la prima Miglior Prassi è dedicata a questo argomento. La figura 1 da una visione globale del programma di gestione dell'energia:

- Le Fasi A,B,C e D riguardano la parte relativa all'avviamento del programma
- Le Fasi da 1 a 7 spiegano, invece, come si utilizza il programma.

Ogni Fase è spiegata in dettaglio nei prossimi capitoli. Nella realtà il passaggio da una fase alla successiva avviene in molto più progressivo di quanto sembri leggendo il testo.

Fig 1 LE FASI DELLA GESTIONE DELL'ENERGIA



Fonte: per concessione di EPA EnergyStar

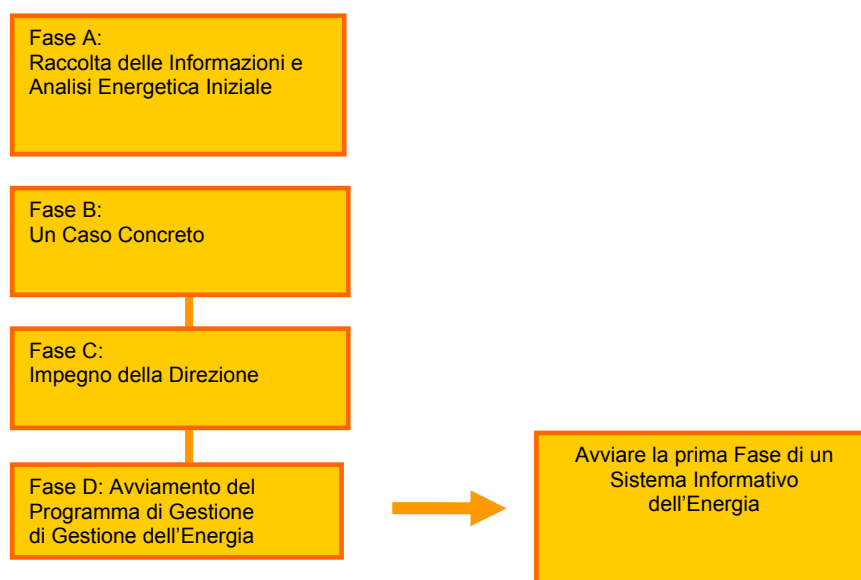
MP 1. 2. Come si predispose e si utilizza un programma di gestione dell'energia

MP 1 2.1 introduzione

L'elemento comune che caratterizza i programmi di gestione dell'energia di successo è rappresentato dall'impegno del Management e del personale chiave che gestisce l'impianto, il consumo di energia nonché il suo costo in un processo continuo e strutturato. Ciò è possibile solamente se esiste un programma di gestione dell'energia totalmente integrato nell'attività quotidiana del personale e del management.

Per tale motivo il programma di gestione dell'energia inizia con le attività di preparazione per ottenere l'impegno dei livelli più alti del management dell'organizzazione. In figura 2 sono rappresentate le diverse fasi per predisporre e utilizzare un programma di gestione dell'energia.

Fig 2 Come avviare un programma di gestione dell'energia



MP1 2.2 Fase A: Raccolta delle informazioni e analisi energetica iniziale

Le attività di preparazione iniziano con una raccolta di informazioni che diano una buona comprensione della situazione dell'energia attraverso una prima indagine iniziale. L'indagine iniziale sull'energia può essere molto simile all'audit sulla efficienza energetica descritta nella Guida all'Auto-Diagnosi della Efficienza Energetica di CARE+.

L'indagine deve comprendere i seguenti punti:

- Il livello attuale di gestione dell'energia dell'azienda
- L'attuale livello di misura e registrazione dei dati (Vedi anche MP 3 Avviare un sistema informativo)
- L'attuale livello di comprensione e di controllo delle fatture dell'energia
- I processi e le attrezzature maggiormente energivori
- Gli effetti della legislazione e della tassazione connessi all'energia
- I dati attuali relativamente al consumo di energia e possibilmente la storia degli ultimi tre anni
- I dati della produzione attuali e relativi agli ultimi tre anni

Sulla base delle informazioni raccolte durante l'indagine preliminare è possibile farsi una prima idea di quanto si potrebbe risparmiare sull'energia e sui costi. E' anche possibile stabilire il punto di partenza per cominciare a formalizzare un piano di gestione dell'energia per la propria azienda purché si sia in grado di conoscere per l'80% dell'energia consumata, dove, come e quanto questa sia stata utilizzata.

L'indagine preliminare dovrebbe fornire le informazioni sufficienti per procedere alla fase successiva; lo studio di un caso concreto.

I risultati permetteranno di capire se la strumentazione che misura i parametri relativi all'efficienza energetica è sufficiente per supportare un piano di gestione avanzato.

MP 1 2.3 Fase B: Un caso concreto

Sulla base delle informazioni raccolte è possibile sviluppare un caso aziendale avviando un programma di gestione dell'energia per avere l'impegno della Direzione e iniziare il programma stesso.

Nel caso dovrebbero essere trattati i seguenti argomenti:

- Quantificazione dei risparmi sul costo dell'energia imputabili alla riduzione dei costi provenienti dal progetto di gestione dell'energia
- Progetto di un programma di gestione dell'energia adeguato alle caratteristiche dell'azienda
- Modifiche all'organizzazione necessarie per lavorare con la gestione dell'energia
- Strumenti e infrastrutture necessari perché il programma di gestione dell'energia sia un successo
- Stima degli investimenti e dei costi annui necessari per implementare un programma di gestione dell'energia
- Stima del ritorno dell'investimento previsto dal programma
- Stima del tempo necessario per andare a regime
- Impegno del management di lavorare con un programma di gestione dell'energia

Il caso concreto è anche un punto di riferimento per misurare i risultati una volta che il programma di gestione dell'energia è avviato.

Per maggiori dettagli su come si presenta un caso concreto fare riferimento all'impostazione riportata nel GAD.

MP 1 2.4 Fase C: Impegno della Direzione

Le informazioni contenute nel caso concreto devono consentire alla Direzione di prendere le proprie decisioni sull'implementazione del programma di gestione dell'energia.

Quest'impegno deve risultare da:

- Una ferma decisione sulla politica dell'energia ed una strategia di risparmio dell'energia altrettanto chiara
- La nomina di un Energy Manager responsabile del funzionamento del sistema di gestione dell'energia
- La delega al personale facente parte del programma
- La allocazione dei fondi necessari al programma
- La promozione di una cultura dell'efficienza energetica in azienda
- La decisione di discutere su base regolare l'agenda del team di Direzione e i risultati raggiunti

Tutta l'organizzazione aziendale deve essere informata della decisione di implementare il programma di gestione dell'energia e la strategia di lungo termine.

MP 1 2.5 Fase D: Impostare un programma di gestione dell'energia

La prossima fase è costituita dalla stesura del programma di gestione dell'energia e dalla creazione della necessaria struttura organizzativa.

In questa fase l'Energy Manager gioca un ruolo fondamentale; le sue responsabilità comprendono:

- coordinare e dirigere il programma di gestione dell'energia
- creare la coscienza dell'efficienza energetica dell'organizzazione
- sviluppare una politica energetica
- valutare i potenziali benefici della gestione dell'energia
- creare e guidare dei gruppi di autocontrollo
- ottenere credibilità ed impegno da parte dei responsabili
- sviluppare il sistema informativo dell'energia
- coordinare la definizione degli indicatori di performance e gli obiettivi
- coordinare l'identificazione di opportunità di miglioramento
- assicurare che gli interventi concordati vengano implementati
- formare le persone –chiave
- monitorare e stimare l'andamento dei consumi di energia
- tenere informata la Direzione
- adoperarsi perché la Direzione riconosca i risultati
- rifaccia periodicamente una valutazione del sistema di gestione dell'energia

SUGGERIMENTO

Anche se è importante che sia ufficialmente nominato un Energy Manager responsabile del progetto tuttavia va evitato qualunque cosa abbia attinenza con la gestione dell'energia venga “scaricata” su di lui.

Perché il programma di gestione dell'energia abbia veramente successo è necessario che l'Energy manager organizzi le seguenti attività:

- indicare con chiarezza le priorità nella gestione dell'energia il modo di cogliere semanticamente le opportunità di risparmio
- l'ampiezza della gestione dell'energia dev'essere definita (ampiezza dell'organizzazione, servizi, strumenti o attrezzature)
- identificare e concordare i ruoli e le responsabilità delle persone chiave dell'organizzazione, va costituito un piccolo team di persone chiave di supporto alla gestione dell'energia nelle decisioni quotidiane
- Una importante riguarda l'avviamento della prima fase del sistema informativo della gestione dell'energia (mp 3) cominciando dalla struttura di raccolta dei dati già in essere una volta che la prima fase è avviata il sistema può essere migliorato fase dopo fase secondo quanto previsto dal piano (vedi le fasi 3e4) il sistema informativo dell'energia deve fornire informazioni accurate e coerenti per permettere un gestione affidabile del consumo e dei costi dell'energia; deve fornire le informazioni necessarie per valutare i miglioramenti delle performance che sono stati raggiunti.
- definire uno una programma di sviluppo temporale e un elenco delle risorse necessarie.

La struttura organizzativa deve far parte della documentazione del piano generale di gestione dell'energia.

La politica e le strategie di risparmio energetico vanno comunicate a tutto il personale per aumentarne la sensibilità. il personale deve essere informato e ricevere i dati relativi all'andamento del programma e sollecitato a contribuire al miglioramento delle performance.

1.3 Come si lavora con un programma di gestione dell'energia

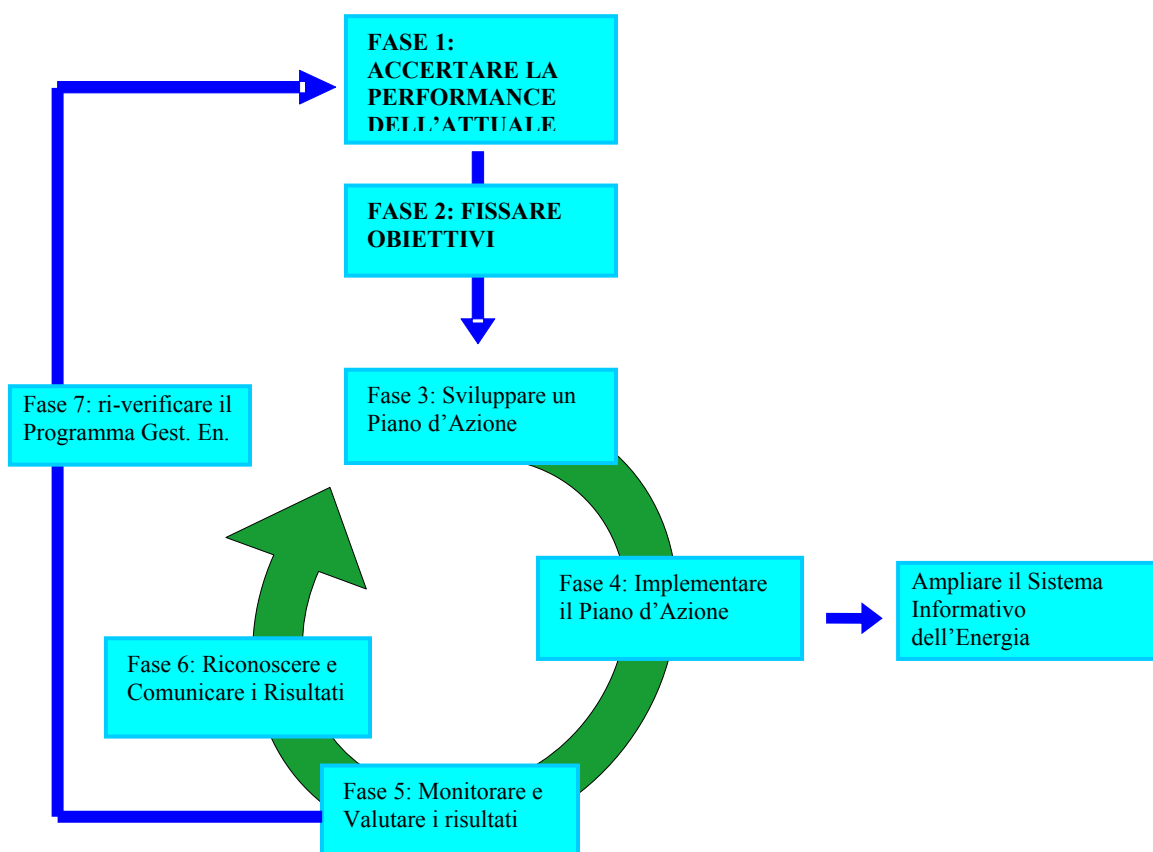
MP 1.3.1 Introduzione

Una volta che è stata creata l'organizzazione è possibile cominciare a lavorare con il programma di gestione dell'energia fissando gli obiettivi e implementando le misure di miglioramento dell'efficienza.

Una volta che il programma di gestione dell'energia è avviato, è necessario scendere in maggiori dettagli fissando gli obiettivi e definendo un piano di azione. Inoltre dovete controllare l'attività di comunicare i successi riposizionare gli obiettivi di fatto si tratta di svolgere un'attività quotidiana.

L'organizzazione del lavoro nell'ambito di un programma di gestione energie è rappresentato dalla figura 3

FIG. 3 FASI IN CUI SI ARTICOLA UN PROGRAMMA DI GESTIONE DELL'ENERGIA



MP1 3.2. Fase 1 Valutazione delle performance

Nella prima parte di lavoro ci siamo concentrati sulla raccolta dei dati e il suo sviluppo di indicatori di performance significativi.

Molti dati sono stati raccolti e messi insieme durante la fase di stesura del programma di gestione della energia.

adesso si tratta di decidere se occorre andare ancora un po' più in dettaglio in questo caso il processo va diviso in due parti:

- a acquisizione dei dati
- b definizione degli indicatori di performance

A) Acquisizione di dati sull'uso corrente dell'energia e sui costi dell'energia

l'acquisizione dei dati deve contenere informazioni dettagliate su quando, dove e come l'energia viene utilizzata nella fabbrica.

Occorre raccogliere informazioni sul costo dell'energia relativo. L'acquisizione dei dati deve essere fatta nella forma di un audit. La guida di autodiagnosi contiene le

indicazioni sul come deve essere effettuato l'audit e la lista dei parametri che devono essere considerati.

Per quanto possibile un sistema informativo sull'energia deve essere la fonte dell'informazione. La Miglior Prassi n. 3 fornisce le istruzioni su come dev'essere organizzato un sistema informativo.

Se questo non è ancora stato realizzato le informazioni possono essere reperite presso altre fonti come:

- fatture o contratti di energia
- autorizzazioni , prove , collaudi e rottamazioni, autorizzazioni di attrezzature relative al processo come pure manuali d'uso e di manutenzione.

Come minimo andrebbero riportate le informazioni elencate di seguito: i punti da uno a otto dovrebbero essere già stati raccolti durante la prima fase per cui oggi dobbiamo verificare che non ci siano maggiori vuoti nella disponibilità dei dati. I punti da otto a 14 contengono già il suggerimento di quali dati servano per completare l'analisi dei consumi e delle possibili economie.

- 1 L'attuale livello di gestione dell'energia in azienda
- 2 Il livello attuale di raccolta di misure, registrazioni, analisi dei dati dell'energia (Troverete maggiori dettagli sull'argomento al M.P.3 Come avviare ed utilizzare un sistema Informativo dell'Energia)
- 3 Il livello attuale di comprensione delle fatture di energia
- 4 le attrezzature ed i processi maggiormente energivori
- 5 L'impatto della normativa e della fiscalità sulle questioni energetiche
- 6 I dati relativi al consumo di energia attuali e degli ultimi (tre) anni
- 7 I dati di produzione attuali e degli ultimi (tre) anni
- 8 Le entrate (elettricità, carburante) su base mensile
- 9 Tutti i flussi di energia provenienti da conversioni sul posto su (vapore, acqua calda, eccetera) su base mensile
- 10 Consumi di energia dei principali processi ed attrezzature su base mensile
- 11 Consumi di energia da picchi di carico
- 12 dati mensili sulla produzione, sulle ore di funzionamento dell'impianto e del processo
- 13 dati di produzione e le ore di funzionamento delle principali attrezzature come compressori, refrigeranti e torri di raffreddamento.
- 14 Altri fattori che influenzano il consumo di energia come i dati climatici.

B) definire gli indicatori di prestazione o performance

Il monitoraggio e la contabilizzazione dei valori assoluti non hanno grande interesse nella gestione dell'energia. il consumo di energia deve anche essere posto in relazione con i fattori più importanti che ne condizionano il consumo La tabella 3 mostra alla relazione fra il consumo specifico di gas e volumi di produzione.

TAB. 3 CONSUMO ENERGETICO SPECIFICO COME INDICATORE DELLA PRESTAZIONE

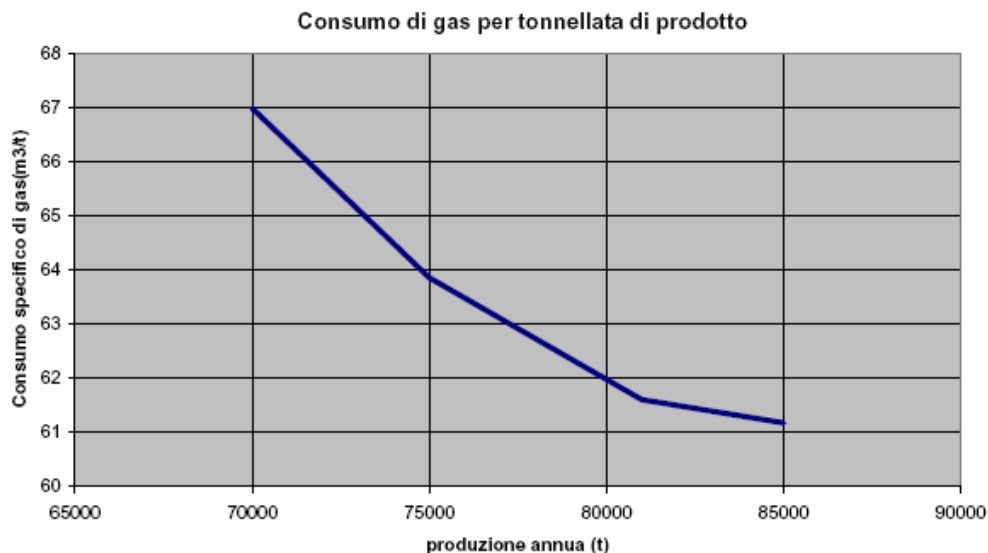
| Anno | | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|--------------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Consumo di gas | m ³ x1000/a | 4990 | 4790 | 4690 | 5200 |
| Volume di produzione | t/a | 81000 | 75000 | 70000 | 85000 |
| Consumo specifico di gas | m ³ /t prod | 61,6 | 63,9 | 67,0 | 61,2 |

La Tabella 3 fornisce il consumo annuo di gas su un periodo di 4 anni di una tipica media azienda chimica con un conto energetico annuo che va dai di €2 ai 3 milioni, più il totale dei volumi di produzione e il consumo annuale di gas varia negli anni. Ma senza altre informazioni non è chiaro quali fattori provochino la variazione. mentre se il consumo di gas

viene rapportato alla produzione annuale il consumo specifico ci darebbe maggiori informazioni sull'andamento dell'efficienza.

La figura 4 mostra il consumo specifico di gas in funzione dei volumi di produzione.

FIGURE 1. RELAZIONE TRA IL CONSUMO SPECIFICO DI GAS ED IL VOLUME DI PRODUZIONE



In un programma di gestione dell'energia ci vorrebbe un attimo per scoprire le ragioni di questo cambio di efficienza e capire cosa si potrebbe fare per migliorare l'efficienza.

Quindi oltre a monitorare il consumo di energia tal quale si dovrebbero ideare degli indicatori di performance che aiutino ad interpretare i fenomeni. Ciò andrebbe fatto in accordo con l'ampiezza e le priorità del programma di gestione, un appropriato monitoraggio degli risultati raggiunti nell'efficienza energetica. ciò comporta un'analisi dei fattori che influenzano il consumo di energia e delle relazioni che esistono tra le varie parti della fabbrica.

Un gruppo di indicatori spesso utilizzato è il seguente:

- consumo globale di energia specifica per unità di prodotto al mese
- il consumo specifico dei punti di maggior consumo di energia
- La distribuzione del carico e carico di picco dei maggiori energivori
- il consumo di energia destinato a riscaldamento, condizionamento e ventilazione degli edifici.

Andrebbero dunque sviluppati degli indicatori di performance che gli operatori possono usare quotidianamente. In molti paesi europei le condizioni meteorologiche possono avere una grande influenza sul consumo di energia specialmente per ciò che riguarda il riscaldamento e l'illuminazione. Ulteriori spiegazioni sono fornite al capitolo Migliore Prassi "2" che contiene esempi di indicatori di performance

Andrebbero dunque sviluppati degli indicatori di performance che gli operatori possono usare quotidianamente. In molti paesi europei le condizioni meteorologiche possono avere una grande influenza sul consumo di energia specialmente per ciò che riguarda il riscaldamento e l'illuminazione. Ulteriori spiegazioni sono fornite al capitolo Migliore Prassi "2" che contiene esempi di indicatori di performance.

C) Analisi delle tendenze

Conoscendo il trend storico degli indicatori di performance diventa possibile eseguire una analisi approfondita dell'efficienza energetica. Quando si inizia la prima volta occorre definire un anno di riferimento e dei valori di riferimento.

Solitamente si utilizzano quelli del primo anno del programma di gestione dell'energia. L'andamento della tendenza rende evidente quanto sostenibili siano i risultati ottenuti in quanto siano credibili gli obiettivi fissati. questi dati possono essere utilizzati e una stima accurata del fabbisogno di energia per la produzione

MP 1 3.3. Fase 2 Fissare gli obiettivi di risparmio energetico

Gli obiettivi devono essere fissati sistematicamente..Il punto di partenza devono essere solidi performance e le informazioni sulle impiego di energia e i costi raccolti nella fase precedente. Gli obiettivi devono essere misurabili, ambiziosi ma raggiungibili. Gli obiettivi devono essere realistici per non fare perdere credibilità al programma.

per definire obiettivi raggiungibili è necessario stimare l' entità del risparmio energetico e si vuole ottenere.

E intraprendere le azioni seguenti:

- stimare il potenziale di miglioramento dell'efficienza energetica in differenti aree della fabbrica
- determinare quali miglioramenti sono possibili con gli impianti attuali
- convocare riunioni con i diversi dipartimenti e le persone dei vari reparti per conoscere quale contributo possono fornire alla realizzazione di risparmi energetici
- verificare se il sistema formativo è adatto a fornire le informazioni necessarie e le analisi richieste.

Nel selezionare gli obiettivi va tenuto conto della facilità di raggiungerli. Per questo gli investimenti necessari presentano un momento importante nel processo decisionale.

dal punto di vista del costo impossibile distinguere fra buona manutenzione ordinaria (diligenza del buon padre di famiglia-1176 CC), obiettivi di ritorno dell'investimento e obiettivi strategici.

A) Diligenza (del buon padre di famiglia)

Questo punto si riferisce al modo con cui vengono utilizzati impianti ed attrezzature, che sia il più efficiente possibile queste misure comprendono miglioramenti delle procedure di acquisto dell'energia e del controllo delle fatture azioni basate sulla diligenza sono facili da adottare e costano poco o nulla.

Quando si inizia per la prima volta con la gestione dell'energia si raccomanda di iniziare da iniziative basate sulla diligenza.

Per esempio un obiettivo di operare secondo i principi della diligenza nella fabbrica può far ottenere una riduzione del consumo di energia del 5% controllando le perdite di vapore e di condensa.

La Tabella 4 riporta una serie di esempi di applicazione dei criteri di diligenza concentrati nelle aree seguenti:

- manutenzione generale dell'impianto
- installazione dell'impianto
- generazione di vapore e distribuzione
- riscaldamento, ventilazione, aria condizionata e illuminazione
- sistema di aria compressa
- raffreddamento
- motori elettrici

Troverete informazioni più dettagliate su questi argomenti a proposito delle migliori prassi.

E' importante dare priorità alla diligenza piuttosto che partire con tutti i temi in una volta. conviene invece darsi delle priorità come:

- il risparmio maggiore
- i risultati più veloci
- il miglior numero di fermate sull'impianto

Un elenco di interventi possibili nell'ambito della diligenza è riportato nella tavola 4

TABELLA 4 DILIGENZA DEL BUON PADRE DI FAMIGLIA (ART.1176 C.C.)

| Area | Descrizione |
|--|--|
| Generale | Viene eseguita regolare manutenzione sulle apparecchiature di processo, dell'energia e sulla strumentazione di servizio. Le procedure per la Manutenzione sono documentate in appositi manuali. |
| Processi | Le condizioni operative di processo ed le impostazioni della strumentazione sono regolarmente controllate |
| | Vengono verificate regolarmente le modalità di utilizzo dell'energia |
| | I profili di carico sono controllati per verificare la possibilità di utilizzare una richiesta energetica più stabile |
| | Sono state ottimizzate le operazioni a lotti sia per ciò che riguarda il fabbisogno, sia l'acquisto di energia; sono stati effettuati i controlli dei costi delle maggiori richieste addizionali di energia. |
| Vapore | Le caldaie vengono verificate e viene eseguita la manutenzione regolarmente, almeno annualmente. Deve essere messi in atto un sistema di manutenzione preventiva e tenga conto del tipo di bruciatore e di caldaie |
| | La pressione del vapore è impostata al livello minimo accettabile per la distribuzione del vapore alle utenze. I picchi di fabbisogno di vapore (regolari o irregolari) sono stati analizzati attentamente e sono evitati, laddove possibile |
| | Viene tracciata l'efficienza delle caldaie su base mensile |
| | Se è in funzione più di una caldaia in parallelo, viene effettuata una gestione dei carichi al fine di ottimizzare l'efficienza generale |
| | Vengono minimizzate le perdite al camino della caldaia portando l'aria di combustione in eccesso al livello minimo richiesto (prendendo sufficienti margini di sicurezza per l'eccesso di O ₂ nella canna fumaria della caldaia). Il sistema di sicurezza è conforme agli standard di sicurezza e viene testato regolarmente per permettere un controllo ottimale del minimo eccesso di aria di combustione |
| | L'isolamento della caldaia, delle tubazioni e delle valvole (isolamento rimovibile) è in buone condizioni |
| | Il trattamento chimico dell'acqua della caldaia e della condensa di ritorno è fissato ad uno standard tale da evitare corrosione ed incrostazioni, la quantità di spurgo di sicurezza della caldaia è calibrata sul minimo richiesto |
| | La pressione del degasatore è impostata al livello minimo accettabile per la rimozione di gas non condensabili derivati dall'acqua di alimentazione della caldaia Il funzionamento del degasatore è controllato regolarmente |
| | Il sistema di disidratazione (<i>De-watering</i>) del sistema di distribuzione del vapore è installato correttamente e le valvole del vapore in funz. sono verificate regolarmente |
| | Vengono effettuati controlli sulle perdite di vapore e le perdite sono riparate |
| | Vengono eseguite regolari ispezioni e riparazioni sull'isolamento delle tubazioni |
| | Le superfici degli scambiatori di calore sono controllate regolarmente per la formazione di incrostazioni e sporcizia, esse vengono pulite se necessario |
| | Aria Compressa |
| Si evita un utilizzo non necessario dell'aria compressa, e si introduce una lista di riscontro per le utenze | |
| Vengono sostituiti i dispositivi per l'aria obsoleti (quali ugelli a spruzzo) | |
| | La pressione nel sistema è tenuta ad un livello minimo accettabile, tenendo conto del tipo di fabbisogno e del volume dei recipienti di stoccaggio |

| | |
|--|---|
| | Viene verificato l'incremento di piccole utenze che richiedono un'alta pressione così che il sistema della pressione possa essere ridotto |
| | La capacità dei recipienti a pressione è verificata in relazione allo schema di consumo al fine di ottimizzare il consumo energetico del compressore |
| | Viene prodotta aria secca e priva di olio |
| | Gli essiccatori (dryers) operano ad un appropriato punto di rugiada fissato per la qualità d'aria richiesta |
| | Vengono misurati il volume e la pressione dell'aria |
| | L'utilizzo energetico dei compressori ad aria è misurato e messo in relazione con il volume d'aria prodotto |
| | Si verifica la gestione ottimale dei carichi con compressori multipli in funzione |
| | Si verifica l'utilizzo dell'energia per il raffreddamento dei compressori |
| | Vengono eseguite regolari manutenzioni della strumentazione ad aria compressa e sostituiti i filtri |
| Refrigerazione | Le unità di refrigerazione operano ad una corretta temperatura impostata |
| | Sono regolarmente controllate eventuali perdite nel sistema di refrigerazione ed esse vengono riparate |
| | Viene eseguita una manutenzione annuale sulle unità di refrigerazione |
| | Gli evaporatori sono sbrinati regolarmente |
| | I condensatori sono tenuti puliti |
| | L'isolamento delle tubazioni è mantenuto in buone condizioni |
| Riscaldamento, Condizionamento (HVAC) ed Illuminazione | gli scambiatori sono ispezionati e soggetti a manutenzione periodicamente (almeno annualmente) |
| | Viene eseguita regolare manutenzione sulle apparecchiature. Ad esempio, ventilatori e condutture dell'aria sono puliti e i filtri sostituiti periodicam. |
| | Gli evaporatori ed i condensatori delle unità di condizionamento sono tenuti puliti e soggetti ad una buona manutenzione |
| | Valvole termostatiche sono state installate sui radiatori, laddove appropriato |
| | Sono stati stabiliti i requisiti minimi di riscaldamento per le singole aree degli edifici e i termostati di sala sono impostati correttamente per il controllo del clima (riscaldamento, raffreddamento, umidificazione) |
| | Le unità di condizionamento sono impostate su parametri corretti di operatività, ad esempio, è escluso il funzionamento contemporaneo di riscaldamento e condizionamento |
| | Sono investigate misure di conservazione dell'energia, quali isolamento, protezione dalla luce naturale proveniente dall'esterno |
| | Gli elementi di riscaldamento non necessario vengono spenti |
| | Le finestre rotte vengono riparate |
| | Vengono spente le luci quando non sono necessarie |
| | Vengono utilizzati degli interruttori a rilevamento di presenza per l'accensione e lo spegnimento delle luci |
| | Sono state sostituite le lampadine al tungsteno con lampadine compatte fluorescenti più efficienti, laddove adeguato |
| | È stata considerata l'illuminazione fluorescente ad alta frequenza, dove appropriato |
| | L'illuminazione esterna è limitata alle ore di buio |
| | L'illuminazione esterna delle aree non frequentate è tenuta al minimo; dove appropriato sono utilizzati degli interruttori a rilevamento di presenza su tale luci |
| | È stata considerata la suddivisione di aree di illuminazione per l'installazione di interruttori individuali |
| Motori ed azionamenti | Ventilatori, pompe, ecc vengono spenti se non necessari |
| | È stata considerata l'applicazione di interruttori d'avvio per la strumentazione che viene accesa e spenta di frequente, per evitare picchi di fabbisogno non necessari |
| | È stata considerata l'installazione di motori elettrici ad alta efficienza |
| | È stato considerato il controllo della frequenza sui motori elettrici per risparmiare energia in operazioni a carico parziale |

B) Obiettivi di Ritorno Economico (Pay back)

Questi sono obiettivi che si focalizzano su modifiche, ad esempio, in processi o apparecchiature che possono essere realizzate con una percentuale di ritorno economico accettabile.

Essi richiederanno investimenti ed implementazioni in termini di tempo e dovrebbero essere realizzati attraverso normali procedure di investimento. Il criterio economico che viene spesso utilizzato per gli investimenti in questo tipo di misure è una minima percentuale di ritorno sull'investimento (IRR). Generalmente, le aziende utilizzano un IRR del 15% o più per gli investimenti sull'energia. Questo equivale ad un ammortamento inferiore ai 4 anni, che comunque può variare di azienda in azienda.

Gli obiettivi di questa categoria possono prevedere:

Miglioramenti nell'efficienza delle caldaie attraverso l'installazione di economizzatori;
L'installazione di motori ad efficienza energetica sulla strumentazione chiave.

Queste misure sono generalmente implementate per raggiungere ulteriori obiettivi di risparmio energetico, una volta che sono state messe in atto con successo le misure di buon mantenimento dell'impianto ed è già stato raggiunto il risparmio energetico atteso.

C) Obiettivi Strategici

Tali obiettivi implicano investimenti strategici sull'energia, che sono legati, ad esempio, a questioni di licenze operative (cambio di combustibile, rinnovo della strumentazione di processo, sostituzione delle caldaie a causa delle norme sulle emissioni, etc.) oppure a causa di cambiamenti sostanziali nel consumo energetico dell'impianto. Gli obiettivi strategici, inoltre, hanno un ruolo importante nelle decisioni per gli investimenti in nuovi processi e in nuove attrezzature di processo. Queste misure generalmente richiedono investimenti significativi, che potrebbero non soddisfare le percentuali di ritorno economico attese, ma esistono altre motivazioni che spingono perché vengano adottate.

Questa categoria potrebbe includere:

Miglioramento dell'efficienza generale, attraverso l'installazione di un sistema di condensa di ritorno nell'impianto;

Produzione congiunta di Energia Elettrica e Calore.

La classificazione per costi vi aiuta a determinare i vostri obiettivi. Ricordate di analizzare ed aggiornare gli obiettivi periodicamente (vedi fase 5).

MP1 4.2. Fase 3 Sviluppare un Piano d'Azione

Una volta definiti gli obiettivi, il passo successivo è quello di dare inizio ad azioni concrete per raggiungere tali obiettivi. Ogni obiettivo dovrebbe essere supportato da una lista di azioni programmate per raggiungerlo. Dovreste documentare le azioni in un piano d'azione e ciò vi permetterà di monitorare e valutare le vostre attività in un momento successivo e di aggiornare il piano d'azione.

L'*energy manager* dovrebbe coordinare la programmazione delle attività ed organizzare gli incontri e le discussioni necessari per decidere quali azioni sono da intraprendere. Queste fasi dovrebbero in seguito essere documentate in un piano d'azione. Le informazioni contenute in questa miglior prassi possono essere utilizzate per verificare i miglioramenti delle operazioni in essere. Inoltre, nel caso volesse documentarvi ulteriormente, vedete i riferimenti nell'Annesso 1, che forniscono informazioni significative sulle migliori tecnologie disponibili.

Il piano d'azione può contenere le seguenti informazioni:

- Gli obiettivi generali sull'energia da raggiungere.
- L'attuale consumo energetico della società.
- I valori di riferimento degli indicatori di prestazione.
- Una lista di tutte le azioni programmate e delle attività che sono state decise per

soddisfare il piano d'azione, con l'indicazione dei ruoli e delle responsabilità per la sua realizzazione.

- Una breve descrizione di ogni azione di miglioramento, con i relativi budget e tempi per l'implementazione.
- Le azioni che sono state programmate per migliorare l'acquisto dell'energia.
- Le azioni che sono in programma per la formazione del personale.
- Gli studi e le ricerche programmati riguardanti ulteriori misure tecniche e tecnologiche nelle varie sezioni dell'impianto.

Il piano d'azione dovrebbe essere approvato dalla direzione ed aggiornato periodicamente. Di consueto si farà un aggiornamento all'anno, in ogni caso, nel periodo di avviamento del programma di gestione dell'energia potrebbero essere appropriati aggiornamenti più frequenti.

MP1 3.5. Fase 4: Implementare il Piano d'Azione

Quando il piano d'azione è stato approvato, è possibile cominciare il lavoro sui vari progetti ed azioni. L'*energy manager* dovrebbe monitorare il progresso delle azioni programmate e delle mansioni assegnate e fare periodicamente delle relazioni sull'avanzamento del progetto. Inoltre, egli dovrebbe anche coordinare le seguenti attività:

Promuovere le migliori prassi e la consapevolezza dell'efficienza energetica in azienda.

Formare il personale chiave sull'efficienza energetica.

Fornire informazioni sulle prestazioni energetiche di impianti e processi utilizzati di frequente.

Monitorare l'avanzamento del piano d'azione mensilmente.

Tracciare i dati energetici e gli indicatori di prestazione alle scadenze richieste.

Organizzare e supportare una politica d'acquisto dell'energia.

MP1 3.6. Fase 5: Monitorare e Valutare i Risultati

Mentre il piano d'azione è in essere, dovrete monitorarne e valutarne l'avanzamento periodicamente. Una buona pratica è fare ciò almeno una volta all'anno; nelle prime fasi del programma, potrebbe essere utile farlo più spesso.

Il Monitoraggio e la Valutazione comprendono i seguenti passi:

- analisi regolari dell'utilizzo dell'energia nell'impianto, ad esempio facendo dei controlli periodici sull'energia,
- la valutazione dei risultati delle azioni sull'energia e sul funzionamento del piano d'azione, ma anche
- la revisione formale, ad esempio una volta l'anno, dei risultati ottenuti sugli obiettivi fissati.

Il controllo regolare dell'effettivo utilizzo di energia si concentra sulle operazioni quotidiane e sulla diligente manutenzione. Questo controllo permette anche di sapere con anticipo che le prestazioni dell'impianto, del processo o della strumentazione si stanno deteriorando fornendo indicazioni di supporto agli operatori di processo per le loro operazioni quotidiane. In aggiunta serve anche a controllare i risultati raggiunti con una manutenzione diligente. L'*energy manager* dovrebbe fare periodici sopralluoghi per verificare lo stato di conservazione. Nel GAD troverete una lista di riscontro che potrete utilizzare per questa attività.

L'avanzamento del piano d'azione dovrebbe essere monitorato con regolarità, ad esempio una volta al mese. Facendo la revisione del piano d'azione, dovrete considerare i seguenti punti:

- Comprensione dell'efficacia del piano d'azione (cosa ha funzionato bene e cosa no).
- Documentare le buone prassi che possono essere condivise all'interno della azienda
- Identificare le azioni correttive necessarie.
- Avere dei riscontri da parte del personale chiave coinvolto nelle azioni..

La revisione formale dei risultati raggiunti nell'ambito dell'efficienza energetica comincia con

un'analisi dei risultati misurati. Consultate la miglior prassi 2 per sapere come dovrete eseguire tale analisi. L'analisi dovrebbe fornire almeno i seguenti risultati:

- Tendenze dei valori relativi ai consumi energetici mensili e all'energia acquistata
- Tendenze dei valori degli indicatori di prestazione energetica.
- Comprensione delle ragioni dell'utilizzo e di prestazioni variabili dell'energia.
- evidenza dei risultati raggiunti in relazione agli obiettivi.
- Verifica delle bollette dell'energia acquistata.

L'*energy manager* dovrebbe redigere una relazione sull'andamento del progetto contenente tutte le informazioni rilevanti derivate dalla valutazione annua. La relazione servirà a:

- Prendere delle decisioni su progetti futuri in ambito energetico.
- Porre le basi per nuovi obiettivi.
- Aggiornare il piano d'azione.
- Proporre dei suggerimenti per il miglioramento del programma di gestione dell'energia

MP1 3.7. Fase 6: Riconoscere e Comunicare i risultati ottenuti

Sia riconoscere che vedere riconosciuti il raggiungimento degli obiettivi del progetto sono entrambi di vitale importanza per la continuità del progetto stesso di gestione dell'energia. Poco importa che il riconoscimento sia conferito all'individuo, alla squadra o alla direzione.

Potete inoltre utilizzare la vostra gestione dell'energia come strumento di marketing. Al fine di ottenere il riconoscimento esterno è essenziale una comunicazione all'esterno degli obiettivi raggiunti.

Ad un certo punto, una volta che il programma di gestione dell'energia ha raggiunto un livello di ragionevole complessità, potrebbe essere utile cercare un riconoscimento da terze parti qualificate.

MP1 3.8. Fase 7: Ri-Verificare il Programma di Gestione dell'Energia

Una volta all'anno l' *Energy Manager*, insieme al gruppo per l'energia dovrebbe ri-verificare il programma di gestione dell'energia. Questa ri-verifica costituisce una revisione ed un aggiustamento della politica energetica e dei relativi obiettivi, una revisione delle procedure di gestione dell'energia, il ri-esame degli strumenti utilizzati ivi compresa la struttura del reporting, e, da ultimo, la riconferma dell'impegno della direzione per un nuovo giro di iniziative intese ad ottenere un ulteriore fase di risparmio energetico

MP 1.4. Ulteriori informazioni

Programma di gestione dell'energia - Esempio di Migliore Prassi

Questo è il programma di gestione dell'energia che una delle aziende partecipanti al CARE+ ha sviluppato grazie al progetto. Questo ha fatto sì che l'azienda si dotasse della struttura organizzativa corretta e di un piano a lungo termine per l'efficienza energetica.

Programma di gestione dell'energia

1.1 obiettivi e ampiezza del programma

- obiettivo: risparmio energetico dei prossimi tre anni non inferiore al 6%
- tutti i tipi di energia e di tutti gli energivori

2. struttura organizzativa del sistema di gestione della energia

Fissare il ruolo e le funzioni del Energy Manager

fissare ruolo e compiti dell'altro partecipante al sistema di gestione energetica

3. Il piano di azione

obiettivo risparmio del 6-7% di energia entro la fine del 2011

| | |
|-------------------------------|------|
| risparmio di energia nel 2010 | 1,5% |
| risparmio di energia nel 1011 | 2,0% |
| risparmio di energia nel 2012 | 2,5% |

MP1 4.1 Ritorno dell'investimento (IRR)

Nella guida di autodiagnosi usiamo come criterio generale la stima del pay-back, tuttavia il tasso di ritorno è un altro fattore importante che dovrete prendere in considerazione quando si fissano le priorità e le misure di risparmio energetico. Questo indice confronta la redditività dei diversi progetti di investimento.

Parlando in generale più è alto il tasso di ritorno del progetto è, più il progetto è preferibile. In questo modo lo IRR può essere usato per mettere in sequenza diversi progetti che un'azienda sta prendendo in considerazione. Facendo l'ipotesi che gli altri parametri siano uguali nei vari progetti il progetto con il tasso di rendimento elevato viene probabilmente considerato il migliore e da intraprendere per primo.

In effetti quello che si fa è analizzare il cash flow nel tempo. Per questo c'è bisogno della sequenza dei valori di cash flow compreso l'investimento iniziale.

Ciò potrebbe essere riassunto dalla seguente tabella:

| | Anno 1 | Anno 2 | Anno 3 | Anno 4 | Anno 5 | Anno 6 | Anno 7 | Anno 8 |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Investimento Iniziale | -3000 | | | | | | | |
| Risparmio | 650 | 650 | 650 | 650 | 650 | 650 | 650 | 650 |
| Total Cash flow | -2350 | 550 | 550 | 550 | 550 | 550 | 550 | 550 |

Tasso iniziale di rendimento interno: 14,1%

Date le coppie (periodo, cash flow) (n, C_n), dove n è un numero intero positivo N il numero totale dei periodi e NPV il valore netto attuale, il ritorno dell'investimento è dato da r nella formula

$$NPV = \sum_{n=0}^N \frac{C_n}{(1+r)^n} = 0$$

Excel offre uno strumento semplice per calcolare il ritorno dell'investimento. E' sufficiente inserire i dati nella sequenza prevista e attivare la funzione IRR

MP1 4.2 Bibliografia.

1. Energy Management Fact Sheet, Carbon Trust publication GIL136
www.carbontrust.co.uk
2. Practical energy management, Carbon Trust publication CTV023,
www.carbontrust.co.uk
3. Guideline for energy management, EPA EnergyStar publication,
www.energystar.gov/index
4. Step by step guidance for the implementation of energy management, handbook Bess Project,
www.bess-project.info
5. The European standard EN 16001.2009 – Energy Management Systems – requirements with guidance for use
<http://www.cen.eu>

Migliore Prassi 2 Analizzare e contabilizzare il consumo di energia

MP2 1. Introduzione

Per gestire il consumo di energia è essenziale capire dove e come l'energia viene utilizzata. Come descritto dal GAD, questo si può ottenere attraverso una normale analisi dell'impiego e del costo dell'energia. L'analisi metterà anche in evidenza quali risparmi sono stati ottenuti e come.

Per poter analizzare le informazioni sull'energia bisogna lavorare con un sistema ordinato di contabilità. Questa parte delle migliori prassi è dedicata alla struttura di un sistema di contabilità dell'energia.

Nel fare l'analisi dell'impiego dell'energia non bisogna limitarsi a guardare il consumo base ma bisogna anche tener conto dei rapporti con fattori che la influenzano. Il capitolo 8 di queste migliori prassi descrive una serie di relazioni che potresti utilizzare.

MP2 2. Quali informazioni devono essere disponibili?

Esiste un minimo di dati da misurare e registrare:

- tutti i flussi e i tipi di energia vanno registrati mensilmente (elettricità, combustibili, ecc.). Il vostro fornitore potrebbe essere l'unica fonte di queste informazioni, ma anche un fornitore parziale. Verificate col vostro fornitore in che misura è in grado di fornirvi i dati richiesti.
- Le fatture di energia fornita nel mese
- Tutte le quantità di energia convertite nel mese (autoproduzione di elettricità, valore, acqua calda)
- Il consumo mensile di energia dei processi e degli impianti principali.
- I dati di consumo corrispondenti al carico di picco nell'ambito di un appropriato intervallo di tempo. Per misurare il consumo di energia corrispondente al carico di picco, per esempio la quantità di elettricità, il consumo di energia dev'essere misurato ad intervalli di tempo brevi, per esempio con le ture ogni mezz'ora. Verificate con il vostro fornitore se sono in grado di estrarre questi dati dai contatori. Se ciò non è possibile dovete utilizzare dei contatori portatili e registrare i dati di carico di picco (MP3).
- I dati della produzione mensile, le ore di funzionamento dei processi principali e degli impianti di processo nonché le attrezzature accessorie come compressori d'aria, torri di raffreddamento e unità refrigeranti. Dati su altri parametri che influiscono sull'uso di energia, come la temperatura ambiente.

MP2 3. Capire quali dati riporta la fattura dell' energia

La fattura d'energia o il contratto, in particolare per ciò che riguarda l'elettricità e il gas contengono informazioni importanti per la vostra analisi del consumo di energia.

Per esempio il gas naturale è misurato attraverso il volume che passa dal contatore, quindi per calcolare la quantità corrispondente di energia bisogna conoscere la qualità del gas. Questo dato viene fornito dal produttore del gas. Soprattutto per ciò che riguarda il gas naturale, fate attenzione alla differenza che corre tra potere calorifico superiore o inferiore. La differenza è circa il 10%. Verificate che questo dato sia specificato sulla fattura oppure chiedetelo al fornitore. Lo stesso principio vale per altri tipi di combustibile come il petrolio o il carbone.

Controllate che tipo di intervallo temporale viene utilizzato sulla vostra fattura del gas (giorno, mese o trimestre). Inoltre la fattura deve specificare la quantità massima oraria prelevata nel mese di riferimento. Questa informazione è utile per ottimizzare la domanda di picco e i costi

collegati alla capacità. Se il vostro sistema informativo dell'energia è in grado di ricevere dati ontime chiedete al vostro fornitore se potete ricevere le sue letture.

La quantità di elettricità si misura in kilowatt/ora. La fattura normalmente riporta la domanda di picco nel mese di riferimento e la potenza reattiva (riferita al fattore di potenza) che voi avete prelevato. E' importante capire la differenza tra kW, kVA, kVAr. Cercate di rendervi conto del sistema tariffario usato dal fornitore e verificate che sia corretto. Verificate col vostro fornitore gli intervalli di tempo che intercorrono fra le letture. Se possibile le letture andrebbero effettuate ogni mezz'ora. Discute col fornitore se è in grado di comunicarvi queste letture, dato che vi consentirebbero di analizzare la vostra domanda di carichi di picco. Verificate le quantità di gas naturale e di elettricità e se il consumo si è mantenuto entro i limiti contrattuali per evitare l'applicazione di penali.

MP2 4. Potere calorifico superiore (PCS) e potere calorifero inferiore (PCI)

Il contenuto di energia dei combustibili può essere espresso in potere calorifico superiore o potere calorifico inferiore. La differenza è costituita dal calore di condensazione dell'acqua che si forma durante la combustione. Normalmente l'energia contenuta nei combustibili è espressa come PCI. La differenza per il gas naturale è circa il 10%. In aggiunta, i prezzi di mercato sono dati in E/MWh PCS, mentre la lettura del contatore è espressa in Nm³. Sugeriamo di fare tutti i calcoli relativi all'energia sulla base del PCI. La tabella 5 fornisce i fattori di conversione per il gas naturale.

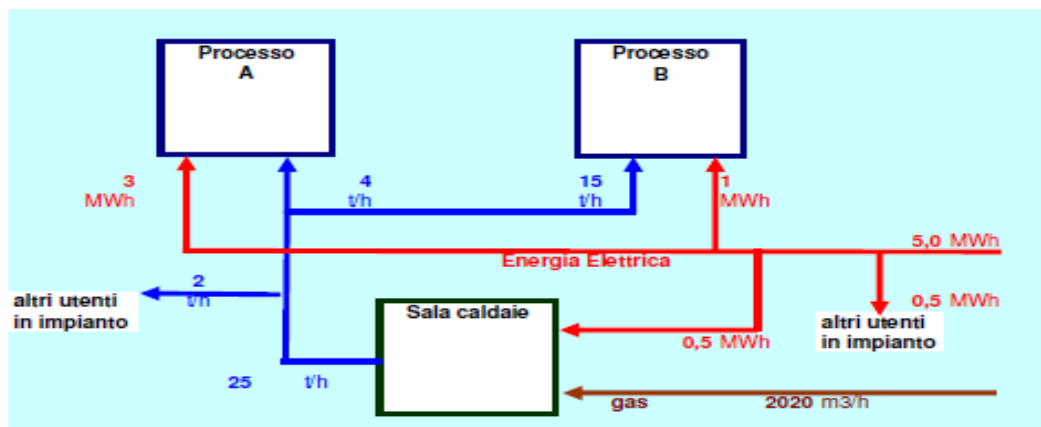
TABELLA 5

| Da HHV | A LHV |
|--------|---------|
| 1 MWh | 0.9 MWh |
| | 3.24 GJ |
| 1 GJ | 0.9 GJ |

MP2 5. Contabilità dell'energia

Nel creare il vostro sistema di contabilità, dovete selezionare le unità di misura appropriate con cui esprimere l'energia. Raccomandiamo di usare le unità del sistema internazionale, cioè il Joule per energia (trovate maggiori informazioni sulle unità del sistema internazionale al capitolo 9.1 di queste miglior prassi). Come base per tutte le vostre analisi dovete misurare i saldi dell'energia consumata mensilmente. I saldi dovrebbero riportare tutti gli acquisti di energia e dove è stata impiegata, nonché tutte le attività di conversione e dove sono state utilizzate. Questo permette di identificare i maggiori punti di consumo della fabbrica, e la relativa tendenza. Nella guida all'autodiagnosi trovate un set completo di modelli per la contabilizzazione dell'energia.

La figura 5 vi dà un esempio di contabilità mensile dell'energia di una azienda di medie dimensioni con uno schema di flusso semplificato relativo all'impianto che è stato analizzato. Sulla base dei dati mensili e delle ore di utilizzo, è possibile calcolare i flussi orari. Se non vi è possibile arrivare ai flussi orari, potete comunque utilizzare il dato mensile.

FIGURA 5 SCHEMA DI FLUSSO DELL'IMPIANTO


La contabilità dell'energia è illustrata nel prossimo set di tabelle. La prima contabilità dell'energia riguarda i dati finanziari e gli acquisti mensili, oltre al punto di utilizzo dell'impianto (tabella 6 e 7). Attenzione, i dati non si riferiscono alla figura 5.

TABELLA 6 DATI ECONOMICI MENSILI

| Dati economici Mensili | Produzione totale | Costi dell'energia | Costi totali della produzione | Fatturato | Margine di contribuzione | Ritorno sul fatturato | Costi dell'energia/costi totali | Costi dell'energia per tonn prodotta |
|------------------------|-------------------|--------------------|-------------------------------|-------------------|--------------------------|-----------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| | Tonnellate | | | | | | | |
| Gennaio | 27,000 | | | | | | | |
| Febbraio | | | | | | | | |
| Marzo | | | | | | | | |
| Aprile | | | | | | | | |
| Maggio | | | | | | | | |
| Giugno | | | | | | | | |
| Luglio | | | | | | | | |
| Agosto | | | | | | | | |
| Settembre | | | | | | | | |
| Ottobre | | | | | | | | |
| Novembre | | | | | | | | |
| Dicembre | | | | | | | | |
| TOTALE | 293,000 | 1.665.407 | 12.660.000 | 15.400.000 | 2.740.000 | 17,8% | 13,2% | 5,68 |

TABELLA 7 CONTABILITA' MENSILE DEGLI ACQUISTI DI ENERGIA/ELETTRICITA'

| Contabilizzazione mensile degli acquisti di energia - Elettricità | Quantità | Domanda di picco | Costo unitario | Totale altri addebiti | Costo Totale | Emissioni di CO2 |
|--|--------------|------------------|----------------|-----------------------|----------------|------------------|
| | Tonnellate | | | | | |
| Gennaio | | | | | | |
| Febbraio | | | | | | |
| Marzo | | | | | | |
| Aprile | | | | | | |
| Maggio | | | | | | |
| Giugno | | | | | | |
| Luglio | | | | | | |
| Agosto | | | | | | |
| Settembre | | | | | | |
| Ottobre | | | | | | |
| Novembre | | | | | | |
| Dicembre | | | | | | |
| TOTALE | 4.475 | | 47,58 | 17.500 | 230.439 | 2.805 |

A questo punto va inclusa l'energia convertita sull'impianto come il calore o l'acqua calda. La tabella 8 illustra la quantità di energia convertita.

TABELLA 8 VOLUMI DI CONVERSIONE DELL'ENERGIA – ESEMPIO DI UNA CALDAIA A VAPORE

| Volumi di conversione di energia | Tonnellate di vapore | Vapore calcolato | Entalpia | Calore | Quantità combustibile di | | Efficienza caldaia | Costo totale vapore | Costo vapore per tonn. |
|----------------------------------|----------------------|------------------|-------------------|------------------|--------------------------|------------------|--------------------|---------------------|------------------------|
| | tonnellate | Tonn. | MJ | MWh | Nm3 | MWh | % | € | € |
| Gennaio | | | | | | | | | |
| Febbraio | | | | | | | | | |
| Marzo | | | | | | | | | |
| Aprile | | | | | | | | | |
| Maggio | | | | | | | | | |
| Giugno | | | | | | | | | |
| Luglio | | | | | | | | | |
| Agosto | | | | | | | | | |
| Settembre | | | | | | | | | |
| Ottobre | | | | | | | | | |
| Novembre | | | | | | | | | |
| Dicembre | | | | | | | | | |
| TOTALE | 0 | 35,177 | 90.253.612 | 25.070.45 | 2.950.000 | 30.573.72 | 82,00% | 690.792 | N/A |

Il prossimo passaggio prevede di sommare tutte le energie acquistate e convertite sul posto comprendendo i dati di produzione e gli altri fattori che possono influenzare i consumi (tabella 9). Il CARE+ GAD vi offre i fogli Excel che vi permettono di esaminare l'intero processo.

TABELLA 9 CONTABILIZZAZIONE MENSILE DELL'ENERGIA CONSUMATA SULL'IMPIANTO

| Modulo Calcolo mensile dell'utilizzo dell'energia in impianto | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------|--|---------|-------|---------|------|---------|-------|---------|-----|-----------------|------|
| Anno | | 2009 | | | | | | | | | | |
| Mese | | Febb. | | | | | | | | | | |
| Produzione: | | Unità | | | | | | | | | | |
| Prodotto A | | 15000 tonnellate | | | | | | | | | | |
| Prodotto B | | 2000 tonnellate | | | | | | | | | | |
| Condizioni Ambientali | | Unità | | | | | | | | | | |
| Gradi giorno | | 250 | | | | | | | | | | |
| Temp ambiente media | | 3 °C | | | | | | | | | | |
| | Quantità tot utilizzata | Unità | Unità 1 | | Unità 2 | | Unità 3 | | Unità 4 | | Bilancio In/Out | % |
| | | | In | Out | In | Out | In | Out | In | Out | | |
| Produzione | | ad es. tonnellate | | 15000 | | 2000 | | | | | | |
| Energia Elettr. | 2000 | MWh el | 500 | 0 | 600 | 0 | 200 | 0 | 500 | 0 | 200 | 10,0 |
| Gas Naturale | 1100 39270 | Nm ³ x 1000 GJ LHV | 0 | 0 | 380 | 0 | 720 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 |
| | | | 0 | 0 | 13566 | 0 | 25704 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 |
| Olio Gas | 0 | litri | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | 0,0 |
| | 0 | GJ LHV | 0,0 | | 0,0 | | 0,0 | | 0,0 | | 0 | 0,0 |
| Vapore | 14000 35000 | tonnellate GJ sec ³¹ | 7000 | | 5000 | | | 14000 | 1000 | | 1000 | 7,1 |
| | | | 17500 | | 12500 | | | 35000 | 2500 | | 2500 | 7,1 |
| Ritorno di Condensa | 8000 3600 | m ³ GJ sec ³¹ | | 6000 | | 2000 | 8000 | | | 0 | 0 | 0,0 |
| | | | | 2700 | | 900 | 3600 | | | 0 | 0 | 0,0 |

Le quantità di energia vengono specificate nelle unità solitamente utilizzate (ad esempio tonnellate, Nm³, ecc.) e in GJ. In questa forma le quantità non possono essere sommate, in quanto si riferiscono a grandezze differenti. Viene fatta una distinzione fra

- energia primaria (tutti i combustibili) e
- energia secondaria (cioè tutti i tipi di energia utilizzabile provenienti dalla conversione dei combustibili). Per rendere confrontabili le due forme di energia è possibile convertirle tutte in energia primaria equivalente. Eventuali maggiori dettagli sono descritti nella miglior prassi alla sezione 2.6.

L'ultima fase della contabilizzazione è costituita da una visione generale di tutte le quantità di energia espresse in energia primaria equivalente (vedi tabella 10).

TABELLA 10 CONTABILIZZAZIONE DELL'ENERGIA PRIMARIA

| Modulo Utilizzo mensile in impianto di energia in equivalenti di energia primaria (Unità = GJ LHV) | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|-------|----------------------|---------|------|---------|------|---------|-------|---------|-----|------|
| Anno | | 2009 | | | | | | | | | | |
| Mese | | Febb | | | | | | | | | | |
| Produzione: | | Unità | | | | | | | | | | |
| Prodotto A | | 15000 | | | | | | | | | | |
| Prodotto B | | 2000 | | | | | | | | | | |
| Condizioni Ambientali | | Unità | | | | | | | | | | |
| Gradi giorno | | 250 | | | | | | | | | | |
| Temp ambiente media | | 3 °C | | | | | | | | | | |
| | Totale Impianto | | Q.tà tot. utilizzata | Unità 1 | | Unità 2 | | Unità 3 | | Unità 4 | | Note |
| | In | Out | | In | Out | In | Out | In | Out | In | Out | |
| Produzione (ad es. tonnellate) | | | | 15000 | | 2000 | | | | | | |
| Energia Elettr. | 18000 | | 18000 | 4500 | 0 | 5400 | 0 | 1800 | 0 | 4500 | 0 | 1) |
| Gas Naturale | 39270 | | 39270 | 0 | 0 | 13566 | 0 | 25704 | 0 | 0 | 0 | |
| Olio Gas | 0 | | 0 | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | | |
| Vapore | | | 38889 | 19444 | | 13889 | | | 38889 | 2778 | | 2) |
| Ritorno di Condensa | | | 4000 | | 3000 | | 1000 | 4000 | | | 0 | 2) |
| Totale | 57270 | | | 23944 | 3000 | 32855 | 1000 | 31504 | 38889 | 7278 | 0 | |

MP2.6 Come standardizzare le diverse forme di energia

Come già detto, l'analisi dell'energia spesso comporta l'uso di forme differenti (elettricità, gas naturale, vapore, acqua calda, ecc.) che possono essere ricondotte a due categorie principali:

- i diversi combustibili come forma primaria di energia
- le diverse forme di energia, come l'elettricità e il calore come forme secondarie.

Queste forme di energia non sono direttamente confrontabili perché sono di qualità diversa e quindi hanno prezzi diversi. Per esempio un kW/h di elettricità può costare 0.10 euro, mentre un kW/h di vapore può costare 0.02 euro per kW/h di vapore. Questa differenza di prezzi è dovuta al fatto che è comunque necessaria una quantità di energia primaria per produrre diverse forme di energia secondaria, come l'elettricità e il vapore.

Nell'analisi dell'energia questa differenza va contabilizzata convertendo le forme di energia secondaria, come l'elettricità e il calore, in flussi primari equivalenti. Il fattore di conversione è una efficienza standard col quale viene generata energia secondaria: efficienza standard nel caso di generatori di elettricità e efficienza standard di caldaia per la produzione di vapore. Una volta che queste correzioni dei flussi di energia sono state prese in carico, i flussi sono confrontabili e possono essere sommati per calcolare ad esempio gli indicatori di performance energetica.

La figura 5 del capitolo 5 mostra come funziona questo principio. Nell'esempio si fa l'ipotesi di un impianto alimentato da una caldaia centrale e due aree principali di processo. Lo schema di base mostra l'ingresso di quantità di energia primaria e la distribuzione delle quantità di energia secondaria utilizzata. I flussi di energia nella loro forma originaria sono indicati nella tabella di sintesi numero 11.

TABELLA 11 FLUSSI DI ENERGIA ORARIA

| Flussi di energia per ora misurati: | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------|----------|--------------|----------|----------|--------------|
| Energia da | Unità | Acquisto | Sala caldaie | Processo | Processo | altri utenti |
| | | | in | A | B | in |
| | | | out | in | in | in |
| Gas | Nm ³ /h | 2020 | 2020 | | | |
| Energia El | MWh | 5,0 | 0,5 | 3 | 1 | 0,5 |
| Vapore | tonnes/h | | | 4 | 15 | 2 |

In queste unità le quantità di energia non sono confrontabili e il vapore è ancora espresso in tonnellate/ora. Per calcolare il calore contenuto nel vapore condensato e nel flusso di acqua calda, bisogna conoscere la temperatura e la pressione di questi flussi. Disponendo di queste informazioni si può trovare il valore dell'entalpia (come kJ/kg = MJ/ton). Questi dati si trovano nei manuali sulle proprietà dell'acqua. Conoscendo i valori dell'entalpia il contenuto della quantità di vapore può essere calcolato GJ di vapore (in questo esempio l'entalpia di una tonnellata di vapore è 2800 MJ). Anziché i GJ potete usare anche i mW/h per esprimere il calore contenuto a condizione di essere coerente con tutti i tipi di energia.

La tabella 12 dà le quantità di energia espresse in GJ (primaria e secondaria) riferita a ogni flusso illustrato nella tabella 11.

TABELLA 12 FLUSSI DI ENERGIA E CONVERSIONE IN UNITÀ DI MISURA COMUNI

| Quantità di Energia per ora: | | Acquisto | Sala Caldaie | | Processo | Processo | Altri utenti |
|------------------------------|--------------------|----------|--------------|------|----------|----------|--------------|
| Energia da | | | in | out | A in | B in | |
| Gas | Nm ³ /h | 2020 | 2020 | | | | |
| Gas | GJ/h | 72,1 | 72,1 | | | | |
| Energia El | MWh | 5,0 | 0,5 | | 3,0 | 1,0 | 0,5 |
| | GJ el/h | 18,0 | 1,8 | | 10,8 | 3,6 | 1,8 |
| Vapore | t/h | | | 25 | 4 | 15 | 2 |
| | GJ vapore/h | 0,0 | 73,9 | 70,0 | 11,2 | 42,0 | 5,6 |

La tabella 13 dà tutte le quantità di energia come equivalenti di energia primaria in GJ. I combustibili sono già flussi di energia primaria; la sola conversione necessaria riguarda il passaggio da Nm³ a GJ. Inoltre l'elettricità è convertita in energia primaria in GJ assumendo un'efficienza del 40%. Il vapore è convertito in energia primaria in GJ assumendo un tasso di efficienza del 90% (vedi tabella 14).

TABELLA 13 FLUSSI DI ENERGIA IN UNITA' PRIMARIE

| Quantità di energia per ora in equivalente primaria: | | Acquisto | Sala Caldaie | | Processo | Processo | Altri Utenti |
|--|----------|----------|--------------|------|----------|----------|--------------|
| Energia da | | | in | out | A in | B in | |
| Gas | GJprim/h | 72,1 | 72,1 | | | | |
| Energia El | GJprim/h | 45,0 | 4,5 | | 27,0 | 9,0 | 4,5 |
| Vapore | GJprim/h | | | 77,8 | 12,4 | 46,7 | 6,2 |
| Totale | GJprim/h | 117,1 | 76,6 | 77,8 | 39,4 | 55,7 | 10,7 |

Il risultato finale è che i flussi di energia convertiti in energia primaria possono ora essere sommati ed utilizzati per l'analisi degli impieghi. I fattori di conversione usati per trasferire l'energia secondaria in primaria sono riportati nella tabella 14.

TABELLA 14 FATTORI DI CONVERSIONE

| Formula di calcolo per convertire l'en. elettrica ed il calore in energia primaria come GJ PCI | | |
|--|------------------------|-------------------|
| | Dalla Forma Secondaria | In Forma Primaria |
| En. Elettrica 1) | kWh el | MJ prim |
| | 1 | x 9 |
| Vapore 2) | MJ vapore | MJ prim |
| | 1 | x 1.1 |
| Condensa 2) | MJ cond | MJ prim |
| | 1 | x 1.1 |
| Acqua Calda 2) | MJ acqua calda | MJ prim |
| | 1 | x 1.1 |

Formula:

1) Per l'energia elettrica viene utilizzato un'efficienza standard del 40 %:
1 kWh el = 3.6 MJ el = 3.6/0.4 = 9 MJ energia primaria

2) Per Vapore, condensa e acqua calda viene utilizzata un'efficienza standard del 90 %:
1 GJ vapore = 1/0.9 = 1.1 GJ energia primaria

Questa conversione può essere facilmente effettuata con gli strumenti di analisi del sistema informativo. Per gli usi pratici si raccomanda di usare due fattori di conversione dell'efficienza -per l'elettricità 40%

-per il vapore 90%

MP2 7. Fattori di conversione dell'energia

L'energia si esprime in forme differenti, per un programma di gestione dell'energia è auspicabile lavorare il più possibile con il sistema internazionale di unità, con pochi adattamenti:

- per la pressione il bar è più facilmente utilizzabile del pascal
- per la temperatura il grado celsius viene usato invece del grado kelvin

MP2 7.1 Fattore di conversione unitario

L'unità di base per l'energia è il joule, per evitare numeri troppo grossi normalmente si usano i gigajoule.

| Simboli | Prefisso | Dimensione |
|---------|----------|---|
| PJ | peta | 10 ¹⁵ J 10 ¹² kJ |
| TJ | tera | 10 ¹² J 10 ⁹ kJ |
| GJ | giga | 10 ⁹ J 10 ⁶ kJ |
| MJ | mega | 10 ⁶ J 10 ³ kJ |
| kJ | kilo | 10 ³ J |

Fattori di conversione dell'energia più diffusi

| Da | A | Conversione |
|-------|----|-------------|
| kcal | kJ | 4,19 |
| Btu | kJ | 1,055 |
| Therm | MJ | 105,5 |
| kWh | kJ | 3600 |

Calore contenuto nei combustibili

Questi valori possono cambiare sensibilmente in funzione della provenienza e del tipo di lavorazione subita.

| Combustibile | Unità ¹⁾ | Contenuto energ. | Note |
|--------------------|----------------------------------|------------------|---------------|
| Gas Naturale | kJ/Nm ³ ²⁾ | 35670 | |
| Gas/diesel oil | MJ/t | 45500 | Litri/t: 1155 |
| LSFO ³⁾ | MJ/t | 43600 | l/t: 1014 |
| Carbone | MJ/t | 26900 | |

note:

1) tutte le cifre di contenuto calorifico espresse in LHV

2) Nm³ = volume standardizzato a 25 C

3) Olio Combustibile a basso contenuto di Zolfo

Cercate di capire in quale forma l'energia viene consegnata e addebitata sul relativo conto. Nella lista sotto riportata sono elencate le forme più comuni di energia e le relative dimensioni.

| Tipo di energia | Dimensioni | Note |
|-------------------|---------------------------|------|
| Energia Elettrica | MWh o kWh | |
| Gas naturale | Nm ³ o MWh HHV | 1) |
| Calore | MWh o GJ LHV | 2) |

| | | |
|---------|----------------------------|----|
| Vapore | Tonnellate o MWh or GJ LHV | 2) |
| Olio | M ³ | |
| Carbone | Tonnellate | |

Note: HHV sta per Potere Calorifico Superiore (Higher Heating Value). Il contenuto energetico dei combustibili può essere espresso in Potere Calorifico Superiore e Potere Calorifico inferiore. Per il gas naturale, il HHV è approssimativamente maggiore del 10 % rispetto al LHV.

Il calore è normalmente espresso in MWh o GJ basati sul LHV; 1 MWh = 3.6 GJ

Il vapore può essere espresso in tonnellate oppure in contenuto di calore (MWh o GJ). Se è specificato in tonnellate, anche la pressione e la temperatura devono essere note per poter calcolare il contenuto di calore.

MP2 8. Cosa si deve analizzare e come lo si deve fare?

MP 2 8.1. Introduzione

Nel precedente capitolo si sono fornite le spiegazioni essenziali per raccogliere e preparare le informazioni necessarie per effettuare l'analisi. Questo capitolo tratta nello specifico di come vanno utilizzate le informazioni e del tipo di analisi che devono essere condotte.

L'analisi dovrebbe fornire almeno i seguenti dati:

- volumi di acquisto e consumi annuali di energia nonché trend mensili
- trend degli indicatori di sviluppo della performance energetica
- comprensione dei motivi di un uso variabile dell'energia e delle performance
- evidenza dei risultati raggiunti rispetto agli obiettivi fissati
- informazioni sulla suddivisione dell'uso dell'energia e del relativo costo fra i maggiori consumatori
- verifica delle fatture di energia e degli acquisti di energia
- obiettivi di riduzione dell'energia

Questo capitolo descrive una varietà di indicatori di performance da prendere in considerazione per la vostra analisi. Il vostro sistema informativo dell'energia dovrebbe essere in grado di effettuare i calcoli necessari e fornire il dato analitico. I seguenti indicatori sono descritti più in dettaglio.

- consumo specifico di energia per unità di prodotto finale (o di prodotti)
- consumo specifico di energia riferito agli anni e ai valori di riferimento
- profili di carico per identificare carichi di picco
- consumo di energia degli edifici in rapporto alla temperatura esterna

MP2 8.2 Consumi di energia specifici per unità di prodotto (o di prodotti)

La quantità assoluta di energia utilizzata è riferita a volumi di produzione specifici. Le misure di efficienza dell'energia risulteranno in un più basso uso specifico dell'energia. Perciò questo indicatore è ideale per rilevare miglioramenti dell'efficienza energetica, talvolta un cambio nella qualità del prodotto può significare cambiamenti importanti nel consumo di energia. Se ciò dovesse avvenire gli indicatori vanno corretti per queste influenze. Questi indicatori di performance possono essere monitorati per intervalli di tempo differenti.

ESEMPIO 1

Un impianto chimico produce due prodotti finali, A e B. Il processo di produzione prevede per entrambi l'uso di vapore e di elettricità. La tabella sotto riportata indica il consumo di energia orario e i volumi di produzione.

| | | Prodotto A | Prodotto B | Mix Prodotto (A+B) |
|---------------------------------|-----------|-------------|-------------|--------------------|
| <i>(cifre per ora)</i> | | | | |
| Energia in ingresso | | | | |
| Vapore | t | 5,0 | 20,0 | 25,0 |
| | GJ vapore | 12,5 | 50 | 62,5 |
| Energia El | MWh | 3,0 | 1,0 | 4,0 |
| Produzione | t | 12 | 15 | 27 |
| Input totale come energia prima | GJ prim | 40,9 | 64,6 | 105,5 |
| Consumo energetico specifico | GJ/t | 3,41 | 4,31 | 3,91 |

Il consumo specifico di energia per tonnellata di prodotto è la somma dell'elettricità e del vapore espressi in energia primaria equivalente.

MP2 8.3 Consumo specifico di energia in relazione ai valori di riferimento e all'anno di riferimento

Questo indicatore di performance si chiama EPI (indice di performance dell'energia), il valore specifico nell'anno di riferimento è posto uguale a 100% per ogni anno il consumo specifico di energia viene espresso come percentuale del valore di riferimento. L'EPI fornisce quindi una tendenza nel consumo di energia specifico negli anni.

ESEMPIO 2

Supponiamo che il consumo specifico di energia del prodotto B nell'esempio 1 sia distribuito su un certo numero di anni. Questo consumo specifico di energia si confronta con l'anno di riferimento.

Cons Spec en Prodotto B

| Anno | GJ prim/t | % |
|------|-----------|-----|
| 2000 | 5,40 | 100 |
| 2001 | 5,04 | 93 |
| 2003 | 4,68 | 87 |
| 2004 | 4,43 | 82 |
| 2005 | 4,25 | 79 |
| 2006 | 4,12 | 76 |
| 2007 | 4,07 | 75 |
| 2008 | 4,03 | 75 |

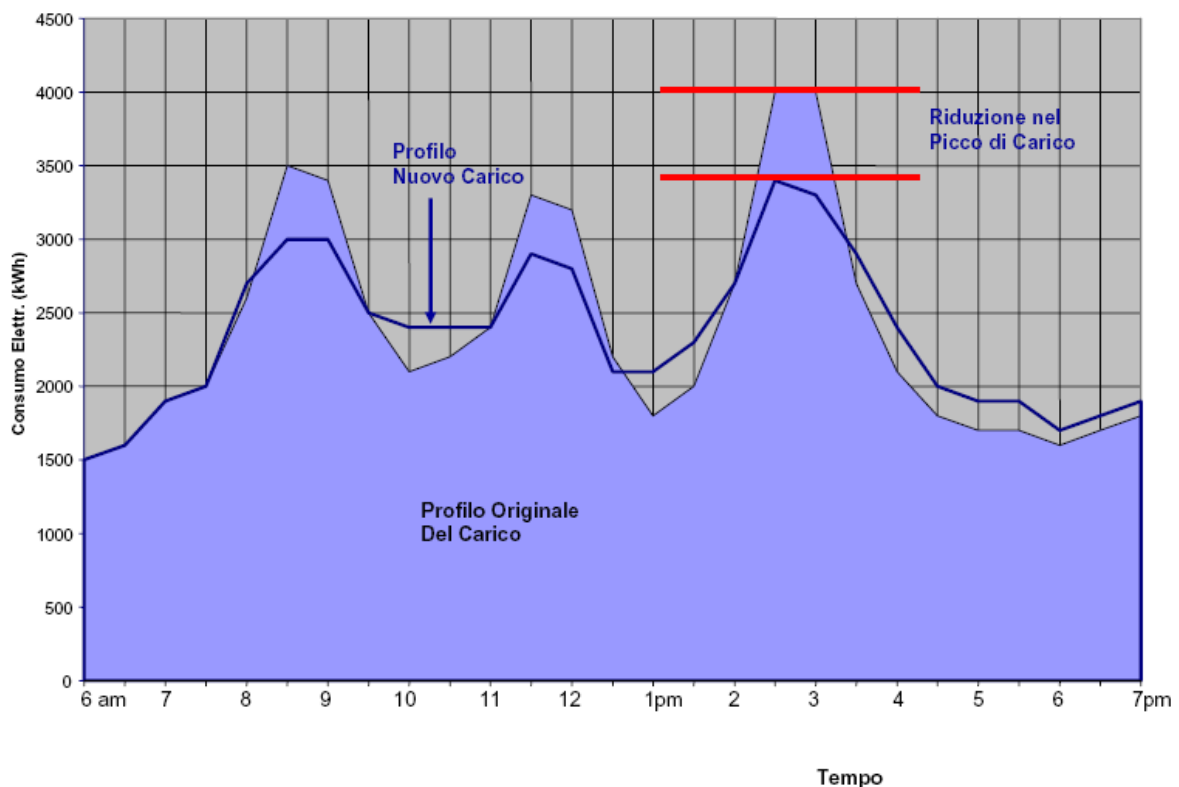
inizio gestione dell'energia nel 2000

MP2 8.4 Profili di carico per identificare carichi di picco

Nella produzione industriale carichi di picco possono capitare nei prelievi di vapore ed energia elettrica, nei processi discontinui. Carichi di picco sono causa di inefficienze e possono far aumentare sensibilmente il costo di acquisto dell'energia. Ciò può accadere in entrambi i casi di elettricità e di gas naturale. Perciò evitare i carichi di picco o ridurli può creare risparmi sostanziali. Per investigare il profilo di carico è necessario disporre di dati rilevati ad intervalli di tempo brevi (mezz'ora), i dati relativi all'energia vanno riportati in un grafico per visualizzare il profilo e investigare le relazioni che esistono tra i processi di produzione e il consumo di energia e vedere se c'è modo di ridurre il carico di picco. Con questi profili di carico è anche possibile vedere se esistono altri fattori che possano influenzare il consumo di energia, come ad esempio un cambio di qualità del prodotto.

La figura 6 mostra il consumo di elettricità ogni mezz'ora per una piccola azienda chimica nell'arco di una giornata prima e dopo che sono state prese delle misure per ridurre il carico di picco.

FIGURA 6. CONSUMO DI ENERGIA ELETTRICA (RILEVAZIONE OGNI MEZZ'ORA)



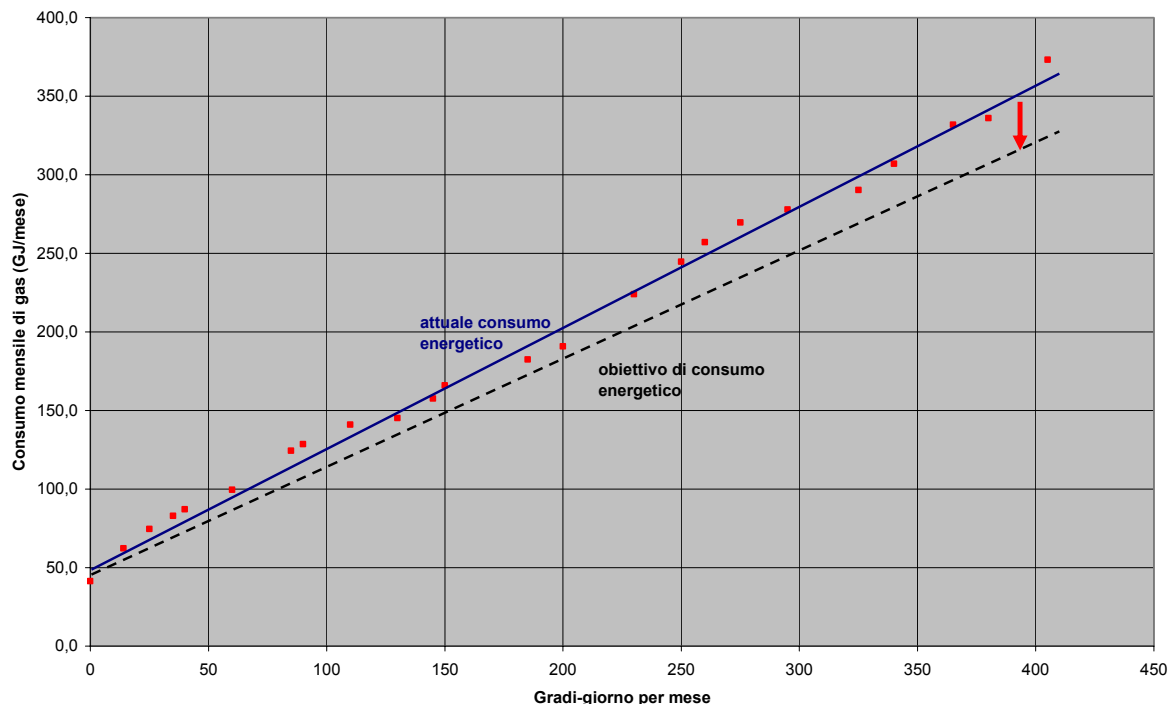
Come potete vedere nella nuova situazione il consumo di base di elettricità è leggermente aumentato mentre il carico di picco si è sostanzialmente ridotto.

MP2 8.5 Consumo di energia degli edifici in relazione alla temperatura esterna

Il consumo di energia per riscaldare o raffreddare l'aria (condizionamento) è influenzata dalla temperatura esterna ma determinata dal livello di isolamento o altre misure prese per il risparmio. Un buon indicatore di performance per il consumo di energia di un edificio è la quantità di energia sommata in relazione alla temperatura esterna. Un sistema più evoluto è quello chiamato il metodo dei gradi giorno, dove i gradi giorno sono una misura dell'intensità e della durata del tempo freddo. In pratica è una somma relativa a un periodo di tempo determinato, solitamente un mese, della differenza della media giornaliera e la temperatura di riferimento interna. Quanto più freddo è il tempo in un mese tanto più è alto il numero di gradi giorno, così l'uso di energia degli edifici può essere riferito ai gradi giorno, come mostrato in figura 7. Questo grafico fornisce per 24 mesi il consumo di energia di un edificio

riportato in relazione ai gradi giorno per quel mese. La linea blu è la situazione attuale mentre la linea punteggiata può essere usata per fissare degli obiettivi di risparmio energetico.

FIGURA 7. USO dei GRADI-GIORNO per stabilire gli obiettivi



Prima di usare questo metodo verificate che i dati espressi in gradi giorno siano disponibili nel vostro paese.

MP2 9 Ulteriori informazioni

Esempio di Miglior Prassi per contabilizzare ed analizzare il consumo di energia

Utilizzare un apparecchio di misurazione per facilitare le operazioni di monitoraggio permette di identificare risparmi di energia superiori al 5% e, perciò, l'investimento si ripaga in meno di un anno (carbon TRUST)

Gli audit eseguiti da CARE + hanno dimostrato che senza un adeguato sistema di contabilizzazione è difficile registrare il consumo ed individuare opportunità di risparmio. Una delle aziende sulle quali è stato eseguito l'audit di CARE + ha un sistema di gestione integrata che tiene sotto controllo la produzione, la gestione tecnica, la manutenzione, i costi-consumi di energia, qualità, ambiente, contabilità ed amministrazione.

Il fatto di coordinare l'uso dell'energia tra diversi impianti in tutti i reparti evita, ad esempio, di essere passibili di penali a causa dei picchi di consumo, cosa che non sarebbe possibile senza un sistema di contabilizzazione ben affermato. Questo metodo ha sostenuto gli sforzi alla ricerca di efficienza energetica dell'azienda negli ultimi anni e l'ha aiutata a raggiungere dei risparmi di energia del 43% sui consumi di base.

MP 2 9.1 Bibliografia

1. CARE+ Energy Efficiency Self Audit Guide Excel sheet templates
www.cefic.org/careplus
2. How to monitor your energy use, Carbon trust publication GIL157
www.carbontrust.co.uk
3. Monitoring and targeting; Techniques to help organisations control and manage their energy use, Carbon Trust publication CTG008;
www.carbontrust.co.uk
4. Système International d'unité – Bureau International des Poids et Mesures
www.bipm.org

Migliore Prassi 3 Come concepire e gestire un sistema di informazione dell'energia

MP3 1. Introduzione

L'efficienza energetica dipende moltissimo dalla disponibilità di dati relativi al consumo. Le migliori prassi 1 e 2 hanno già fatto riferimento alla raccolta di dati. Tuttavia questa miglior prassi entra maggiormente nei dettagli e fornisce raccomandazioni su come raccogliere e gestire in modo ideale le informazioni relative all'efficienza energetica. Un sistema di informazione dell'energia è concepito per supportare il programma di gestione dell'energia fornendo accurate e coerenti informazioni sui consumi dell'impianto sia attuali che storici. Il sistema mostrerà anche come l'efficienza energetica e i costi dell'energia stanno migliorando, rappresenta quindi un elemento indispensabile in un programma di gestione dell'energia.

MP3 1.1 Trovare la soluzione appropriata

C'è una immensa varietà di sistemi di informazione dell'energia che vanno da strumenti a lettura manuale e semplici analisi su foglio elettronico a sofisticati database computerizzati. Le caratteristiche e i componenti del sistema informativo dell'energia dovrebbero essere adatti ai bisogni specifici dell'azienda e del programma di gestione. La soluzione ottimale dipende da

- bisogno di informazioni come definito nel piano di gestione dalla particolare natura del sito, la complessità del sistema di energia e dal processo e le attrezzature coinvolte.
- i costi totali dell'energia in relazione ai costi totali di produzione a livello di risparmio ottenibile secondo le soluzioni contenute nel programma di gestione dell'energia.
- il livello dell'infrastruttura relativa ai dati esistenti che può essere integrata in un sistema informativo

In molti casi la soluzione ottimale è un compromesso fra i limiti di budget e soddisfazione di tutti i bisogni informativi. E' importante garantire che la soluzione di compromesso funzionerà e che lascerà spazio per una crescita graduale ed un miglioramento. Per le aziende che ancora non sono partite con un sistema informativo è preferibile non partire con sistemi troppo complicati e sviluppare questo strumento in modo organico assieme ad un'estensione della capacità, tutto questo per evitare il rischio di perdere la credibilità del sistema. Ciò significa che fissare le priorità e definire gli indicatori di performance nel programma di gestione dell'energia che dovrebbe essere in equilibrio con quanto viene misurato. Potrebbe essere utile consultare dei fornitori qualificati in modo da ottenere delle soluzioni appropriate.

MP3 2. Informazioni che il sistema deve fornire

Il sistema informativo dovrebbe fornire le seguenti informazioni:

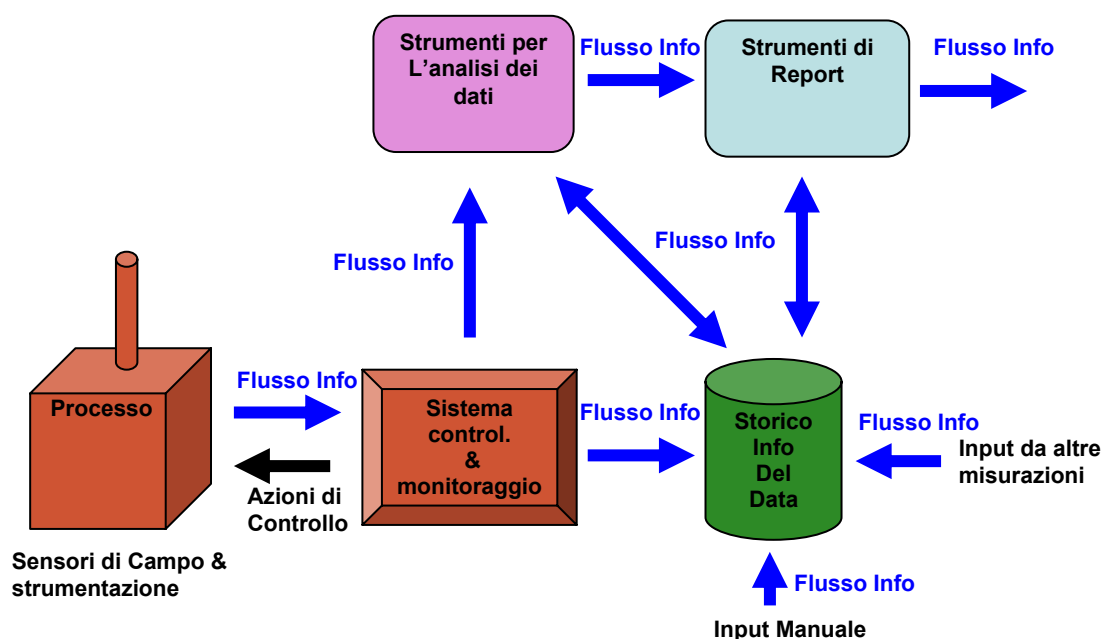
- informazioni reali sulla performance energetica di processi e attrezzature
- rilevamento tempestivo in caso di deterioramento dei dati sulla performance
- informazioni di supporto per migliorare la regolazione dei processi
- visione approfondita di dove, quando e come l'energia viene utilizzata, cioè interruzioni di energia, costi per prodotto o per miscele di prodotti e parti del processo
- analisi delle prestazioni storiche e evidenza dei miglioramenti acquisiti
- informazioni di supporto per un efficace acquisto e contabilizzazione dell'energia
- rapporto storico tra produzione e utilizzo dell'energia per lavorare alle previsioni di domanda
- informazioni di supporto per la giustificazione di progetti energetici
- informazione storica per indagini e verifiche sull'energia

Per poter fornire tutte queste informazioni il sistema informativo dovrebbe essere attrezzato con un database adeguato con archiviate informazioni storiche sull'energia e i fattori che influenzano i dati di produzione, i dati ambientali e le condizioni ambientali.

MP3 3. Gli elementi che compongono un sistema informativo

Un sistema informativo comprende un numero di elementi solitamente integrati per formare un sistema di osservazione e riporto dei dati. La strumentazione sul terreno fornisce dei valori misurati, questi sono collegati a un sistema di monitoraggio che riunisce tutti i valori misurati, questi dati sono stoccati in un database storico. Gli strumenti di analisi dei dati usano queste informazioni per creare e per alimentare i database per fornire tutte le analisi e gli indicatori di performance dell'energia. Questa informazione è usata come strumento di riporto per generare il più elaborato output del programma di gestione dell'energia.

FIGURA 8 SCHEMA DI BASE PER IL SISTEMA INFORMATIVO DELL'ENERGIA



Può benissimo darsi che alcune parti esistano nella attuale organizzazione e possano essere integrate nel sistema. Spesso il fattore limitante è rappresentato dall'attuale livello e qualità della strumentazione del monitoraggio.

I seguenti controlli e interventi devono essere presi in considerazione:

- controllare se nella presente strumentazione il sistema di monitoraggio dell'impianto è in grado di misurare, registrare e archiviare i dati di ingresso richiesti per monitorare gli indicatori di performance energetico e le azioni di risparmio. Quantificare che cosa manca e quali miglioramenti sono necessari
- verificare se gli attuali strumenti di analisi sono adatti per fare le analisi richieste e eventualmente quantificare i miglioramenti necessari
- controllare la documentazione di base dell'ingegneria e riportarla a nuovo se necessario (diagrammi elettrici, schemi di processo, diagrammi delle tubature, degli strumenti, ecc.)
- controllate la calibrazione e le procedure di manutenzione in modo da assicurare una strumentazione di buona qualità
- considerate l'uso di strumenti portatili, questi potrebbero essere ad esempio dei misuratori di gas o di acqua. Amperometri portatili potrebbero essere installati temporaneamente per misurare il consumo di elettricità, questa è una fase molto breve che serve a generare informazioni supplementari che a loro volta possono generare risparmi. A partire da questi controlli è possibile realizzare un piano di

informazioni sull'energia fatti in modo tale da migliorare gli elementi del sistema passo passo, quando necessario.

MP3 4. Componenti parziali del sistema di controllo dell'impianto

Come indicato nella figura 8, un sistema informativo dell'energia non dovrebbe essere abbandonata a se stesso ma per quanto possibile integrato nel monitoraggio del processo e dei sistemi di controllo. Questo dovrebbe garantire un'informazione coerente con i dati operativi e rendere il controllo dell'energia un'attività naturale fra quelle quotidiane.

MP3 5. Qualità della raccolta dei dati

Un aspetto importante che riguarda la qualità dei dati raccolti e il sistema di monitoraggio è la forte preferenza data a lavorare con dati raccolti in tempo reale. I dati in tempo reale sono raccolti automaticamente ad intervalli predeterminati, per poter fare ciò la strumentazione e il sistema di monitoraggio devono essere opportunamente attrezzati. La raccolta di dati in tempo reale in combinazione con delle procedure di calibrazione ben fatte assicura una raccolta di dati coerente ed affidabile per l'analisi.

MP3 6. Quali dati sull'energia devono essere monitorati?

I dati richiesti per il sistema di informazione sull'energia sono specificati nel programma di gestione dell'energia. La frequenza della raccolta dipende da motivi specifici e devono essere definiti nell'ambito del programma di gestione dell'energia. Il sistema informativo deve essere sufficientemente flessibile per interfacciarsi con differenti tipi di letture, per esempio per un processo di installazione che usa energia in quantità molto variabili dovrebbe effettuare il rilevamento ogni 15 minuti, per il carico di una unità di refrigerazione è sufficiente una lettura mensile, mentre per il carico di refrigerazione una misurazione è sufficiente. Nel caso dell'energia è importante misurare i carichi di picco usando degli intervalli temporali abbastanza brevi per riuscire a misurarli.

MP3 7. Analisi dei dati sull'energia

Il sistema informativo deve essere in grado di fornire i dati richiesti per le analisi come specificato nel programma di gestione. In aggiunta ai valori reali da analizzare è possibile anche verificare le tendenze dei dati storici. Il programma di gestione dovrebbe definire quali sono le informazioni di cui verificare la tendenza. Il programma di gestione dell'energia dovrebbe definire quali sono le informazioni delle quali leggere la tendenza ma un sistema informativo dovrebbe essere abbastanza flessibile per poter estrarre qualunque relazione possa essere misurata.

MP3 8. Ulteriori informazioni

1. Energy Management Information Systems, Office of Energy Efficiency of Natural Resources Canada
<http://www.oeo.nrcan.gc.ca/publications/industrial/EMIS/index.cfm?attr=24>

Migliore Prassi 4 Come Migliorare le Performance del Generatore di Vapore

MP4 1. Introduzione

Il vapore è uno dei vettori di calore di uso più comune nell'industria chimica e quindi è uno dei principali obiettivi del risparmio energetico.

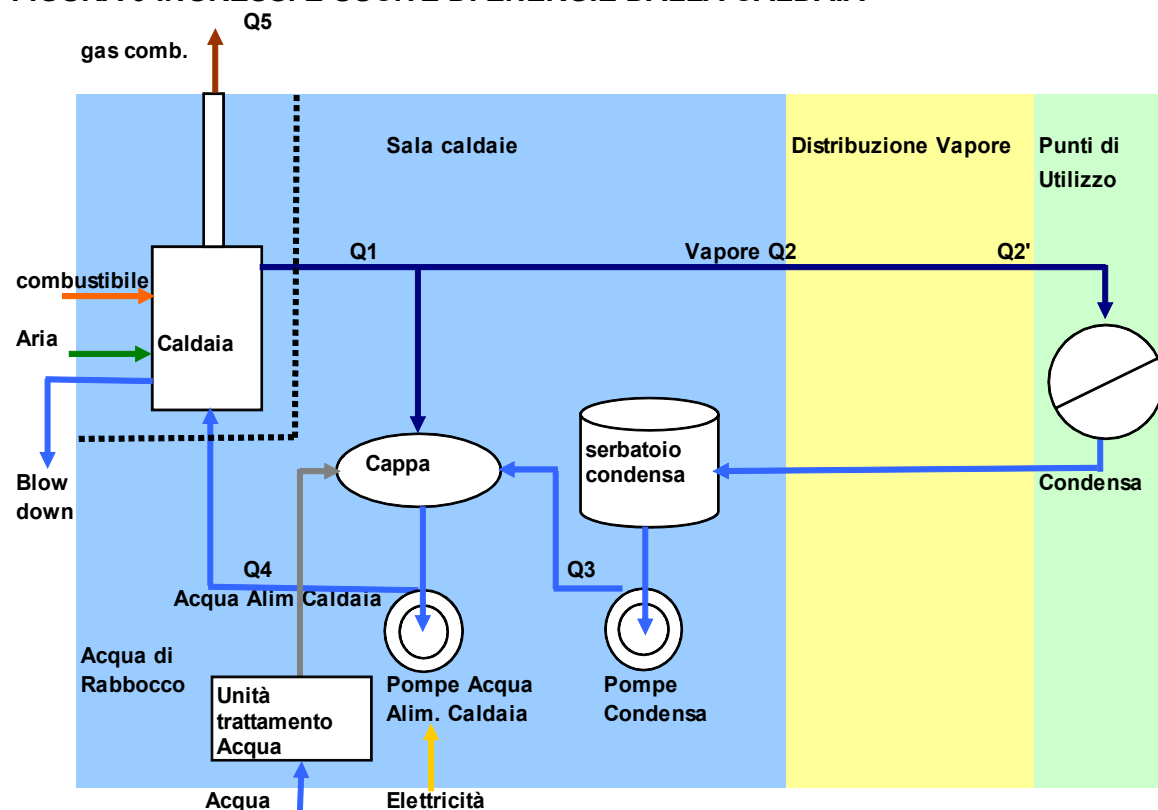
- Il controllo della performance del sistema a vapore comprende il generatore di vapore nella caldaia,
- La distribuzione del vapore,
- L'uso del vapore nel processo che lo utilizza.

Questa miglior prassi permette di ottenere miglioramenti dell'efficienza energetica con la generazione di vapore, distribuzione, raccolta e riutilizzo del condensato. Le opzioni su come risparmiare vapore nei processi sarà discussa in una miglior prassi separata riguardante integrazione del calore e recupero dello scarto.

MP4 2. Confini, misure e definizioni

Per considerare la vostra visione riguardante il risparmio energetico dovrete avere un'immagine chiara di tutti i flussi energetici coinvolti nella generazione di vapore. Inoltre è utile definire chiari confini delle aree specifiche in modo da misurare i miglioramenti su basi coerenti.

FIGURA 9 INGRESSI E USCITE DI ENERGIE DALLA CALDAIA



La figura 9 mostra un esempio semplificato dei flussi di energia che entrano e escono dalla caldaia. Il confine delle singole caldaie individuali è indicato con una linea tratteggiata, il confine dell'intero sistema di caldaie è indicato da un'area blu e la distribuzione del vapore da un'area gialla. I punti di consumo sono inseriti nella parte verde del diagramma, in pratica

potete usare il diagramma di processo per marcarne i confini. Per definire e misurare i miglioramenti dell'efficienza energetica col vostro generatore di vapore e col vostro processo dovete essere in grado di misurare e quantificare i principali flussi di energia. (Nota: in questa sessione si fa sempre riferimento alla figura 9).

- Per determinare il calore contenuto nella corrente q1 che lascia il boiler si deve misurare il flusso di volume del vapore, la pressione e la temperatura in quel punto. Con questi dati potete calcolare le tonnellate di vapore e la entalpia (tonnellate x entalpia = agj) per calcolare il contenuto energetico del vapore.
- Il contenuto di calore del vapore che lascia la caldaia q2 è uguale a q1 meno tutti gli impieghi interni come ad esempio il degasatore. Come minimo è corretto misurare flusso, pressione e temperatura al punto q2. Al punto di utilizzo dovrete misurare almeno il flusso, la pressione e la temperatura al punto q2.
- Nei punti di utilizzo dovrete misurare almeno il consumo di vapore q2 della maggior area di processo. Spesso il consumo di vapore può essere calcolato anche da parametri di processo e misure del flusso del condensato.
- Il calore del condensato di ritorno q3 (come GJ) condensato in ingresso alla caldaia è calcolato misurando i metri cubi di condensato, la temperatura e la pressione.
- Il contenuto di calore e l'acqua di alimentazione di ingresso alla caldaia può essere calcolato misurando il flusso dell'acqua assieme alla pressione e la temperatura (questi sono normalmente dei settaggi del degasatore).
- Allora conoscendo la massa e il saldo dell'energia sul degasatore è possibile calcolare la quantità di vapore trattata dal degasatore.
- Il consumo di elettricità è usato principalmente per l'acqua di alimentazione delle caldaie, pompe, ventilatori di combustione e pompe di condensazione. Il consumo di elettricità del bollitore dev'essere misurato separatamente.
- La perdita di calore nel flusso di gas combustibili q5 come GJ in uscita dalla caldaia è calcolato dal flusso di gas combustibili e dalla loro temperatura. L'entalpia dei gas combustibili è proporzionale a questa temperatura. Il flusso dei gas combustibili può essere ottenuto misurando il flusso dell'aria di combustione e quello del combustibile. Se la concentrazione di ossigeno dei gas combustibili viene misurata e la composizione dei gas è nota, è possibile calcolare la quantità dei gas combustibili utilizzando questi parametri (vedi oltre per il controllo del rapporto aria/combustibile). L'aria di combustione viene normalmente misurata ai ventilatori.
- Il flusso di combustibile dovrebbe essere misurato per ogni singolo impianto e la composizione del combustibile e il valore del riscaldamento dovrebbero essere noti.
- Altre perdite di calore da prendere in considerazione sono:
 - perdite per irraggiamento, tubi, valvole ed attrezzature del parco caldaie
 - il sistema di blow down della caldaia

Queste fasi sono discusse in maggior dettaglio nelle sezioni seguenti. Si tenga presente che l'analisi può riferirsi a un impianto o a tutti gli impianti che avete in sede.

In ciascuna di queste aree c'è la possibilità di migliorare l'efficienza energetica sotto forma di combustibile per tonnellata di vapore richiesto. Come già detto la miglior prassi non mette in discussione quanto vapore è richiesto dal processo, questo argomento è trattato altrove.

Per verificare i vostri miglioramenti sono di aiuto le seguenti definizioni di efficacia. L'efficienza totale della sala caldaie è definita come:

$$\eta_{BH} = (Q2 - Q3) / \text{Combustibile}$$

L'efficienza della singola caldaia è definita come:

$$\eta_B = (Q1 - Q4) / \text{Combustibile}$$

MP4 3. Risparmi di energia nella generazione e nella distribuzione del vapore

Nei successivi capitoli verrà descritto un elevato numero di possibili opzioni di risparmio del combustibile. La maggior parte di esse sono misure di diligenza che vi potete implementare da soli a costo molto basso o nullo. In altri casi è necessario un investimento ma

normalmente questi investimenti hanno un ritorno molto veloce. Dovete comunque costruire il vostro caso concreto per queste opzioni. Alcune possono essere semplici da farsi, come il revamping della caldaia, lasciandovi il tempo libero per dei cambiamenti più strategici. Come osservazione generale, il vostro bollitore e l'impianto annesso dovrebbero ricevere una manutenzione periodica. Se l'impianto è ben tenuto, è possibile esplorare opportunità di efficienza energetica.

MP4 3.1. Pressione e temperatura alle quali viene generato vapore

Verificare che il generatore funzioni alla temperatura e alla pressione più bassa possibile. Vanno verificati i seguenti parametri:

- il vapore in uscita dalla caldaia deve essere leggermente surriscaldato per evitare condensa nella rete di distribuzione del vapore e problemi di corrosione/erosione.
- la pressione del vapore dovrebbe essere regolata al livello minimo possibile per la rete di distribuzione, tenendo conto anche di come viene controllata la fornitura del vapore inviata agli scambiatori.
- se il vapore viene generato per azionare turbine, quindi per la generazione di potenza, allora il vapore deve essere a pressione e temperatura corrette per il funzionamento ottimale delle turbine.

Una pressione del vapore più bassa aumenta l'efficienza della caldaia. Nella maggior parte dei casi il calore di condensazione è usato nei riscaldatori per riscaldare le correnti di processo. Controlla con i punti di consumo qual è il livello minimo di temperatura richiesto negli scambiatori di calore e vedi se la pressione di vapore può essere ridotta.

Nei casi in cui la domanda di vapore è instabile può essere necessario installare delle valvole di regolazione a valle della caldaia e mantenere la caldaia a un livello di pressione leggermente superiore a quello richiesto da quello di distribuzione. Ciò permette alla caldaia di rispondere rapidamente ai cambiamenti di domanda del vapore ed evita il rischio di un blocco dovuto alle fluttuazioni di pressione eccessive. Tuttavia potete evitare il carico di picco operando a pressione più bassa e risparmiando del combustibile.

MP4. 3.2. Perdite di Calore nel Camino della Caldaia

Nel processo di combustione il combustibile viene bruciato insieme all'ossigeno derivante dall'aria di combustione, che è erogata da appositi ventilatori. Durante il passaggio sulle superfici dello scambiatore di calore della caldaia, i gas caldi di combustione scambiano la maggior parte del loro contenuto di calore con la parte acqua/vapore. Tuttavia, parte del calore di combustione esce dal camino della caldaia inutilizzato insieme ai gas combustibili. Minimizzando le perdite nel camino è possibile risparmiare combustibile. Ci sono due modi per ottenere questo risparmio (da considerare in quest'ordine):

1. Regolare adeguatamente il bruciatore e controllare che il rapporto aria/combustibile del sistema sia impostato sulla quantità minima di aria per minimizzare la quantità di gas combustibili
2. Recuperare calore anche a basse temperature dai gas combustibili.

Regolazione del bruciatore e controllo del rapporto ottimale aria/combustibile

Il flusso del volume di gas combustibili è determinato dalla quantità di aria di combustione utilizzata nella caldaia per bruciare il combustibile. Normalmente si aggiunge un quantitativo supplementare di aria di combustione per ottenere la combustione completa rispetto al quantitativo necessario teoricamente richiesto dalle reazioni chimiche (quantità stechiometrica). L'aria in eccesso si esprime con il fattore n : $n = 1.15$ significa che rispetto alla quantità stechiometrica, viene utilizzato il 15% in più di aria nella combustione. Questo quantitativo aggiuntivo di aria è un peso inutile dovrebbe essere mantenuto al livello minimo necessario ottenere una combustione completa e sicura, il che significa anche che non si devono formare residui di idrocarburi incombusti e CO nella zona di fiamma della caldaia. È possibile ottenere questa situazione attraverso un corretto controllo della proporzione aria/combustibile in tutta la zona di alimentazione della vostra caldaia. La maggior parte delle

caldaie non opera a pieno carico, perciò è importante andare a vedere anche le impostazioni di proporzione aria/combustibile a carico parziale. Le caldaie possono avere diverse forme di controllo della proporzione aria/combustibile. Il modo più semplice si verifica quando il controllo dell'aria di combustione è meccanicamente collegato con la valvola di controllo del combustibile. In questo caso il rapporto aria/combustibile è impostata preventivamente su tutte le operazioni della caldaia. E' necessario eseguire una regolare manutenzione a questo strumento di controllo per essere sicuri che il rapporto impostato venga mantenuto. Controlli più sofisticati lavorano separatamente sulla misurazione del flusso dell'aria e del combustibile. Questi controlli permettono di ridurre il volume dell'aria di combustione sulla base del livello misurato dell' O₂ e della CO nei gas combusti.

Quindi, per essere in grado di ridurre il rapporto aria/combustibile sulla base dell'eccesso di O₂ nei gas combusti si dovrà avere:

Una misurazione continua dell'ossigeno dei gas combusti e di CO,

Un controllo della riduzione del flusso dell'aria al livello minimo accettabile di O₂ nei gas combusti.

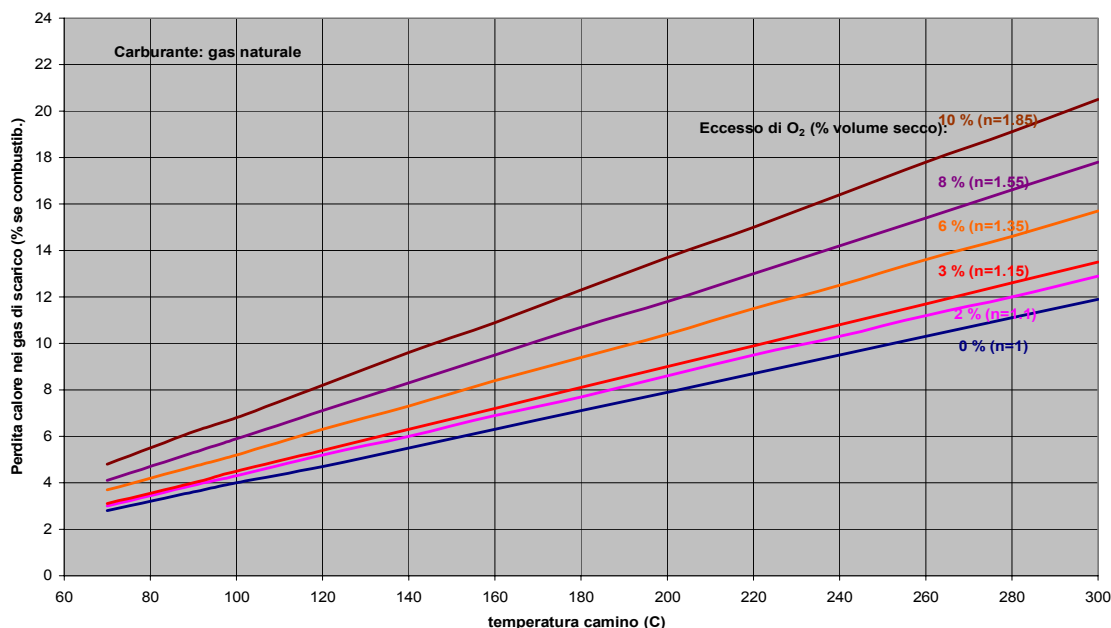
Suggerimento

È molto importante che la vostra caldaia sia attrezzata con un sistema di gestione del bruciatore che funzioni correttamente e con un sistema di sicurezza che monitorizzi continuamente il rapporto aria/combustibile per garantire un processo di combustione sicuro in tutte le circostanze.

Il risparmio di combustibile che può essere raggiunto con un controllo del rapporto aria/combustibile dipende in gran parte dal tipo di combustibile e dal livello di temperatura del camino.

La Figura 10 mostra un grafico in cui è possibile valutare i risparmi di combustibile attraverso: a) la riduzione di aria di combustione in eccesso (con una minima percentuale di O₂ in eccesso nei gas combusti), e b) recupero ulteriore di calore (riducendo la temperatura del camino). Essa mostra le perdite del camino come una percentuale del combustibile in ingresso, come una funzione della temperatura del camino a diverse percentuali di O₂ in eccesso (ed al fattore n relativo). Questo grafico si riferisce al gas naturale.

FIGURA 10. PERDITE DI CALORE DEL CAMINO



Ad esempio: se la vostra caldaia funziona attualmente con un eccesso di O₂ dell'8 % ed una

temperatura del camino di 240°C, è possibile ridurre questi parametri a: 3% di O₂ e 180°C, così facendo ridurreste le perdite dal camino dal 14.1% al 8%, riducendo il combustibile in ingresso del 6%.

Riduzione della Temperatura al Camino della caldaia

Ci sono diverse possibilità di utilizzare ulteriormente il calore dei gas combusti, a seconda dell'attuale predisposizione della vostra caldaia e della temperatura attuale del camino:

Utilizzare un economizzatore per riscaldare l'acqua di alimentazione della caldaia prima del suo ingresso in essa (se la vostra caldaia non ne è ancora provvista).

L'installazione di un pre-riscaldatore per riscaldare l'acqua di rabbocco prima che entri nel degasatore. L'acqua di rabbocco è normalmente a temperatura ambiente, mentre il degasatore opera da 105 fino a 110°C e oltre (a seconda del tipo di combustibile).

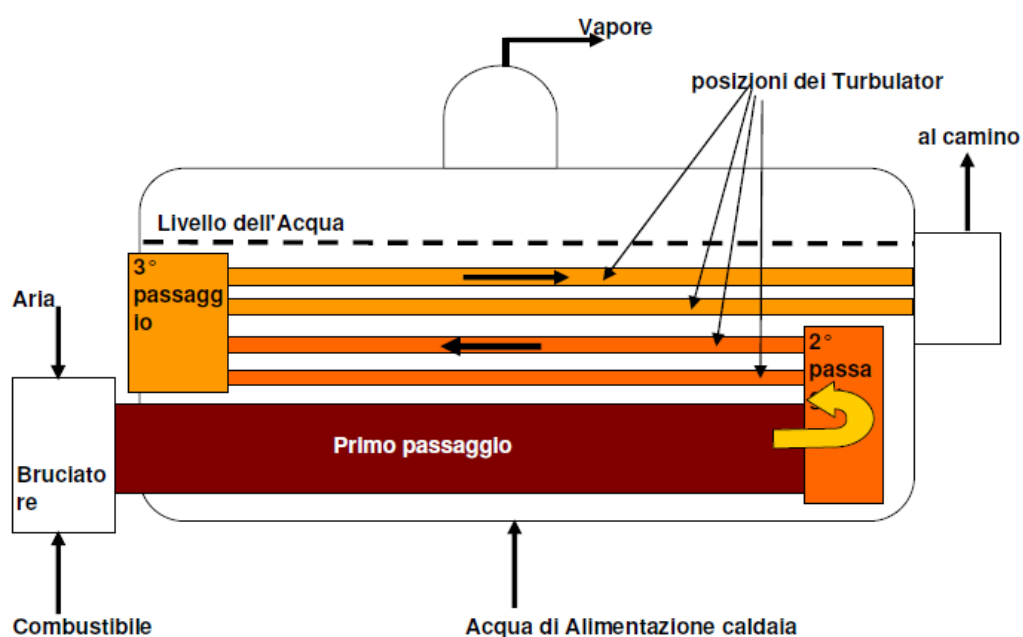
L'installazione di un pre-riscaldatore per riscaldare la condensa prima del suo ingresso nel degasatore. Se la differenza di temperatura tra la condensa e il degasatore è superiore ai 30°C c'è spazio per il pre-riscaldamento della condensa senza compromettere il funzionamento del degasatore (vedi di seguito "degasatore").

L'utilizzo di un pre-riscaldatore per riscaldare l'aria di combustione (a valle del ventilatore dell'aria). Questo può essere approntato nella forma di un sistema a doppia serpentina, che comprende uno scambiatore di calore dell'aria di combustione. Il sistema acqua/glicole prende calore dai gas combusti e lo trasferisce all'aria di combustione.

Un'altra opzione interessante con le caldaie *fire tube* è quella di installare dei generatori di turbolenze (turbulators) nella vostra caldaia.

Le caldaie *fire tube* a pacchetto (vedi figura 11) sono il tipo di caldaia più comunemente utilizzato negli impianti chimici di piccole e medie dimensioni (capacità massima approssimativamente 25 tonnellate per ora e 20 bar di pressione del vapore). Nelle caldaie *fire tube* i gas di combustione caldi passano attraverso lunghi tubi di piccolo diametro collocati nella zona dell'acqua della caldaia. Il calore è trasferito attraverso le pareti del tubo all'acqua della caldaia per generare vapore. Queste caldaie sono classificate per numero di passaggi con i quali i gas di combustione viaggiano attraverso la superficie di scambio di calore prima di uscire dalla caldaia. La Figura 11 mostra una caldaia a tre passaggi.

FIGURA 11. CALDAIA A FIRE TUBE



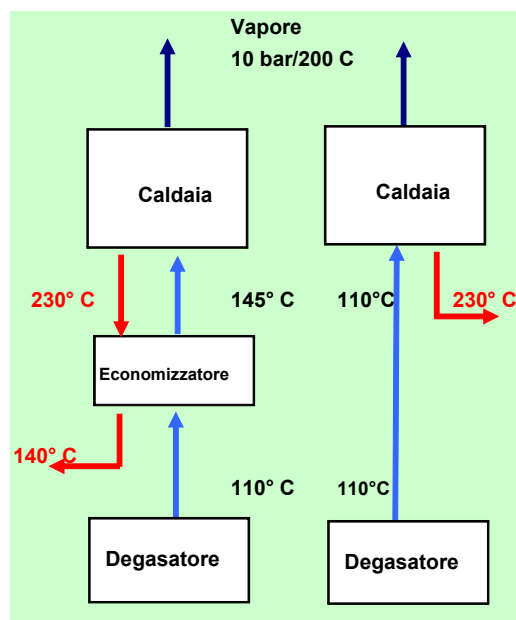
I gas di combustione entrano nei tubi in un flusso turbolento, che è poi trasferito in un flusso

laminare subito dopo essere entrati nel secondo passaggio; si forma così uno strato di confine di gas più freddo che ritarda il trasferimento di calore all'acqua. Per mantenere un flusso più turbolento possono essere inseriti dei cosiddetti *turbulators* nei tubi che aumentano il trasferimento di calore. I *turbulators* sono fasce di acciaio a serpentina che possono essere inserite nel 3° e nel 2° passaggio. Possono anche funzionare per equilibrare il trasferimento totale di calore lungo i tubi. Esse aumenteranno l'efficienza della vostra caldaia (più vapore per quantità di combustibile, e temperature del camino inferiori).

Qui sotto viene dato un esempio di quanto risparmio di combustibile si possa raggiungere con un economizzatore.

La Figura 12 mostra due tipi di caldaia che generano 20 t/h di vapore, a 10 bar, a 200°C. Una di esse è senza economizzatore, qui l'acqua di alimentazione della caldaia dal degasatore viene mandata direttamente all'evaporatore. Mentre l'altra caldaia ha l'economizzatore, in questa l'acqua di alimentazione della caldaia è riscaldata approssimativamente a 145°C. La temperatura del camino nella caldaia senza economizzatore è di 230°C, mentre in quella con l'economizzatore è di 140°C.

FIGURA 12. RISPARMIO DI COMBUSTIBILE CON UN ECONOMIZZATORE



La Tabella 15 qui sotto fornisce la percentuale di risparmio di combustibile con un economizzatore per una caldaia a vapore di 20 t/h.

TABELLA 15. RISPARMI DERIVANTI DALL'ECONOMIZZATORE

| | | Snz Eco | Con Eco |
|-------------------------------|------|---------|-----------|
| Vapore | t | 20 | 20 |
| pressione | bar | 10 | 10 |
| temperatura | °C | 200 | 200 |
| Acqua Aliment. Caldaia | t | 21 | 21 |
| temperatura | °C | 110 | 110 |
| temp.uscita Eco | °C | | 145 |
| temperatura Camino | °C | 230 | 140 |
| Efficienza caldaia | % | 86 | 90 |
| Comb per tonn Vapore | GJ/t | 2,750 | 2,6 |
| Perc risparmio Comb | % | | 4% |

Nel caso bruciate combustibili contenenti zolfo, la temperatura minima del camino dovrebbe mantenersi al di sopra del punto di rugiada dello zolfo (SO_2/SO_3) dei gas di scarico (l'acqua

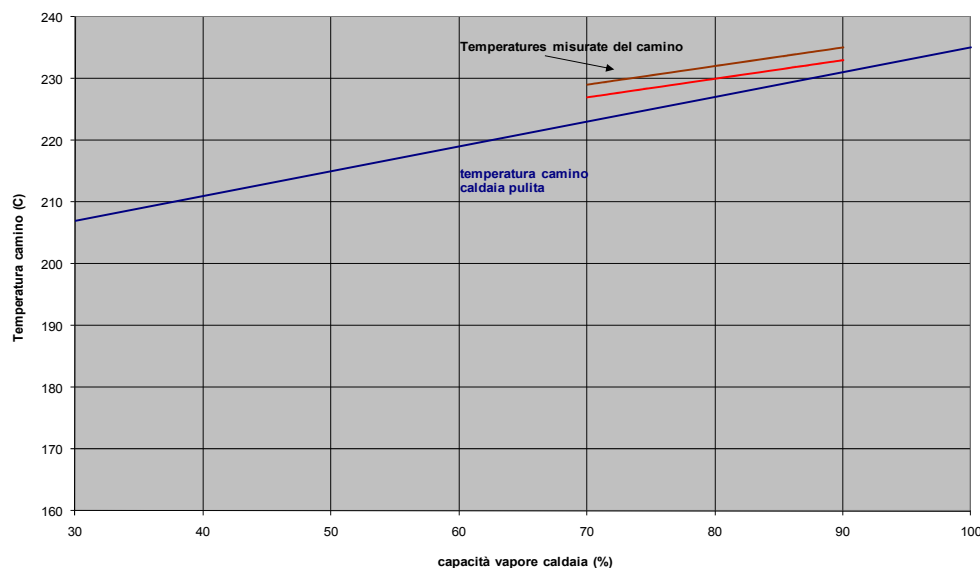
di alimentazione della caldaia circa al di sopra dei 140°C), e per i combustibili senza zolfo, quali gas naturali, al di sopra del punto di rugiada dell'acqua dei gas di scarico (acqua di alimentazione della caldaia sopra i 70°C) onde evitare corrosioni consistenti negli economizzatori e nei pre riscaldatori.

Con il gas naturale come combustibile, potreste anche considerare di installare degli economizzatori condensanti di acciaio inossidabile, che sono in grado di utilizzare parte del calore di condensa dei vapori dell'acqua nei gas di scarico come calore utile a basse temperature.

Pulizia delle superfici di scambio della Caldaia e Temperature del Camino

È importante conoscere la relazione tra la temperatura dei gas combusti e la produzione di vapore delle vostre caldaie. Se sono presenti incrostazioni o sporco nella vostra caldaia, questa temperatura aumenterà, dandovi un chiaro segnale che la vostra caldaia deve essere pulita. Ciò è mostrato nella Figura 13, che indica la temperatura dei gas combusti di una caldaia dopo l'evaporatore (prima di entrare nell'economizzatore).

FIGURA 13. TEMPERATURA DEI GAS COMBUSTI IN RELAZIONE ALLA CAPACITÀ DELLA VOSTRA CALDAIA



MP4. 3.3 Consumo di Energia in Sala Caldaie

I maggiori consumatori di energia sono le pompe dell'acqua di alimentazione alla caldaia ed i ventilatori dell'aria di combustione. A causa della funzione così cruciale dello stand-by, normalmente si tengono in funzione 2 caldaie al 100% o 3 caldaie al 50% della capacità richiesta della pompa, con elevate perdite dovute allo strozzamento. Per risparmiare energia con le vostre pompe di acqua di alimentazione alla caldaia, potete considerare di installare dei motori a velocità variabile. Per maggiori informazioni vedere il Caso di Miglior Prassi su Motori ed Azionamenti a velocità Variabile.

Verificate le efficienze delle diverse pompe nella sala caldaie. Se esse operano con scarsa efficienza (al di sotto del 50%), considerate che potreste risparmiare rinnovando l'attrezzatura con pompa e motore più efficienti.

MP4 3.4. Perdite per Irraggiamento

Si hanno delle Perdite per Irraggiamento dalle superfici calde delle caldaie e dalle tubazioni, valvole ed altre apparecchiature, quali serbatoi e pompe. Per una caldaia ben tenuta, le perdite per Irraggiamento sono intorno all'1% della capacità termica della caldaia stessa. Queste radiazioni sono una quantità fissa indipendente dal carico della caldaia. Dal momento che molte caldaie lavorano a carico parziale, le perdite per Irraggiamento non dovrebbero essere sottovalutate. Dovreste controllare con regolarità l'isolamento e fare le riparazioni necessarie. Utilizzate un isolamento rimovibile sulle valvole che vengono

regolarmente utilizzate.

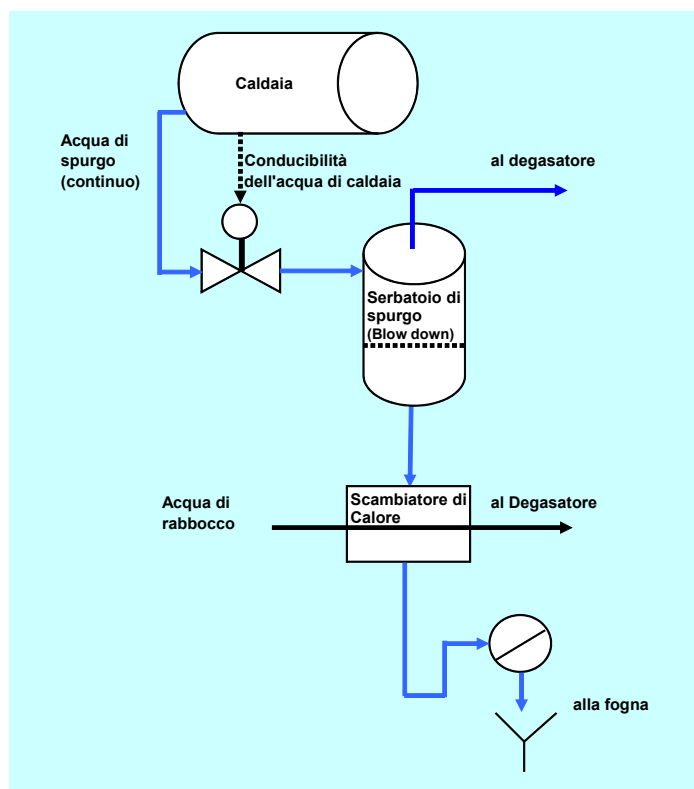
MP4. 3.5. Funzionamento del Degasatore

La condensa di ritorno e l'acqua di rabbocco sono mandate al degasatore per rimuovere l'ossigeno e la CO₂ libera dall'acqua di alimentazione della caldaia, al fine di evitare la corrosione della stessa. Per ottenere ciò, si spruzza la condensa e l'acqua di rabbocco nella parte superiore del degasatore. Riscaldando l'acqua, questi gas, insieme a parte del vapore, vengono scaricati dal degasatore. Normalmente un incremento della temperatura dell'acqua in ingresso di 10-15°C è sufficiente per raggiungere un contenuto residuo di ossigeno accettabile nell'acqua di alimentazione della caldaia di meno di 10 ppb (parti per miliardo). Il degasatore funziona ad una pressione (e temperatura di saturazione) fissa, attraverso l'erogazione di una quantità di vapore controllata. La pressione impostata non dovrebbe essere troppo elevata, perché ciò richiederebbe troppo vapore per riscaldare l'acqua in ingresso (che è un modo di scaldare l'acqua di alimentazione della caldaia piuttosto inefficiente). Un normale intervallo dei valori di impostazione della pressione va da 1.2 a 1.5 bar (temperatura da 105 a 110°C).

MP4 3.6. Spurgo della Caldaia

Per controllare la qualità dell'acqua della caldaia è necessario che una certa percentuale della stessa venga spurgata in modo continuo e regolare (blow down), al fine di evitare l'accumulo di sostanze contaminanti, quali cloruri, solfati, etc. La frequenza delle operazioni di spurgo richieste può essere minimizzata con un buon trattamento delle acque di alimentazione della caldaia (per maggiori dettagli vedere Sezione A3.12). Il calore delle acque di spurgo non dovrebbe andare sprecato, potete recuperarlo tramite un *flash tank* (per separare i liquidi e gas) di spurgo. Il vapore *flash* può essere utilizzato nel degasatore. Il calore della restante acqua di spurgo può essere ulteriormente utilizzato per riscaldare l'acqua di rabbocco. Nella Figura 14 viene dato uno schema di un sistema di spurgo efficiente dal punto di vista energetico.

FIGURA 14. BLOW DOWN CONTINUO



MP4 3.7. Immissione dell'Aria di Combustione

Con caldaie interne, il punto di immissione dell'aria di combustione dovrebbe essere di

preferenza in cima alla sala caldaie, al fine di immettere aria calda. Se c'è ancora spazio per ulteriori riduzioni della temperatura dei gas combusti, potete considerare di installare un preriscaldatore per riscaldare l'aria di combustione. Questo aumenterà l'efficienza della caldaia.

SUGGERIMENTO

In prima approssimazione, ogni 20°C di aumento di temperatura dell'aria di combustione diminuirà il consumo di combustibile nella caldaia dell'1%.

MP4 3.8. Distribuzione del Vapore

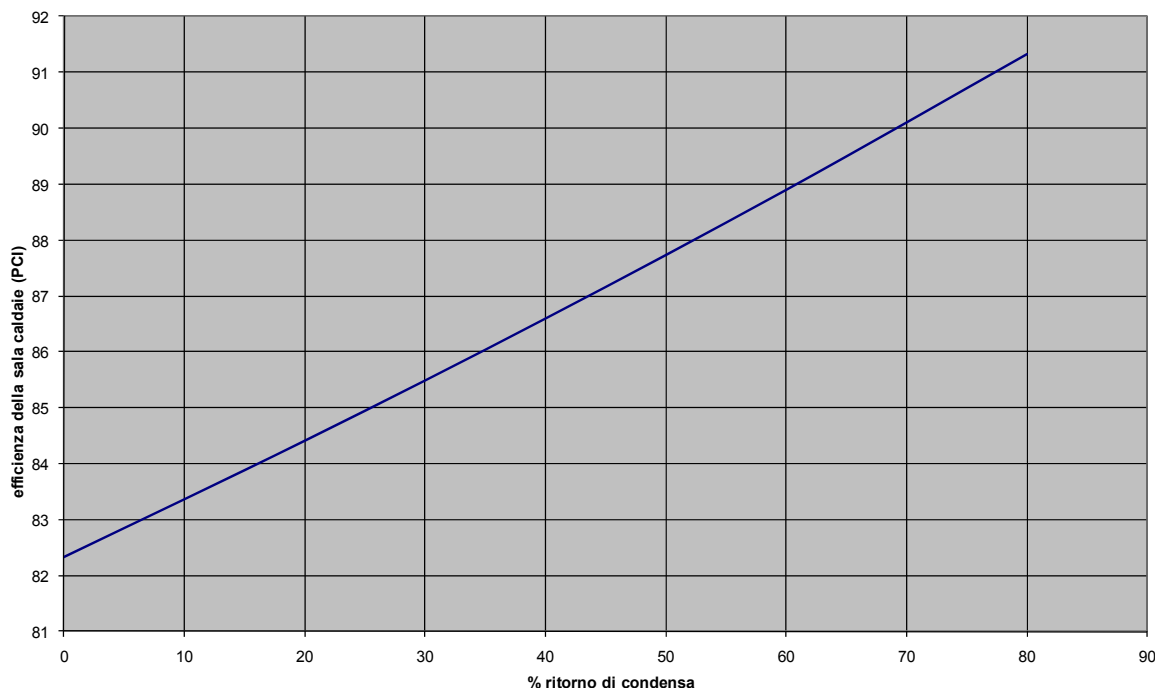
Erogazione del Vapore secco e pulito ai punti di consumo. Le linee di distribuzione dovrebbero essere dimensionate correttamente per evitare una caduta di pressione eccessiva nel sistema e il rischio di erosione/corrosione, dovuto a velocità troppo alte. Il supporto della tubazione deve essere progettato adeguatamente per resistere alla dilatazione dovuta alle variazioni di temperatura. Le linee di distribuzione dovrebbero avere un adeguato isolamento ed avere un sufficiente numero di trappole per rimuovere qualsiasi formazione di condensa dalle linee. Isolate dal sistema le parti inutilizzate della distribuzione del vapore con valvole di isolamento adeguatamente posizionate.

MP4. 3.9. Ritorno della Condensa

La raccolta ed il ritorno della condensa alla sala caldaie determina un risparmio energetico che può rivelarsi sostanziale in termini di efficienza. E' necessario sapere da dove proviene la condensa di ritorno e se essa è priva di contaminazioni, quali componenti organici, cloruri, etc. per poterla riutilizzare nella caldaia senza gravi rischi di corrosione. Quindi, è una precauzione importante monitorare la qualità della condensa, specialmente per quanto riguarda i componenti organici.

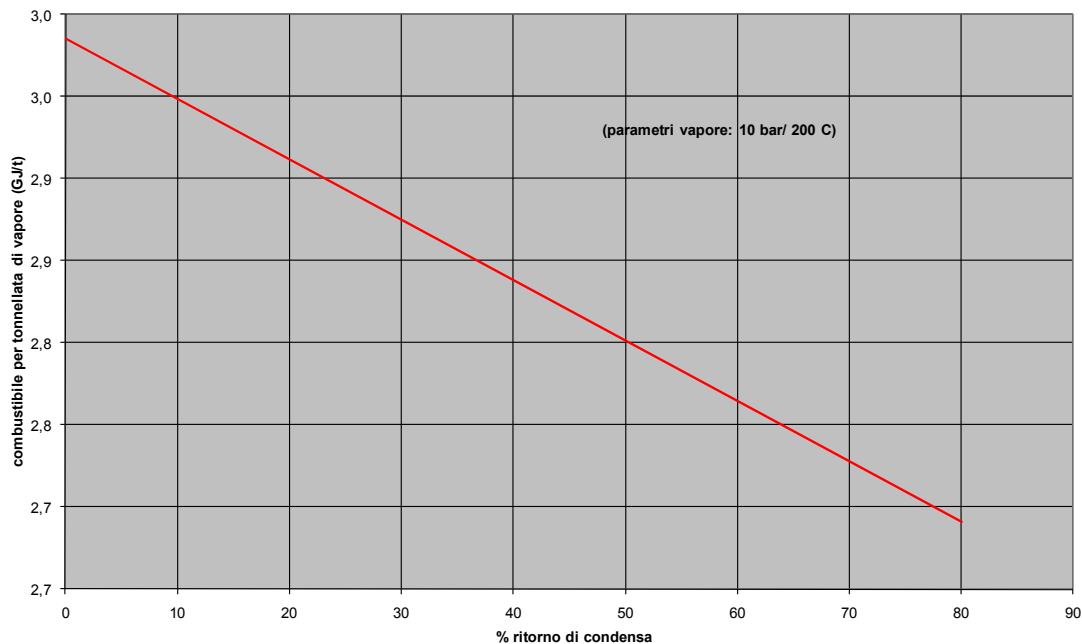
La Figura 15 illustra gli effetti positivi del ritorno di condensa sull'efficienza della sala caldaie.

FIGURA 15. MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA DELLA SALA CALDAIE CON IL RITORNO DI CONDENSA



Come si può notare, l'efficienza generale della sala caldaie può migliorare del 10%, quando viene recuperato l'80% della condensa. Questo può portare un risparmio sostanziale di combustibile come illustrato in figura 16.

FIGURA 16. RIDUZIONE DELLA RICHIESTA DI COMBUSTIBILE PER TONNELLATA DI VAPORE TRAMITE IL RITORNO DI CONDENSA



Per permettere la raccolta e il riutilizzo della condensa, è di grande importanza progettare dei sistemi di drenaggio e ritorno. Un drenaggio scarso di condensa può avere come risultati una scarsa prestazione degli scambiatori di calore, erosione/corrosione e colpi d'ariete nel sistema della condensa.

Fornire una progettazione di dettaglio e una guida d'ingegneria per i sistemi di condensa si trova oltre gli scopi di queste Migliori Prassi. In ogni caso, di seguito sono riassunte una serie di prassi per una buona progettazione:

Assicuratevi che le trappole per il vapore e le linee di condensa siano adeguatamente dimensionate. Le linee di ritorno della condensa devono essere progettate sulla base di un flusso a due fasi (acqua + vapore *flash*).

Utilizzate valvole del vapore adeguate per le applicazioni. Consultate fornitori adeguati per fare la giusta scelta.

Non raggruppate mai scambiatori di calore controllati individualmente sulla stessa valvola del vapore, perché ciò può facilmente causare l'intasamento di condensa ed il malfunzionamento degli scambiatori di calore.

Assicuratevi che la condensa possa drenare facilmente dagli scambiatori di calore e che non ci siano intasamenti: le valvole di vapore dovrebbero avere le giuste dimensioni, dovrebbe esserci un sufficiente differenziale di pressione sulla valvola per spingere fuori la condensa.

Assicuratevi che la disposizione delle tubazioni attorno agli scambiatori di calore (installazione di interruttori a vuoto, linee di equilibrio di pressione, etc.) permetta alla condensa di drenare liberamente.

Assicuratevi che la pressione del sistema del vapore, il controllo del funzionamento degli scambiatori e la pressione nel sistema di condensa siano compatibili per consentire un adeguato drenaggio e un adeguato ritorno di condensa.

Gli allacciamenti delle linee di drenaggio della condensa dovrebbero sempre essere sopra alla linea di ritorno della condensa.

MP4. 3.10. Ispezionare e riparare le trappole per la condensa

Quando il vapore viene utilizzato negli scambiatori, esso viene condensato nella fase ad acqua. Le valvole del vapore sono utilizzate negli impianti a vapore e sugli scambiatori di calore per rimuovere la condensa. Le valvole del vapore sono disponibili in un'ampia varietà di modelli. È importante utilizzare il giusto tipo per la giusta applicazione. Potete consultare il

vostro fornitore di valvole per il vapore per assicurarvi che le vostre siano del modello adatto e siano installate correttamente. Esiste della letteratura sufficientemente utile su questo argomento che potete utilizzare. Dovreste ispezionare con regolarità il funzionamento delle valvole del vapore, perché, se esse si guastano, del vapore vivo fuoriesce nel sistema della condensa oppure nell'atmosfera; oppure, se si intasano, potrebbero verificarsi dei problemi di colpi d'ariete nel vostro impianto della condensa.

Gli intasamenti possono essere individuati utilizzando delle misurazioni a temperature infrarosse proprio a valle della valvola di controllo del vapore e appena prima della valvola del vapore. Se vi accorgete di un sottoraffreddamento (superiore ai 20°C) questo potrebbe essere un segnale di malfunzionamento.

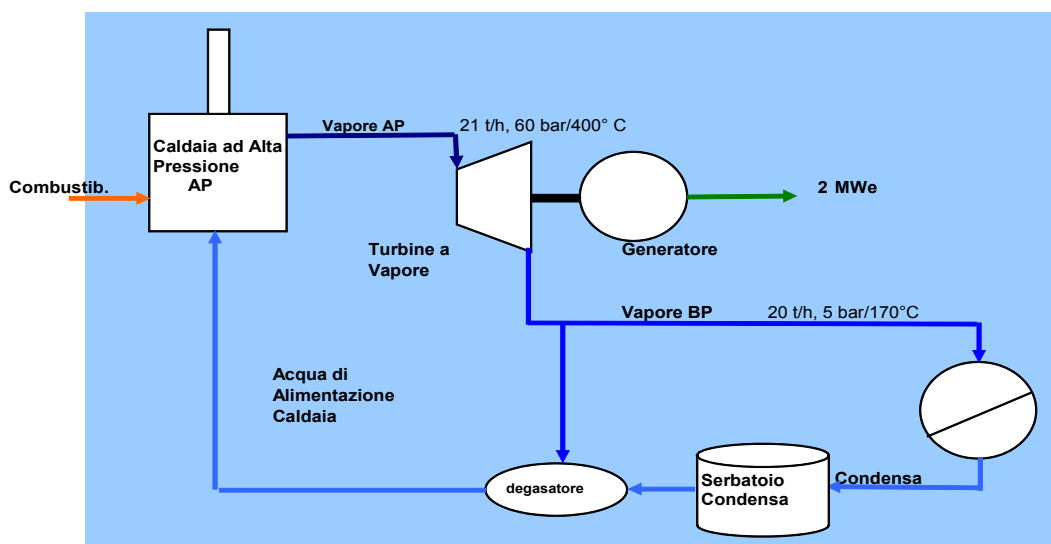
Perdite di vapore possono essere individuate spesso tramite un'ispezione visiva della valvola. Un'altra possibilità è quella di utilizzare dei rilevatori ad ultrasuoni. Molte valvole del vapore funzionano a cicli, così con un'ispezione ad ultrasuoni potete sentire se stanno funzionando correttamente.

MP4. 3.11. Utilizzare il Fabbisogno di Carico Base di Vapore per Generare (parte del) Consumo di Energia.

Normalmente negli impianti chimici, la maggior parte del vapore è utilizzato come Vapore a Bassa Pressione (BP), ad es. ad una pressione vapore di 10 bar o inferiore. Nei casi in cui ci sia un fabbisogno di vapore BP come carico base di circa 15 t/h o superiore per più di 6,000 ore di funzionamento ed oltre, potete considerare di utilizzare il vostro fabbisogno di carico base di vapore per generare energia elettrica. Ciò può essere realizzato tramite l'installazione di una caldaia per il vapore ad Alta Pressione (AP) e di un generatore a turbina a contropressione del vapore. La caldaia AP produce il vapore che viene mandato alla turbina, dove si espande a vapore BP, che viene a sua volta inviato all'impianto di distribuzione del vapore (lo schema è illustrato in Figura 17). L'energia nel vapore ad AP è utilizzata nel generatore a turbina per produrre energia elettrica. La generazione di vapore ad AP anziché a BP richiede solo un quantitativo di combustibile extra marginale, così che l'energia elettrica viene generata con un'efficienza molto alta e di conseguenza con bassi costi variabili. Nel vostro caso concreto riguardo a questa opzione, dovete dichiarare questo a fronte dell'investimento richiesto per una caldaia vapore AP e un'unità a turbina. In situazioni invece di costruzione ex-novo questa rappresenta sicuramente un'opzione interessante per l'efficienza energetica.

La Figura 17 illustra questa opzione. Essa mostra una situazione in cui vengono impiegate 20 t/h di vapore a 5 bar. Il vapore è generato nella sala caldaie a 60 bar, 400°C. Questo vapore AP si espande nella turbina a vapore di contropressione a 5 bar. Il generatore a turbina può produrre 2 MWe

FIGURA 17. TURBINA A VAPORE DI CONTROPRESSIONE



La tabella 16 mostra un confronto con la situazione in cui non è installata la turbina a vapore.

TABELLA 16. Benefici di una turbina a vapore

| | | Snz Turbina | Turbina |
|---|-------|--------------------|----------------|
| Condizioni Vapore ai punti di consumo: | | | |
| Vapore | t/h | 20 | 20 |
| Pressione | bar | 5 | 5 |
| Temperatura | °C | 170 | 170 |
| Entalpia | MJ/t | 2789 | 2789 |
| Condizioni Vapore in sala Caldaie: | | | |
| Vapore | t | 20,5 | 20,5 |
| Pressione | bar | 7 | 60 |
| Temperatura | °C | 190 | 400 |
| Entalpia | MJ/t | 2821 | 3180 |
| Produzione di Energia Elettrica: | | | |
| Capacità | kW | | 2000 |
| Elettricità Generata | kWh/h | | 2000 |
| | kWh/t | | 100 |
| Consumo Combustibile: | | | |
| Combustibile | GJ/h | 56,4 | 64,6 |
| Combustibile extra per en. Elettrica | | | |
| Combustibile en. Elettr. | GJ/h | | 8,2 |
| Efficienza El. | % | | 88 |

Nella situazione "Turbina" viene utilizzata una quantità maggiore di combustibile, perché viene generato del vapore con un'entalpia maggiore. A confronto con la situazione "Snz Turbina" il combustibile extra è 8.2 GJ per ora. Con questo combustibile extra possono essere generati 2 MWh di energia elettrica, quindi l'efficienza elettrica è $(2 \text{ MWh} = 2 \times 3.6 \text{ GJ el}) / 8.2 \text{ GJ combustibile}$ è pari all'88%. Supponiamo che il vostro combustibile sia gas naturale con un prezzo di €6/GJ, allora il prezzo variabile dell'energia elettrica è €25/MWh. Se i costi evitati per l'acquisto dell'energia elettrica sono €80/MWh, il vostro risparmio annuo su 7,000 ore di lavoro all'anno potrebbe essere $(80 - 25) \times 2 \times 7.000 = €770.000/\text{anno}$.

MP4. 3.12. Ottimizzare il Trattamento dell'Acqua

Nel ciclo acqua/vapore è richiesta un continuo rabbocco dell'acqua (Make up water) per compensare le perdite di vapore e di condensa, ad esempio nel caso in cui la condensa sia troppo contaminata per essere riutilizzata, oppure quando il vapore viene utilizzato nel processo, ecc. L'acqua non trattata contiene degli elementi contaminanti, quali il calcio, il magnesio, i cloruri e dei gas disciolti, quali O_2 e CO_2 , che provocherebbero seri problemi di corrosione e di incrostazioni negli impianti della caldaia e della condensa. Il trattamento dell'acqua di alimentazione della caldaia e delle acque della caldaia è di fondamentale importanza per una generazione del vapore affidabile ed efficiente.

I seguenti parametri del ciclo acqua/vapore dovrebbero essere verificati periodicamente al fine di escludere fenomeni di corrosione nel ciclo acqua/vapore ed assicurare una generazione del vapore senza problemi

- Adeguata riduzione della durezza dall'acqua di rabbocco: Sali bicarbonati di Ca- e Mg- sono le cause principali di incrostazioni nella caldaia. Essi possono essere rimossi dall'acqua di riempimento tramite un impianto di addolcimento dell'acqua, qui l'acqua passa attraverso un filtro a cationi che trasforma il Ca ed il Mg in Na, riducendo così la durezza. Per le caldaie a vapore fino ai 20 bar questo processo è spesso sufficiente. Per caldaie che funzionano ad una pressione superiore è spesso richiesta una ulteriore de-mineralizzazione dell'acqua di rabbocco.
- Mantenete la conducibilità dell'acqua al di sotto dello standard applicabile per la vostra caldaia: nell'evaporatore si forma del vapore pulito che lascia dei contaminanti nell'acqua della caldaia. Per evitare concentrazioni troppo alte di questi componenti, in particolare dei cloruri di Na, un certo quantitativo di acqua viene costantemente

drenato attraverso l'impianto, che è una buona misura per il livello di contaminazione. Verificate con i parametri standard dell'acqua disponibile se la vostra frequenza di blow down è correttamente impostata.

- Mantenete il pH dell'acqua della caldaia entro i limiti di alcalinità richiesti: l'acqua della caldaia deve essere sufficientemente alcalina per formare uno strato di magnetite sui tubi di acciaio per prevenire la corrosione acida della caldaia. È possibile realizzare ciò aggiungendo una piccola dose di NaOH.
- Verificate la rimozione di CO₂ e O₂ nel degasatore: O₂ e CO₂ libere nella condensa e nell'acqua di riempimento vengono rimosse nel degasatore. Il restante quantitativo di O₂ nell'acqua di alimentazione della caldaia dovrebbe essere al di sotto dello standard applicabile per la vostra caldaia.
- Verificate le misure protettive per evitare la corrosione acida nel sistema di condensa di ritorno: i bicarbonati (-HCO₃) nell'acqua di alimentazione della caldaia passano nell'degasatore e si scindono nell'evaporatore in acqua e CO₂. La CO₂ che esce dalla caldaia insieme al vapore potrebbe causare corrosione nel sistema di condensa, se non vengono prese misure preventive. Per questa ragione vengono aggiunti all'acqua degli alcalinizzanti volatili, quali l'ammoniaca.
- Verificate la condensa di ritorno per le contaminazioni in particolare per la presenza di componenti organici, che provocherebbero corrosione e presenza di sporco nella caldaia. Il controllo sulla presenza di sostanze organiche nella condensa è una funzione preventiva. Se la condensa è contaminata deve essere scaricata.

Se nella vostra azienda mancano le conoscenze e le esperienze nel campo del trattamento delle acque, potete considerare di dare all'esterno l'appalto del trattamento delle vostre acque a società qualificate.

MP4 3.4. Elenco degli interventi raccomandati

In questa sezione si trova una sintesi degli interventi che fanno parte di un comportamento diligente inseriti in questo Caso di Miglior Prassi:

Periodicamente, ma almeno una volta all'anno, vanno previste un'ispezione ed una manutenzione alle caldaie ed alle apparecchiature della sala caldaie.

Tracciate la tendenza dell'efficienza di tutte le vostre caldaie almeno mensilmente in relazione al vapore prodotto.

Se fate funzionare caldaie multiple in parallelo applicate una gestione dei carichi per ottimizzare l'efficienza complessiva.

Assicurate una combustione sicura ed affidabile nelle vostre caldaie con un sistema di salvaguardia del bruciatore conforme agli standard di sicurezza.

Misurate l'eccesso di O₂ nei gas combusti della caldaia e regolate il rapporto aria/combustibile al minimo quantitativo accettabile di eccesso di aria di combustione, al fine di minimizzare le perdite del camino.

Controllate e riparate l'isolamento delle caldaie, delle tubazioni e delle valvole se necessario. Assicuratevi che il trattamento dell'acqua di alimentazione delle caldaie, dell'acqua delle caldaie e del ritorno di condensa sia conforme alle norme e funzioni regolarmente. Assicuratevi che vengano fatte analisi periodiche di campioni di acqua.

Controllate l'impostazione del rapporto di spurgo con la qualità dell'acqua della caldaia.

Controllate se il degasatore funziona alla pressione minima richiesta.

Verificate il funzionamento delle trappole del vapore.

Controllate le perdite di vapore nel sistema.

Controllate periodicamente la presenza di incrostazioni e sporco nelle caldaie.

Controllate periodicamente la presenza di sporco ed incrostazioni sulle superfici degli scambiatori di calore.

Generazione del Calore

| Opportunità di breve termine / investimenti a basso costo | |
|--|--|
| Opportunità di risparmio energetico | Azioni da verificare |
| 1. ridurre al minimo l'eccesso di aria di combustione | 1. tenere sotto controllo il rapporto CO ₂ /O ₂ |
| 2. Mantenere il grado di combustione al massimo livello (combustione completa) | 2. Misurare la formazione di fuliggine/CO |
| 3. Mantenere pulita la caldaia (fuliggine/incrostazioni) | 3. Monitorare il rialzo della temperatura dei gas combusti |
| 4. Riparare (sostituire) l'isolamento della caldaia | 4. ispezionare periodicamente le condizioni dell'isolamento termico della caldaia. |
| 5. isolare termicamente il serbatoio dell'acqua di alimentazione e coprirlo | 5. Verificate eventuali cali della temperatura dell'acqua di alimentazione |
| 6. Isolate le linee di ritorno della condensa | 6. Verificate eventuali perdite di calore dalle linee di ritorno della condensa. |
| 7. Ottimizzare la qualità dell'acqua di rabbocco e di quella di alimentazione | 7. Monitorare la qualità dell'acqua di rabbocco e dell'acqua di alimentazione: durezza, acidità e concentrazione di O ₂ . |
| 8. Minimizzare lo spurgo | 8a. Tenere sotto controllo la concentrazione dei solidi disciolti nell'acqua della caldaia. 8b. Migliorare i controlli sullo spurgo |
| 9. Mantenere nelle condizioni previste dal manuale dell'impianto gli ugelli, le griglie, l'alimentazione del combustibile, la pressione e la temperatura | 9a. Assicuratevi che le specifiche esistano e vengano applicate. 9b. Eseguite dei controlli regolari, reimpostando i parametri previsti dal manuale e la manutenzione. |
| 10. Massimizzare la temperatura dell'aria di combustione | 10. prelevate l'aria dal punto più alto della sala caldaie. |
| 11. Riducete la pressione del vapore se supera i valori previsti dal processo/sistema. | 11. Controllate i requisiti richiesti dal processo/ sistema; impostate i controlli. |
| 12. Utilizzate un condotto per recuperare l'aria calda di combustione più calda | 12. Installate un condotto per recuperare l'aria di combustione nella parte più alta della sala caldaie. |
| 13. Installate un rilevatore automatico di perdite di gas. | - |
| 14. Riparate i tubi del vapore che perdono. | - |
| Opportunità di lungo termine / investimenti maggiori | |
| Opportunità di risparmio energetico | Azioni da verificare |
| 1. per far fronte alle rapide variazioni del fabbisogno, è possibile convertire una o più caldaie in serbatoi tampone (buffer tank). | 1. Monitorare/valutare i profili di cambiamento del fabbisogno. |
| 2. modificate i controlli in "Alto-Basso-Spento" oppure "Fiamma Modulante-Basso-Spento" | 2. Monitorare/valutare i profili di cambiamento del fabbisogno. |
| 3. Installare il recupero istantaneo del calore del vapore | 3. Considerate situazioni di elevata capacità con continui/frequenti scarichi dello spurgo. |
| 4. Migliorate i controlli della combustione. | 4a. Prevedete un'alimentazione adeguata che soddisfi il fabbisogno. 4b. Minimizzate l'inquinamento da combustibile. 4c. Proteggete il personale e le attrezzature. |
| 5. recupero del calore di scarto | 5a. Economizzatore 5b. preriscaldatore dell'aria (recuperatore)? |
| 6. Installare un recupero del calore dello spurgo della caldaia. | 6. Considerate situazioni di elevata capacità con continui/frequenti scarichi dello spurgo. |
| 7. Utilizzare un processo integrato | 7. abbinare unità di processo che richiedono quantità di calore significativamente diverse (ad es. il vapore a bassa pressione proveniente da un processo di produzione che utilizza vapore ad alta pressione può essere usato per un processo che richiede vapore a bassa pressione). |

Fonte: www.bess-project.info

MP4. 5. Ulteriori informazioni

Esempio di Miglior Prassi per Migliorare le Performance di un Generatore di Vapore

Uno dei partecipanti all'audit di CARE+ ha installato una nuova caldaia del vapore con un apparecchio di recupero del calore (economizzatore), risparmiando il 12% sui consumi annuali dell'energia e risparmiando sulla bolletta del gas naturale (circa 120.000 euro/anno). Il periodo di ritorno dell'investimento è stimato in 2,05 anni.

MP4. 5.1. Bibliografia

1. Steam and high temperature hot water, introducing energy savings opportunities for business, Carbon Trust publication CTV018 Technology overview; www.carbontrust.co.uk
2. Improving Steam System Performance, A Sourcebook for Industry, US DOE, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, www.eere.energy.gov
3. Steam System Opportunity Assessment for the Pulp and Paper, Chemical Manufacturing, and Petroleum Refining Industries, US DOE, Office of EERE, www.eere.energy.gov

Migliore prassi 5. Come Ridurre il Consumo di Energia nei Sistemi di Aria Compressa

MP5. 1. Introduzione

L'aria compressa fa parte delle attrezzature maggiormente energivore, assai diffuse nell'industria chimica. Siccome l'aria compressa è così facile da usare e così comoda è spesso impiegata a sproposito e scelta per applicazioni per le quali esistono ottime alternative più efficienti ed economiche dal punto di vista dell'energia. L'aria compressa è percepita come un prodotto a costo trascurabile e non ci si rende conto dei costi di energia associati relativamente elevati. Per questo motivo per realizzare dei risparmi non è sufficiente ricercare l'efficienza nella produzione di aria compressa, ma è necessario investigare su come ridurre il consumo modificando il comportamento dei suoi utilizzatori. In questa miglior prassi sono importanti i seguenti argomenti:

- la valutazione dell'uso attuale di aria compressa con lo scopo di trovare alternative per ridurre l'utilizzo.
- Determinare la quantità di energia ed i relativi costi del sistema di aria compressa.
- Opportunità di ridurre il consumo di aria compressa
- Opportunità di ottimizzare la fornitura di aria compressa
- Altre opzioni di risparmio di energia nel sistema di aria compressa

MP5 2. Dove si usa l'aria compressa nel processo industriale?

In generale l'aria compressa è usata in diverse applicazioni, per esempio:

- Nel trasporto di merci o per i cuscini ad aria negli utensili ad alta precisione
- in alcuni processi l'aria compressa viene utilizzata direttamente nel processo, per esempio, asciugatura
- grande numero di applicazioni si trova nella tecnologia industriale del vuoto ed in tutta una serie di attività di movimentazione dei componenti, imballaggi eccetera. In molti casi vengono usati gli eiettori ad aria compressa per creare il vuoto necessario in tutti i generi di attività.
- Come aria degli strumenti in varie attività di controllo del processo.
- Negli impianti può essere utilizzata per alimentare degli attrezzi
- Ci possono essere anche applicazioni speciali come aria di riserva per la respirazione

MP5. 3. Valutazione della Produzione ed Utilizzo attuali dell'aria compressa

Verificate viene utilizzata l'aria compressa nel vostro impianto e quali sono le condizioni di erogazione in termini di pressione e di punto di rugiada (Dew point). Il punto di rugiada è la temperatura ad una certa pressione alla quale il vapore acqueo nell'aria comincia a condensare. Il Punto di rugiada è normalmente specificato come una Temperatura (Pressure Dew Point - PDP) alla pressione di erogazione. Il controllo del punto di rugiada dell'aria compressa è importante per evitare la condensa nel sistema, che può causare seri problemi nell'impianto di distribuzione e con gli utilizzatori dell'aria compressa.

La qualità dell'aria è classificata secondo lo standard ISO 8573-1. L'aria compressa dovrebbe essere prodotta preferibilmente in compressori senza olio, per evitare

contaminazioni di tracce di olio lubrificante, che possono causare problemi di affidabilità negli strumenti ed in altri utilizzi finali (la separazione dell'olio dai compressori a vite e dai compressori alternativi non è mai sicura al 100% e necessita di supervisione e manutenzione piuttosto intensive)

MP5. 3.1. Sviluppare un Diagramma a Blocchi con i Principali Componenti del Vostro Impianto

Per analizzare il vostro impianto di aria compressa esistente è utile sviluppare un diagramma a blocchi che indichi i componenti principali del vostro impianto con le loro capacità. Inoltre, il diagramma a blocchi dovrebbe contenere informazioni su:

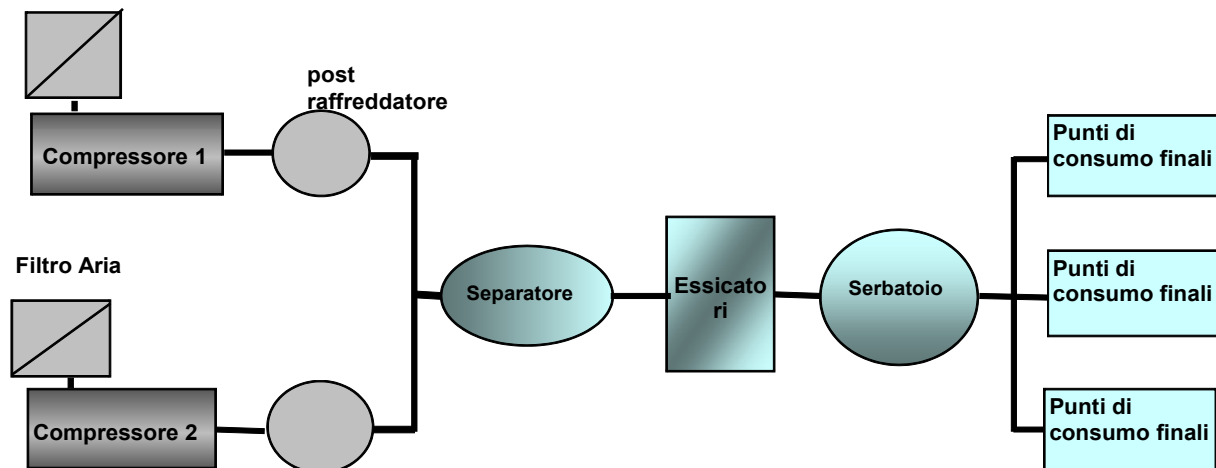
Capacità dei componenti principali (compressori, essiccatori, receiver);

Condizioni di erogazione dell'aria (pressione e punto di rugiada);

Dove sono posizionati i rilevatori di flusso e pressione;

Utilizzo massimo, medio e minimo dei punti di consumo finali in Nm³/h.

FIGURA 18 DIAGRAMMA A BLOCCHI DELL'IMPIANTO DI ARIA COMPRESSA



I compressori di aria sono disponibili in un grande varietà di modelli. I tipi più comuni sono: compressori alternativi, a vite e centrifughi. I compressori alternativi e a vite sono disponibili nelle versioni ad iniezione di lubrificante e senza lubrificante (oppure a secco). Per i modelli ad iniezione di lubrificante è richiesto un separatore d'aria/lubrificante per rimuovere la maggiore quantità di lubrificante possibile dall'aria compressa. Per un impianto affidabile ad aria compressa è preferibile utilizzare compressori senza lubrificante, perché potrebbero accumularsi delle tracce di lubrificante nel sistema che potrebbero causare gravi problemi per l'utilizzo finale (ad esempio con la strumentazione). L'aria compressa che esce dal compressore è ancora calda e deve essere raffreddata nel post raffreddatore. Riducendo la temperatura dell'aria, il vapore presente in essa si condensa. Questa condensa viene separata e drenata dall'impianto. L'aria che esce dal filtro/separatore è ancora satura. Per evitare un'ulteriore condensa a valle dell'impianto, l'aria viene seccata tramite degli essiccatori. La loro funzione è quella di controllare il punto di rugiada dell'acqua dell'aria compressa, attraverso la rimozione del vapore acqueo dall'aria compressa. Il punto di rugiada richiesto determina quale tipo di essiccatore dovrete impiegare.

I tipi più comuni sono:

- Gli essiccatori refrigeranti, a causa del loro intervallo di punto di rugiada limitato (non al di sotto dei 2°C) non possono essere utilizzati in impianti che operano in condizioni di congelamento.

- essiccatori ad assorbimento rigenerativo utilizzano un elemento disidratante poroso che assorbe l'umidità dell'aria. Generalmente essi sono composti da due unità separate. L'aria compressa, per essere asciugata fluisce attraverso una delle unità, mentre l'essiccatore nell'altra viene rigenerato. Vengono anche utilizzati essiccatori deliquescenti. Essi utilizzano una sostanza di essiccazione assorbente, cioè la sostanza essiccante si consuma mentre cambia da solida a liquida e non può essere rigenerata. Questo tipo di essiccatori può raggiungere dei punti di rugiada fino a -40°C .
- gli essiccatori a membrana semipermeabile utilizzano una tecnologia sofisticata e lavorano fino a -20°C .

MP5. 3.2. Quantificare Consumo di Aria Compressa ed Utilizzo di Energia Elettrica

Quanto accurata può essere l'indagine sulla quantità dell'aria e sul relativo consumo di energia elettrica dipende da quali misurazioni vengono svolte nel vostro impianto.

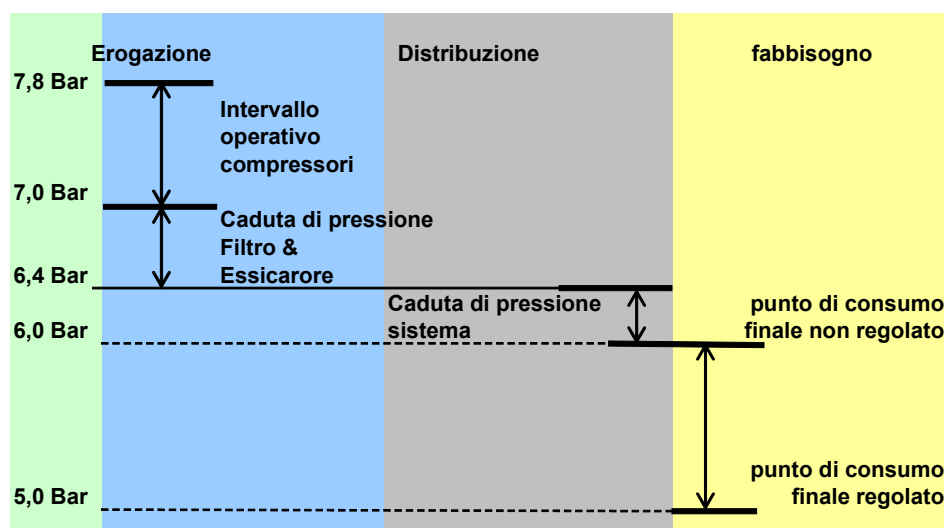
- Se ci sono dei misuratori di flusso installati lungo le linee di erogazione dell'aria e viene misurato anche il consumo di energia elettrica dei compressori, le rilevazioni vi daranno l'informazione richiesta sulla quantità di aria e sul relativo consumo di energia elettrica.
- Se non ci sono ancora dei flussometri né delle misurazioni sull'energia elettrica, potete ricavare dei valori indicativi delle quantità di aria erogate e del relativo consumo di energia elettrica sulla base delle ore registrate di carico pieno dei compressori e dalle specifiche (note) del Venditore sulla capacità del compressore (Nm^3/h , oppure Nm^3/min) e dal consumo di energia elettrica dei compressori. Se vengono registrate anche le ore a carico zero dei compressori, potete includere questa informazione nel vostro calcolo sul consumo di energia elettrica.

Come verifica, potete utilizzare degli ampèrometri provvisori per ricavare una misurazione indicativa del consumo di energia elettrica.

MP5. 3.3. Sviluppare il Profilo della Pressione del Sistema

Un altro strumento utile per l'analisi del vostro impianto è tracciare un profilo di base della pressione. Questo profilo mostra le cadute di pressione nell'impianto ad un determinato flusso. Questa informazione fornirà un dato in ingresso per gli adeguamenti di controllo ed il monitoraggio delle cadute di pressione sui filtri, refrigeratori ed essiccatori. Un esempio viene dato dalla Figura 19.

FIGURA 19. PROFILO DELLA PRESSIONE DELL'IMPIANTO DI ARIA COMPRESSA



Ciò richiede una serie di misurazioni della pressione impostata e della pressione differenziale:

Pressione di mandata dell'aria ai compressori.

Pressione in uscita ai compressori (preferibilmente anche nelle fasi intermedie dei compressori a molte fasi).

Pressione differenziale sui refrigeratori, filtri ed essiccatori.

Pressioni rilevate in punti appropriati nella distribuzione ed alle utenze finali.

Dovreste fare le misurazioni della pressione in vari momenti al fine di comprendere come sta funzionando il vostro impianto. Preferibilmente dovrebbero essere utilizzati dei registratori di dati per tracciare la tendenza dei flussi dell'aria e delle pressioni dell'impianto. Queste informazioni vi aiuteranno ad ottimizzare il profilo di carico dei vostri compressori e, di conseguenza, il consumo di energia elettrica.

MP5. 3.4. Fare un bilancio dell'aria compressa

Come terza fase per l'accertamento del vostro utilizzo di aria compressa, potete fare un bilancio dell'aria che vi fornirà informazioni significative per le vostre indagini sulle aree di miglioramento. Un esempio di bilancio dell'aria è dato dalla Tabella 17.

Tabella 17. Bilancio dell'aria compressa

| 1) Produzione di aria compressa | | | | | |
|--|------------------|--------------------|-------------------------------|---------------------|---------------------|
| | | Capacità | Ore di funzionamento per mese | Produzione per mese | |
| | | Nm ³ /h | | Nm ³ | |
| Compressore 1 | | | | | |
| Compressore 2 | | | | | |
| Produzione totale | | | | X | |
| 2) Consumo di aria compressa (stimato) | | | | | |
| Area sito | Tipo di utilizzo | Quantità | Uso Specifico per tipo | Ore a settimana | Consumo a settimana |
| | | | Nm ³ /h | | Nm ³ |
| Processo A | Ugelli a spruzzo | 10 | 12 | 30 | 3600 |
| | Sistema Vuoto | 1 | 20 | 40 | 800 |
| Processo B | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| Consumo totale | | | | | Y |
| 3) Bilancio | | | | | X - Y |

Includete nel vostro bilancio anche la pressione dell'aria ed il punto di rugiada minimi misurati ai punti di consumo

MP5. 3.5. Verificare le Perdite

Il Bilancio in Tabella 17 include anche le perdite. Queste possono essere individuate, ad esempio, attraverso un controllo dell'impianto con delle misurazioni ad ultrasuoni. Quantificare le perdite risulta invece più complicato. Una possibilità è quella di fare un test sulle perdite con uno dei compressori dell'aria, mentre tutti gli altri punti di consumo ufficiali sono spenti (almeno quelli per cui non può essere direttamente quantificato il consumo dell'aria). Durante questo test, viene registrato il tempo che il compressore dell'aria impiega per ripristinare la pressione dell'aria. Se, ad esempio, il compressore impiega 10 minuti in un'ora a piena capacità per ripristinare la pressione dell'aria, la perdita è di 1/6 della capacità del compressore. Una misurazione più accurata può essere presa durante questa operazione di test sulle perdite, se viene misurato anche il flusso dell'aria. Un'altra possibilità è quella di misurare il tempo che la pressione impiega nel recipiente di stoccaggio dell'aria nell'impianto a cadere di 1 o 2 bar, con i compressori spenti e con tutti i punti di consumo

ufficiali dell'aria disconnessi dal sistema. Allora il volume delle perdite sarà:

$$VP = VS \times (p1 - p2)/t$$

In cui:

VP = Volume Perdite (m³/min)

VS = Volume Recipiente Stoccaggio (m³)

p1 = pressione iniziale nel recipiente di stoccaggio (bar)

p2 = pressione finale nel recipiente di stoccaggio (bar)

t = tempo (minuti)

MP5. 3.6. Migliorare la Misurazione e la Registrazione dei Dati

Considerate i vantaggi derivanti dal miglioramento della vostra misurazione. In alternativa, potreste considerare di usare provvisoriamente i misuratori di flusso e gli amperometri per monitorare la produzione di aria compressa ed il suo utilizzo durante determinati periodi.

MP5. 4. Determinare il Consumo di Energia ed i Costi dell'Aria Compressa

I costi dell'energia rappresentano la maggior parte dei costi totali dell'aria compressa. Generalmente può essere fatta la seguente suddivisione:

Costi dell'energia: 75% dei costi totali dell'aria

Costi finanziari: 13%

Manutenzione ed altri costi: 12%

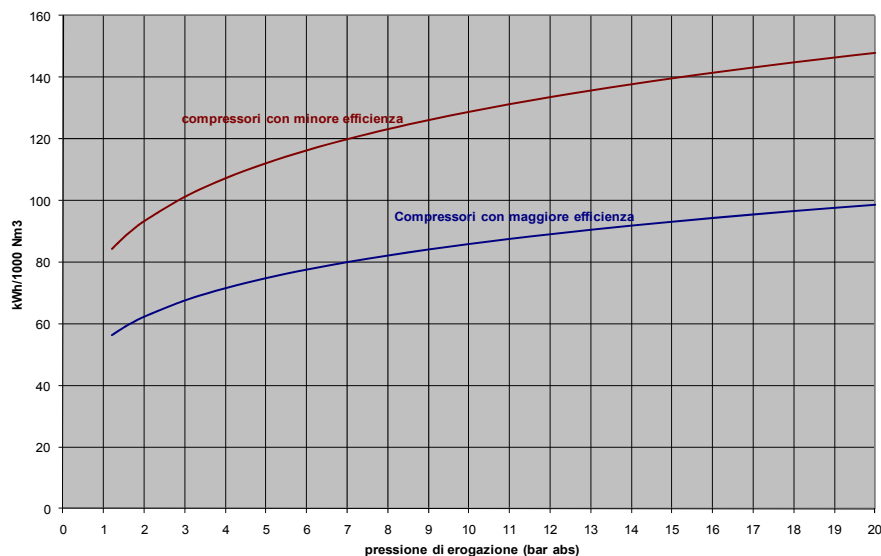
Se non è già noto, dovrete determinare quali sono i costi dell'energia e di esercizio propri del vostro sistema di aria compressa

Con le informazioni disponibili descritte nella Miglior Prassi 2, potete quantificare l'utilizzo di energia elettrica in kWh per Nm³ (oppure kWh per 1.000 Nm³) di aria compressa. Questo è l'indicatore di Prestazione Energetica più importante da utilizzare con le misure di efficienza energetica nell'ambito dell'aria compressa. Per la spiegazione degli indicatori di performance energetica vedere nel capitolo 8.3 del Manuale delle Migliori Prassi 2.

Il quantitativo di energia richiesto per produrre circa 1.000 Nm³ di aria compressa dipende dal tipo di compressore, dalla sua efficienza e dalla pressione di erogazione dell'aria. La quantità di aria compressa è spesso espressa in Normal metri cubi (Nm³). Questo è un volume standard ad una pressione di 1.013 bar e ad una temperatura 0°C.

La Figura 20 illustra una gamma indicativa di consumo di energia elettrica per 1.000 Nm³ per i compressori in funzione della pressione di erogazione dell'aria.

FIGURA 20 COSUMO DI ENERGIA ELETTRICA PER 1.000 Nm³ DI ARIA COMPRESSA



Come si può vedere c'è un incentivo in termini energetici (e di costi) a lavorare con pressioni inferiori dell'aria, dal momento che l'energia e i costi coinvolti sono basilari per creare una consapevolezza del miglioramento di efficienza energetica in questo campo.

MP5. 5. Opportunità di Ridurre il Consumo di Aria Compressa

MP5. 5.1. Alternative dell'uso di Aria Compressa

Spesso le alternative sono più efficienti dal punto di vista energetico. Alcuni esempi di utilizzo non appropriato dell'aria compressa:

Soffiaggio: l'aria compressa è utilizzata con tubi o tubazioni non regolabili per: raffreddamento, asciugatura, pulizia, pulizia dei nastri trasportatori, ecc. Spesso questi usi possono essere evitati utilizzando delle alternative.

Utilizzare l'aria compressa per l'aspirazione, l'atomizzazione, l'imballaggio, ecc. Nella maggior parte dei casi potrebbe essere utilizzato un soffiatore (*blower*) a bassa pressione più efficiente.

Utilizzare l'aria compressa per la movimentazione del materiale. In questo caso un soffiatore a bassa pressione può essere un'alternativa.

Utilizzare l'aria compressa per produrre il vuoto. Per questa applicazione l'aria compressa è utilizzata unitamente ad un eiettore per creare il vuoto per tutti i tipi di movimentazione. I generatori del vuoto possono causare ingenti picchi di carico nella richiesta di aria compressa, provocando delle inefficienze nella funzionalità del compressore. Per generare vuoto a carichi più costanti (circa il 30% del tempo) un'alternativa può essere quella di utilizzare una pompa per il vuoto dedicata, che è più efficiente e spesso più affidabile nel creare le condizioni adeguate.

Utilizzare l'aria compressa in pistole ad aria e lance a mano. Non utilizzate, anche per motivi di sicurezza, dispositivi a mano a soffio non regolabili. Si dovrebbero utilizzare solo lance ad aria conformi agli standard di sicurezza ed il loro utilizzo dovrebbe essere limitato laddove strettamente necessario.

Utilizzare strumenti ad aria invece di strumenti elettrici più efficienti.

Utilizzo finale non regolabile. Un regolatore di pressione dovrebbe essere posizionato nell'impianto di distribuzione vicino ai punti di consumo finali per utilizzare al massimo la pressione dei punti di consumo finali, altrimenti questi utilizzano la pressione dell'intero impianto, ciò rappresenta la causa potenziale dei problemi di pressione dinamica nel sistema e può introdurre inefficienze sostanziali nella funzionalità del compressore.

MP5 5.2. Individuare e Riparare le perdite

Durante le ore di fermo dell'impianto è possibile rilevare le perdite, che in questa situazione diventano udibili. Inoltre, un altro modo efficace di rilevazione delle perdite è l'installazione di un rilevatore acustico ad ultrasuoni durante le ore di operatività. Se non presa in considerazione, una parte sostanziale (20% o più) dell'aria compressa prodotta può andare sprecata nelle perdite. Le zone più comuni per le perdite sono: accoppiamenti, manichette, tubi, inserzioni, giunture di tubi, disconnettori rapidi, valvole di condensa, e dispositivi di utilizzo finali.

MP5 5.3. Utilizzo di attrezzature più efficienti

L'aria compressa è spesso usata per asciugare, raffreddare e pulire. Utilizzate ugelli efficienti ed effettuate periodicamente la manutenzione per risparmiare aria compressa.

Controllate che non venga superata la vita utile di ogni applicazione. Uno strumento usurato consuma spesso una quantità eccessiva di aria compressa e può influenzare le altre operazioni limitrofe.

Controllate con i fornitori se possono essere riconfigurati i processi di produzione per migliorare l'efficienza.

MP5. 5.4 Ottimizzare l'Erogazione dell'Aria Compressa

Le principali aree di miglioramento sono:

Controllo dell'intero reparto dei compressori dell'aria (ad es. controllo del carico individuale dei compressori).

Mantenere la pressione dell'aria al livello minimo richiesto.

Prevedere un regolare servizio di manutenzione ai componenti del sistema dell'aria.

MP5 5.5. Ottimizzare il Reparto dell'Aria Compresa

Il reparto dei compressori deve cercare di bilanciare l'erogazione ed il fabbisogno ad una pressione dell'aria di sistema stabile in tutte le variazioni di carico. Quanto efficientemente questo possa essere fatto dipende dal tipo di compressori installati, dal tipo di controllo del carico e dal profilo degli utilizzatori dell'aria compressa. Quindi, ottimizzare il reparto dei compressori si deve intervenire sulla gestione della richiesta, sui controlli, sullo stoccaggio.

A) Storage

Una richiesta di grandi volumi intermittenti di aria provocherebbe fluttuazioni nella pressione e, di conseguenza, si avranno ampie fluttuazioni nel reparto dei compressori. Queste fluttuazioni nella richiesta possono essere ammortizzate da serbatoi di stoccaggio dell'aria appositamente dedicati nell'impianto di distribuzione posizionati il più vicino possibile agli utilizzatori intermittenti, permettendo ai compressori di funzionare ad un profilo di carico più uniforme. Il volume di stoccaggio richiesto è una funzione della richiesta di aria intermittente (m^3/min) sul tempo e sulla caduta di pressione ammissibile nell'impianto di aria compressa. La formula seguente può essere utilizzata per stimare il volume di stoccaggio richiesto:

$$V_s = v_i \times t / (\Delta p)$$

In cui:

V_s = Volume serbatoio di stoccaggio (m^3)

v_i = consumo di aria intermittente (m^3/min)

t = durata del consumo intermittente (min)

Δp = caduta di pressione ammissibile (bar)

B) Controllo del Carico del Compressore

Generalmente i sistemi dell'aria compressa utilizzano compressori multipli. Su base media annua essi lavorano tutti a carico parziale, perché la capacità disponibile si basa sul servizio del picco di richiesta (spesso in un'ottica (n-1), cioè che un compressore è sempre nella funzione di stand-by). Quindi tutti i compressori individuali operano con una forma di controllo della capacità. I compressori possono avere tipi differenti di controllo di carico:

Start/stop, il ciclo di controllo della capacità consiste nel far funzionare il compressore a piena capacità e poi spegnerlo.

Funzionamento carico/folle (load/idle), il compressore funziona in continuazione e la capacità è controllata tramite il carico e lo scarico del lato di aspirazione, così che per un certo periodo di tempo questo non distribuisce aria.

Operazioni di carico parziale, il compressore funziona continuamente ed ha un sistema di modulazione della capacità di aspirazione.

Controllo della velocità variabile, il compressore ha un controllo della capacità continuo, variando la velocità del compressore.

Il controllo della velocità variabile è la forma più efficiente di controllo del carico. Con gli altri tipi, il funzionamento in folle potrebbe ancora richiedere dal 25% al 30% dell'energia elettrica di pieno carico. Il tipo di controllo applicabile dipende dal tipo di compressore in uso.

Quando si adottano compressori multipli, questi vanno combinati in modo da minimizzare il consumo di energia elettrica totale. Questo può essere raggiunto con un controllo principale che gestisce la suddivisione del carico e le ore di operatività di ciascun compressore.

MP5 5.6. Mantenere la Pressione dell'Aria al Livello Minimo Necessario

Come descritto precedentemente, una pressione inferiore dell'aria ridurrà significativamente l'energia elettrica richiesta dai compressori.

Se la vostra erogazione dell'aria è dettata da una quantità relativamente piccola di aria ad una pressione più elevata, potete considerare di installare un compressore booster per quella specifica quantità e far funzionare tutto l'impianto ad una pressione inferiore.

Se il vostro sistema necessita di avere alta pressione per far fronte a grandi richieste intermittenti di aria, potete considerare di installare un serbatoio di stoccaggio aggiuntivo vicino agli utilizzatori intermittenti, per permettere la riduzione del vostro sistema di pressione ed evitare le fluttuazioni di pressione.

MP5 5.7. Predisporre un Programma di Manutenzione Continuativo

I sistemi di aria compressa richiedono di un sistema di ispezioni e manutenzione ad intervalli regolari per mantenere i componenti in buone condizioni. È necessaria una certa cura delle apparecchiature e risposte immediate ai cambiamenti ed alle tendenze delle operazioni e dell'efficienza. Ciò permetterà all'impianto di operare con alta affidabilità. Una manutenzione inadeguata e la mancanza di ispezioni periodiche possono incrementare il consumo energetico attraverso una minore efficienza della capacità di compressione, perdite di aria, ecc. Ciò può anche portare ad avere temperature operative dell'aria più alte e, di conseguenza, ad uno scarso controllo dell'umidità negli essiccatori.

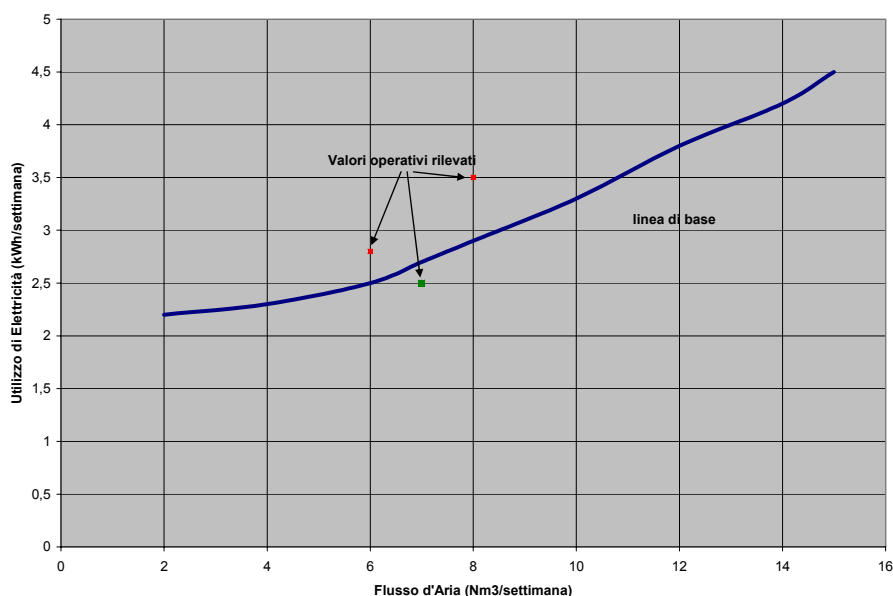
Stabilite un programma di ispezioni e manutenzioni ad intervalli regolari in conformità con le specifiche del costruttore. Dovreste valutare se sono necessarie ispezioni più frequenti, ad esempio, sui filtri o sui refrigeratori per ottimizzare l'efficienza dell'impianto.

Misurate la caduta di pressione nei componenti di trattamento per l'aria, quali i filtri, refrigeratori ed essiccatori. Pulite o sostituite i filtri se la caduta di pressione eccede i 0.5 bar.

Misurate la temperatura di aspirazione degli essiccatori. Questa non dovrebbe eccedere il livello consigliato per il vostro tipo di essiccatore con il compressore a pieno carico. Se questa temperatura è troppo alta, controllate il post refrigeratore e pulite lo scambiatore di calore, se necessario.

Un buon modo di controllare se il vostro impianto di aria compressa funziona efficientemente, è quello di sviluppare una linea di base per l'utilizzo di energia elettrica settimanale (kWh/settimana) a fronte della produzione di aria settimanale (Nm³/settimana), e di tracciare regolarmente i risultati settimanali in questo grafico per controllare come le prestazioni sono in relazione con la linea base. Un esempio è dato dalla Figura 21.

FIGURA 21. PERFORMANCE OPERATIVE DELL'IMPIANTO DI ARIA COMPRESSA



MP5 6. Altre Opzioni di Risparmio Energetico nel Sistema dell'Aria Compressa

Aspirazione dell'aria da ambienti freddi:

Più basse sono le temperature di aspirazione dell'aria, meno energia è richiesta al

compressore per comprimere l'aria alla pressione richiesta. Se i compressori d'aria sono posizionati all'interno degli edifici, dovrete considerare di convogliare la presa d'aria dall'esterno dell'edificio per prendere l'aria esterna più fredda.

Controllate periodicamente le condizioni dei filtri di aspirazione. Filtri sporchi o perfino intasati riducono il flusso dell'aria ed aumentano la richiesta di energia per m³ di aria.

Utilizzate il calore di raffreddamento proveniente dal compressore e dal post refrigeratore. Almeno il 90% dell'ingresso di energia nel ciclo di compressione è convertito in calore che deve essere rimosso. Questo calore può essere utilizzato per generare calore a bassa temperatura (per l'acqua calda da 50°C fino a 70°C). Alcuni tipi di compressori utilizzano il calore dell'aria scaricata dai compressori caldi per la rigenerazione degli essiccatori.

MP5 7. Elenco degli Interventi Raccomandati

Gli interventi proprio di un comportamento diligente intesi a ridurre l'utilizzo dell'energia in un sistema di aria compressa sono:

Controllo periodico del sistema e riparazione delle eventuali perdite.

Redigete un elenco di tutti i casi di utilizzo non necessario o inappropriato dell'aria compressa.

Sostituite i dispositivi dell'aria usurato (come gli ugelli a spruzzo).

Impostate la pressione nell'impianto al minimo livello accettabile, tenendo conto dei profili di richiesta e del volume dei serbatoi di stoccaggio.

Verificare se ha senso aumentare la pressione a livelli elevati per servire dei piccoli utilizzatori

Controllate la capacità dei serbatoi di stoccaggio in relazione ai profili di consumo, al fine di ottimizzare il consumo energetico dei compressori dell'aria.

Controllate che la temperatura dell'aria in ingresso non ecceda il valore specificato per gli essiccatori e controllate se gli essiccatori funzionano correttamente.

Considerate di migliorare le misurazioni delle pressioni e del volume dell'aria nell'impianto.

Misurate l'utilizzo energetico dei compressori dell'aria e mettetelo in relazione con il volume di aria prodotto.

Sviluppate una suddivisione del carico ottimale per i compressori multipli, al fine di minimizzare l'utilizzo di energia elettrica.

Indagate l'utilizzo dell'energia di raffreddamento dei compressori.

Controllate che vengano periodicamente eseguite manutenzioni e ispezioni sulle apparecchiature dell'aria compressa con periodica sostituzione dei filtri

A complemento di questo elenco vi sono alcuni interventi che vanno al di là del semplice comportamento diligente.

Aria Compressa

| Opportunità di breve termine / investimenti a basso costo | |
|---|----------------------|
| Opportunità di risparmio energetico | Azioni da verificare |
| 1. spegnere tutte le apparecchiature possibili | |
| 2. Installare delle valvole a solenoide a basso prezzo sui condotti verso le singole apparecchiature. Spegner l'aria compressa non appena le apparecchiature vengono spente | |
| 3. tenere puliti i filtri dell'aria in ingresso | |
| 4. lavorate alla più bassa pressione possibile. se possibile riducete ulteriormente la pressione localmente | |
| 5. utilizzate l'aria di aspirazione alla più bassa temperatura possibile | |
| 6. Installate i motori a due velocità | |
| 7. Eliminate le perdite | |
| 8. verificate regolarmente che la pressione | |

| | |
|---|-----------------------------|
| sia impostata correttamente | |
| Opportunità di lungo termine / investimenti maggiori | |
| Opportunità di risparmio energetico | Azioni da verificare |
| 1. Installate un compressore jolly per soddisfare la richiesta oltre il picco. | |
| 2. Assicuratevi che la tubazione dell'aspirazione dell'aria sia il più freddo possibile | |
| 4. Installate un flussometro ed un misuratore di potenza per registrare e controllare la potenza e l'aria in utilizzo | |
| 3. Installate delle apparecchiature di controllo sugli impianti multi-compressore | |
| 4. Installate un comune recuperatore di calore. | |
| 6. pre-raffreddate l'aria. | |
| 7. Se <u>alcuni</u> utilizzatori usano aria a bassa pressione installate due sistemi separati | |
| 8. utilizzate dei misuratori di frequenza per i compressori | |
| 9. utilizzate delle linee di aria compressa separate per le applicazioni speciali | |
| 10. sostituite le attrezzature pneumatiche con quelle elettriche | |

Fonte: www.bess-project.info

MP5. 8. Ulteriori informazioni

Esempio di Miglior Prassi per Ridurre il consumo di Energia nel Sistema di Aria Compressa

Una PMI operante nel settore chimico ha un generatore di aria compressa che supera gli 8,5 bar anche se la massima pressione richiesta dal processo di produzione è di 6,5 bar. Pare logico, quindi, ridurre la pressione – nessun investimento è richiesto. La riduzione di 1 bar può portare ad un risparmio energetico di oltre 14.000,00 euro paria 300.000 MWh. Risparmiare energia può essere anche così semplice.

MP5 8.1. Bibliografia

Compressed air, Introducing energy savings opportunities for business, Carbon Trust publication CTV017, Technology Overview
www.carbontrust.co.uk

Improving Compressed Air System Performance, a Sourcebook for Industry, US DOE Office of EERE publication and many other information sources
http://www.eere.energy.gov/industry/bestpractices/compressed_air.html

Migliore Prassi 6 Come ridurre l'utilizzo dell'Energia negli Edifici

MP6 1. Introduzione

Generalmente esiste un interesse significativo ridurre il consumo energetico negli edifici. Il risparmio energetico in queste aree contribuisce direttamente ad accrescere il profitto netto. Riscaldamento, Ventilazione e Condizionamento dell'Aria (HVAC) rappresentano i maggiori consumi di energia negli edifici, e rappresentano pertanto un obiettivo fondamentale su cui concentrare gli interventi a favore dell'efficienza energetica. Il troppo riscaldamento in inverno e l'eccessivo raffreddamento d'estate sono le cause principali di spreco energetico. La seconda categoria in termini di importanza è l'utilizzo dell'energia elettrica negli edifici per l'illuminazione ed altri componenti degli uffici.

MP6 2. Misurazione e Tendenza di Consumo Energetico negli Edifici

Per monitorare il consumo dell'energia negli edifici ed accertarne gli eventuali risparmi raggiunti con le misure di efficienza energetica, dovete essere in grado di misurare e registrare il consumo di energia elettrica, calore o combustibile degli edifici. Verificate che questo venga fatto, in caso contrario controllate cosa sia necessario fare.

Controllate quali sono le informazioni storiche che avete a disposizione e se queste sono sufficienti a sviluppare una 'linea di base' per le vostre misure di efficienza energetica

MP6 3. Fattori che Influenzano il Consumo Energetico e gli Indicatori di Prestazione

Nella Miglior Prassi 2 viene descritto l'utilizzo degli indicatori di performance energetica. I fattori che influenzano il consumo di energia negli edifici sono: le condizioni ambientali, il livello di comfort richiesto all'interno degli edifici, il carico di riscaldamento interno e le caratteristiche degli edifici stessi. Le condizioni ambientali hanno un ampio impatto sull'utilizzo dell'energia (per entrambi riscaldamento e raffreddamento) senza che voi possiate influenzarli. Perciò, per fare delle verifiche significative del utilizzo dell'energia negli edifici, bisogna neutralizzare l'effetto delle condizioni ambientali. Ciò può essere fatto con il metodo dei Gradi-giorno. I Gradi-giorno sono un dato costituito dalla durata del clima freddo e del clima caldo. Sostanzialmente, si tratta della somma in un certo periodo di tempo (normalmente un mese) della differenza tra la media delle temperature esterne giornaliere ed una temperatura di riferimento interna (spesso 18°C). Potete distinguere tra Gradi-giorno di riscaldamento (HDD), che sono calcolati quando la temperatura esterna è al di sotto della temperatura di riferimento, e Gradi-giorno di raffreddamento (CDD), quando la temperatura esterna è al di sopra della temperatura di riferimento. Più freddo sarà il clima in un determinato mese e maggiore sarà il valore di HDD.

Quindi, dei buoni indicatori di performance per il consumo energetico degli edifici sono:

L'uso dell'energia durante la stagione di riscaldamento in relazione ai HDD. A seconda del vostro sistema di riscaldamento questo monitorerà il consumo di combustibile o l'utilizzo dell'acqua calda, più il consumo di energia elettrica.

L'uso dell'energia durante la stagione di raffreddamento in relazione ai CDD. Questo dato generalmente monitorerà principalmente il consumo di energia elettrica, dal momento che molte unità di raffreddamento consumano energia elettrica.

Il carico base dell'utilizzo dell'energia. Spesso in primavera ed autunno c'è un periodo che non richiede né riscaldamento né raffreddamento. Questo periodo può essere utilizzato per analizzare il carico base dell'utilizzo dell'energia nei vostri edifici.

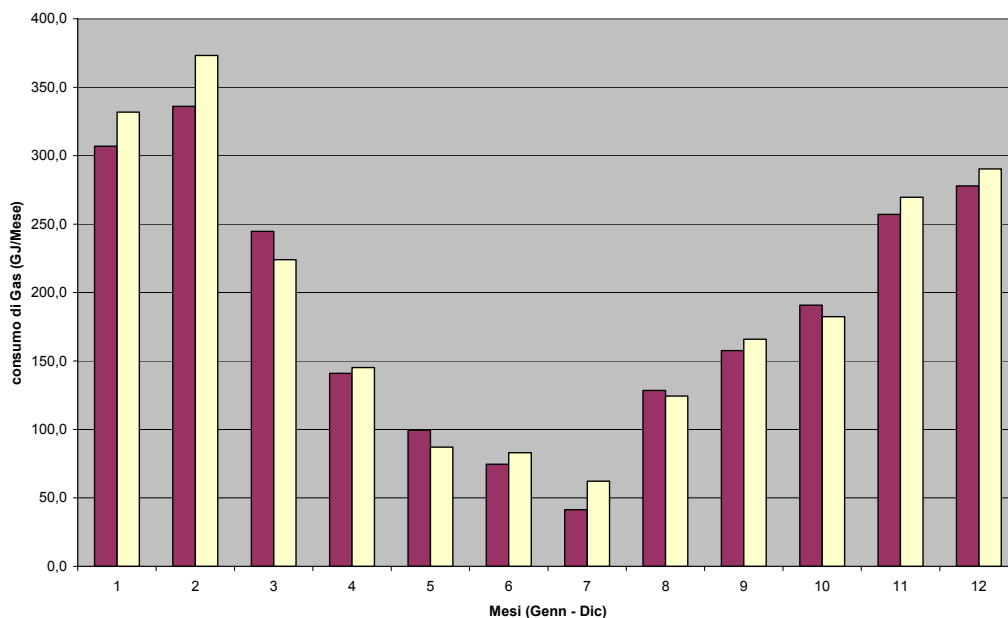
Il consumo energetico (sia per l'energia elettrica che per il riscaldamento) degli edifici durante le ore di inattività. Questo dato può essere un'indicazione per l'uso dell'energia non necessario.

MP6 4. Lavorare con i Gradi-giorno

Un esempio di come Lavorare con i Gradi-giorno è dato dalle Figure 22 e 23. La Figura 22 mostra il consumo di gas mensile per il riscaldamento di un edificio per due anni consecutivi.

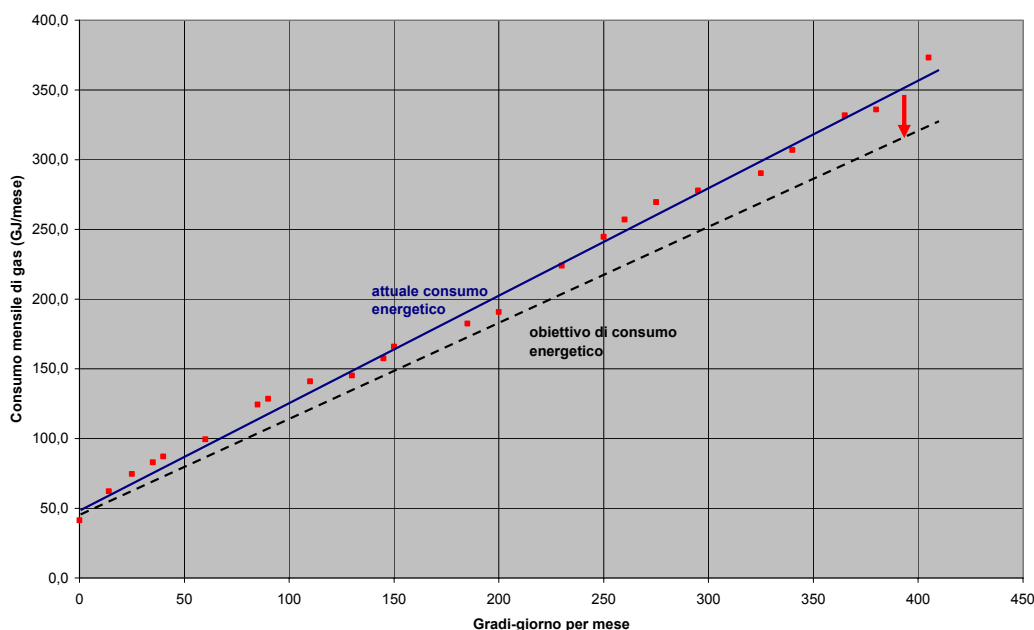
Da questa figura è possibile solamente concludere che i mesi più freddi necessitano di maggiori quantità di combustibile, ma non è chiaro perché per lo stesso mese, a volte, l'anno 1 ha richiesto maggiore quantità di combustibile e a volte questo è successo per l'anno 2. Inoltre, non è chiaro quale dovrebbe essere il valore di riferimento per questo edificio.

FIGURA 22. CONSUMO DI GAS PER I MESI DI RISCALDAMENTO



Nella Figura 23, il consumo di gas per ogni mese è tracciato a fronte dei Gradi-giorno di riscaldamento per quel mese. Qui si può vedere che esiste una ragionevole relazione. La linea blu è la relazione attuale; la linea tratteggiata può essere utilizzata per stabilire gli obiettivi delle misure di risparmio energetico dell'edificio.

FIGURA 23. ESEMPIO DI METODO GRADI-GIORNO (PER RISCALDAMENTO)



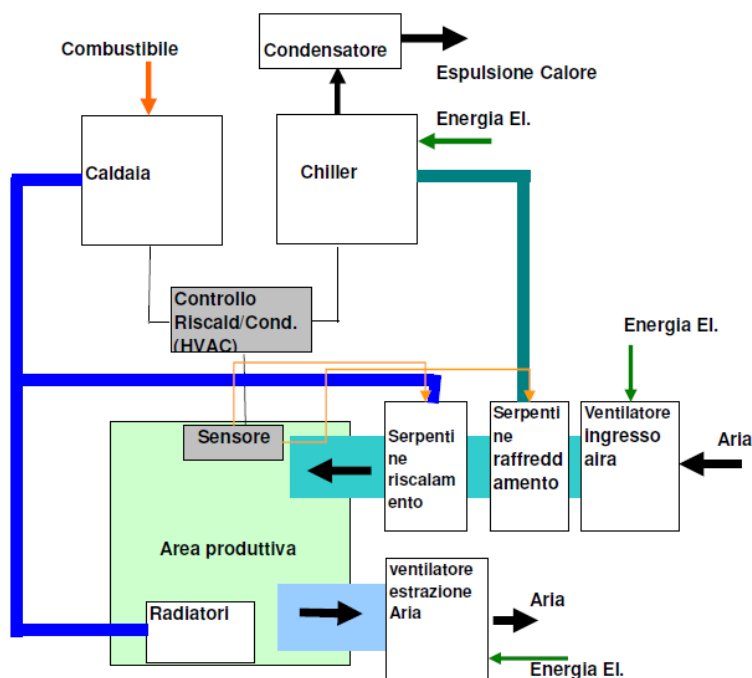
La maggior parte dei Paesi Europei, fornisce informazioni sui Gradi-giorno. Per utilizzare questo metodo, verificate se queste informazioni sono disponibili nel vostro Paese. In caso

contrario, potete sviluppare le vostre informazioni sui Gradi-giorno, se avete a disposizione i dati delle temperature esterne medie giornaliere. Un compromesso meno accurato, se non sono disponibili le informazioni sui Gradi-giorno, potrebbe essere quello di lavorare con le temperature esterne medie settimanali o mensili in relazione alla temperatura interna di riferimento.

MP6 5. RISCALDAMENTO, VENTILAZIONE, CONDIZIONAMENTO (HVAC)

I sistemi di HVAC sono progettati per regolare il clima all'interno degli edifici compensando la perdita di calore e l'ingresso di troppo calore erogando una sufficiente quantità di aria fresca. I sistemi di HVAC hanno un'ampia gamma di impostazioni, vanno da sistemi che passano da un semplice riscaldamento in inverno con una caldaia dell'acqua calda e dei radiatori posizionati nelle stanze ad un sistema di condizionamento dell'aria che includa anche aree di riscaldamento, raffreddamento e umidificazione.

FIGURA 24. SCHEMA BASE PER UN SISTEMA DI HVAC



Si dovrebbe cominciare ad impostare azioni di efficienza energetica con la comprensione e la verifica dei sistemi di HVAC in essere, per determinare:

- La loro tipologia e funzionamento,
- La loro qualità tecnica,
- Il modo attuale di funzionamento e come essi vengono controllati, e
- Il loro stato di manutenzione.

È utile, ai fini di una buona comprensione, fare uno Schema di Flusso del Processo per i sistemi di HVAC (a meno che esso non sia già a disposizione).

I fattori importanti che determinano l'utilizzo dell'energia dei vostri sistemi di HVAC sono 4:

- Le condizioni interne dell'aria richieste.
- La generazione di calore all'interno (ad es. da illuminazione o apparecchiature).
- La progettazione, il layout e la qualità dell'isolamento dell'edificio.
- La qualità tecnica delle apparecchiature del HVAC e come vengono mantenute.

Con tutti e quattro questi fattori è possibile verificare quali sono i margini di miglioramento dell'efficienza energetica.

MP6 5.1. Definire e, se Possibile, Ridurre il Fabbisogno dell'Impianto di HVAC

Dovreste iniziare le vostre attività per l'efficienza energetica con un controllo di quali condizioni sono effettivamente necessarie nelle varie aree di processo, sale di stoccaggio, aree di lavoro dello staff, ecc. per determinare i punti di partenza dei vostri sistemi HVAC. Il tipo di sistema HVAC e come esso è utilizzato ha un impatto enorme sul consumo energetico. Specialmente il raffreddamento e l'umidificazione possono richiedere molta energia. Quindi dovreste indagare criticamente la necessità di avere un sistema di HVAC e se ci sono alternative ai sistemi di condizionamento dell'aria.

MP6 5.2. Verificare gli Impianti Esistenti di HVAC

Successivamente, si dovrebbe verificare fino a che punto il sistema esistente è stato progettato per soddisfare le richieste iniziali e dove sarebbe necessario apportare degli adeguamenti. Con queste informazioni, potete sviluppare il vostro caso concreto per le modifiche necessarie e programmare queste azioni. Contemporaneamente, potete cominciare a verificare quanto il tenere bene l'impianto influisca positivamente sulle sue prestazioni. Alla fine di questo manuale viene data una lista di interventi che possono essere presi in considerazione.

MP6 5.3. Abitudini e Livelli di Comfort

Cambiare le abitudini delle persone può spesso contribuire ampiamente a migliorare l'efficienza energetica ed a ridurre i costi dell'energia. È, perciò, importante accrescere la consapevolezza di come ognuno possa influenzare il fabbisogno energetico. Ci sono tanti tipi di azione creativa e positiva che potete utilizzare per accrescere e sostenere la consapevolezza sull'efficienza energetica.

MP6 5.4. Aspetti relativi alla Manutenzione

Una caldaia alla quale viene fatta poco a nessuna manutenzione può consumare oltre il 10 % in più del combustibile necessario. Quindi dovreste far fare la manutenzione delle vostre caldaie almeno una volta all'anno da tecnici qualificati. Con ogni attività di manutenzione dovrebbe essere eseguito un adeguamento della combustione e dovrebbero essere pulite le superfici degli scambiatori di calore e dei bruciatori.

Gli stessi criteri si applicano ai sistemi di condizionamento dell'aria. Assicuratevi che su di essi venga eseguita regolarmente la manutenzione.

Verificate le impostazioni di controllo delle apparecchiature di HVAC e le impostazioni dei termostati e dei timer ed impostate nuovamente i valori errati.

Mantenete gli evaporatori e le unità di condizionamento liberi dal ghiaccio e pulite le serpentine dei condensatori.

Sostituite e pulite i filtri ed assicuratevi che i dispositivi di regolazione (damper) nei condotti del sistema dell'aria possano muoversi liberamente.

Assicuratevi che i condotti dell'aria calda e fredda siano ben isolati e che non abbiano perdite. Col tempo i condotti potrebbero sporcarsi e ciò potrebbe causare non solo un deterioramento della qualità dell'aria, ma anche provocare una resistenza ulteriore che ridurrebbe la capacità dei ventilatori.

Controllate periodicamente i radiatori per l'ingresso dell'aria nel sistema dell'acqua calda e spurgateli, se necessario.

Pulite periodicamente tutte le superfici di trasmissione del calore e tenetele libere da ostacoli. Chiudete soltanto gli ingressi di aria fredda delle unità di condizionamento in inverno. Con esse dovrebbero essere chiusi anche gli sfiati dell'aria esterni in inverno, per evitare l'eccesso di ingresso di aria fredda dall'esterno.

MP6 5.5. Ottimizzare Gli Impianti

Rivedere i parametri di impostazione dell'aria condizionata (termostati e timer) a fronte dell'utilizzo delle aree dell'edificio e controllare se possono essere fatti degli adeguamenti per le ore in cui l'edificio non è occupato.

Controllate se possono essere effettuate delle distinzioni nelle condizioni di riscaldamento per delle aree specifiche, come ad esempio le aree di stoccaggio che non necessitano di

essere riscaldate come le altre aree occupate dal personale.

Considerate l'installazione di controlli auto-regolanti per i sistemi di ventilazione per spegnerli durante le ore notturne.

Interconnettere gli strumenti di controllo per evitare il funzionamento simultaneo degli impianti di riscaldamento e di condizionamento.

Considerate l'utilizzo di termostati con la possibilità d'impostare il timer per accendere o spegnere il riscaldamento a seconda i turni di lavoro, per evitare che questi restino accesi ad attività concluse.

Usate la misurazione della temperatura esterna per tarare l'impostazione della temperatura di erogazione dell'acqua calda ai radiatori ed alle serpentine di riscaldamento. A confronto con la richiesta di calore invernale, le temperature dell'acqua in autunno e primavera possono essere molto inferiori, con il vantaggio di risparmiare combustibile nella vostra caldaia. Questo può essere ottenuto utilizzando la temperatura esterna per impostare la temperatura di erogazione dell'acqua calda.

MP6. 5.6. Ridurre al minimo la dispersione di Calore degli Edifici

Ciò si ottiene nei seguenti modi:

Migliorando l'isolamento degli edifici

Riparando i vetri rotti.

Sostituendo gli infissi, adottando doppi o tripli vetri.

Evitando gli "spifferi" d'aria fredda.

Inserendo dei dispositivi di regolazione (damper) a chiusura automatica sulle prese dell'aria e lo scarico dei ventilatori di estrazione in modo tale da impedire delle correnti di ritorno nell'edificio quando le apparecchiature sono spente.

MP6 5.7. Minimizzare lo Sviluppo di Eccessi di Calore nell'Edificio

Migliorare l'isolamento dell'edificio ed installare degli schermi contro l'irraggiamento solare.

Ridurre l'illuminazione dove possibile e spegnerla dove non è necessaria.

Prendere in considerazione l'incremento di utilizzo della luce diurna, laddove possibile.

Isolare le apparecchiature che generano del calore.

MP6 5.8. Temi relativi al Recupero di Calore e Altre Opzioni di Risparmio Energetico

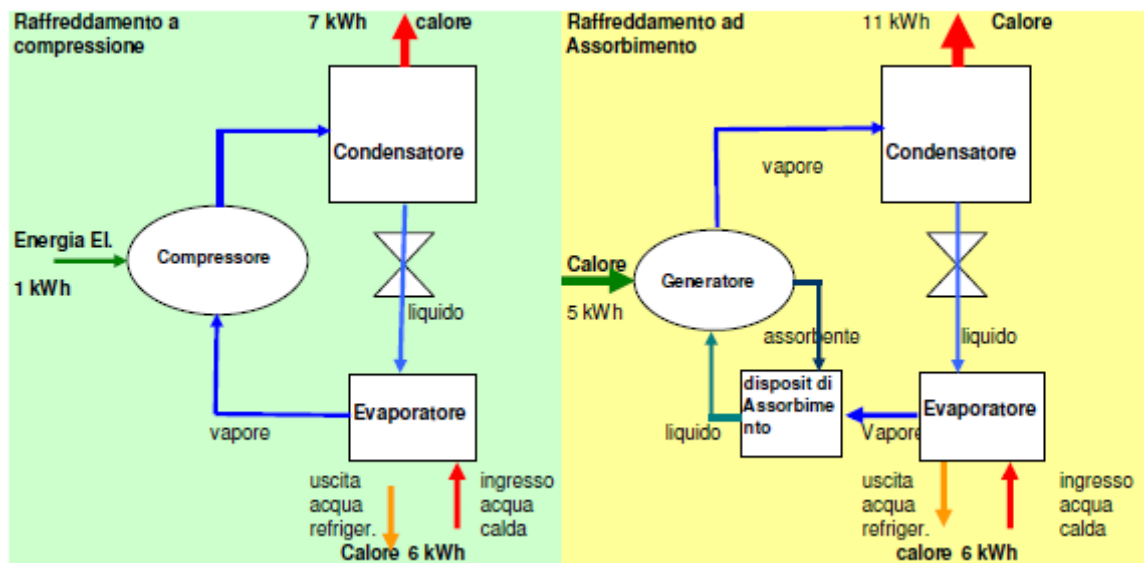
1) Controllare se è possibile ridurre l'energia per il condizionamento dell'aria in ingresso recuperando un po' di energia (calda o fredda) dall'aria estratta per pre-trattare l'aria in ingresso. Le tipologie di tecnologie di recupero del calore che potete prendere in considerazione sono:

- Ricircolo di parte dell'aria di estrazione. Il ricircolo parziale è efficace dal punto di vista dei costi se state riscaldando l'aria e l'aria di scarico è più calda di quella in ingresso (lo stesso si applica anche al raffreddamento); ciò è possibile soltanto quando la qualità dell'aria di scarico lo permette.
- Scambiatore rotante di recupero del calore: in cui il calore o il freddo sono recuperati dall'aria di scarico e trasferiti all'aria in ingresso tramite uno scambiatore di calore a rotante.
- Sistema di tubazioni di calore, in cui un fluido intermittente è utilizzato per trasferire l'energia dallo scarico all'ingresso dell'aria.
- Scambiatori di calore aria-aria fissi.
- Circuito di trasferimento di calore acqua/glicole per trasferire il calore dallo scarico all'aria in ingresso.
- Sistemi basati su una pompa di calore, in cui il calore di scarico è "pompatò" ad un livello di temperatura maggiore per poterlo ri-utilizzare.

Ogni alternativa ha i suoi specifici vantaggi e svantaggi e dovrebbe essere valutata secondo il caso specifico.

- 2) Controllare se sono in uso dei riscaldatori a resistenza elettrica e, nel caso, rivederne la necessità. Cercare di risolvere il problema del comfort evitando l'utilizzo di questi tipi di riscaldatori che sprecano energia. Se essi sono inevitabili, prevedete l'utilizzo di un timer per spegnerli automaticamente quando non sono necessari.
- 3) E' possibile considerare anche l'utilizzo di fonti di calore alternative quali l'energia solare e, se disponibile nell'impianto, l'utilizzo di sistemi di pompaggio del calore dell'acqua del suolo.
- 4) Considerare l'utilizzo di unità raffreddamento ad assorbimento. La maggior parte dei *chiller* sono unità di raffreddamento a compressione. Esse utilizzano un compressore comandato elettricamente per trasportare il calore attraverso l'evaporatore fino al condensatore, dove viene restituito all'ambiente (vedi Figura 25 per uno schema semplificato).

FIGURA 25. UNITÀ DI RAFFREDDAMENTO A COMPRESIONE ED ASSORBIMENTO



Se c'è disponibilità di sufficienti quantità di calore di recupero ad una temperatura superiore ai 95°C in forma di acqua calda o vapore a bassa pressione, è possibile prendere in considerazione l'uso un refrigeratore ad assorbimento anziché a compressione per fornire il raffreddamento di. In questo caso risparmiereste sul consumo di energia elettrica ed utilizzereste energia gratuita per alimentare il *chiller* ad assorbimento.

La differenza sostanziale con un'unità di raffreddamento a compressione è mostrata nella Figura 25. L'unità di raffreddamento ad assorbimento utilizza una soluzione assorbente (comunemente una soluzione di bromuro di litio/acqua) per assorbire il calore (sotto forma di vapore acqueo a bassa pressione) dall'evaporatore. Dal dispositivo di assorbimento, il liquido viene pompato al generatore, dove il calore di scarto viene utilizzato per espellere il vapore acqueo dalla soluzione assorbente tramite ebollizione. Il vapore acqueo fluisce al condensatore, dove viene condensato ed il calore di condensazione viene scaricato nell'atmosfera. La soluzione assorbente concentrata torna dal generatore all'assorbitore e viene abbassata la pressione dell'acqua condensata, che torna indietro all'evaporatore per raccogliere il calore dall'acqua calda entrante.

L'efficienza di un'unità di raffreddamento è espressa dal suo "coefficiente di performance" (COP). Esso rappresenta la quantità di calore che può essere rimossa dal *chiller* per unità di lavoro. Quindi, un COP pari a 6 per un'unità di raffreddamento a compressione sta a significare che, per l'energia elettrica in kWh in ingresso al compressore, 6 kWh di calore possono essere eliminati nell'evaporatore dall'acqua raffreddata (vedi Figura 25). Le unità di raffreddamento a compressione sono più efficienti delle unità di raffreddamento ad assorbimento (generalmente: COP 6 per la compressione e COP 1.2 per l'assorbimento).

Per volumi di raffreddamento confrontabili, i *chiller* ad assorbimento hanno maggiori dimensioni e necessitano di maggiori quantità di acqua di raffreddamento per il condensatore. Inoltre, l'investimento è superiore. Quindi, la loro applicazione tipica è per i carichi di raffreddamento di base, in cui è disponibile del calore di recupero gratuito.

MP6 6. Uso dell'Energia Elettrica (Illuminazione e Apparecchiature d'Ufficio)

Ci sono molti modi per ridurre il consumo energetico con l'illuminazione senza compromettere i livelli di comfort. Le principali aree da prendere in considerazione sono:

- Quale tipo di illuminazione è utilizzata al momento nell'edificio?
 - Vengono utilizzate lampadine ad incandescenza standard? Queste sono molto inefficienti e dovrebbero essere sostituite con lampadine compatte fluorescenti (a scarico di gas), che utilizzano fino al 75% in meno di energia elettrica.
 - Quali tipi di tubi fluorescenti sono utilizzati? Se state ancora utilizzando tubi fluorescenti convenzionali, prendete in considerazione l'installazione di un'illuminazione fluorescente ad alta frequenza, che è più efficiente di circa il 25 / 30% ed eliminate gli sfarfallii.
- Le lampade, gli accessori e le luci a soffitto sono pulite?
 - Questi dovrebbero essere puliti periodicamente per mantenere i livelli di illuminazione.
- L'illuminazione esterna è sempre spenta quanto non è necessaria?
 - L'illuminazione esterna dovrebbe essere limitata alle ore di buio. Prendete in considerazione l'installazione di interruttori che rilevano la presenza da utilizzare nelle aree non frequentate.
- L'impianto di illuminazione è sezionato e consente l'utilizzo parziale con più interruttori?
 - Separando l'illuminazione su più zone se ne migliora il controllo.

MP6 6.1. Altri Utilizzi dell'Energia Elettrica in Ufficio

Le apparecchiature per l'ufficio, quali i computer e le macchine fotocopiatrici, sono parte integrante delle attività quotidiane. Dovreste comunque essere consapevoli di quanta energia essi riescono a consumare. Ci sono alcune regole per controllare l'utilizzo energetico di queste apparecchiature:

- È attivata la modalità di risparmio energetico inserita nei computer?
- I computer ed i monitor vengono spenti durante le ore notturne?
- Evitate di posizionare le fotocopiatrici nelle aree in cui funziona l'aria condizionata.
- Le fotocopiatrici vengono spente durante la notte?

Con queste semplici precauzioni è possibile ridurre in modo sostanziale il consumo di energia elettrica ed anche il riscaldamento dell'ambiente, di conseguenza, migliorare i servizi di raffreddamento degli edifici.

MP6 7. Elenco degli Interventi Raccomandati

Il seguente elenco fornisce una serie di Interventi di comportamento diligente che possono ridurre l'utilizzo di energia negli edifici.

Sistemi di HVAC

- Provvedere a fare periodiche ispezioni e manutenzioni dei riscaldatori/caldaie e delle apparecchiature di condizionamento
- Assicuratevi che i ventilatori ed i condotti dell'aria siano puliti ed i filtri sostituiti periodicamente.
- Assicuratevi che gli evaporatori ed i condensatori delle unità dell'aria condizionata siano puliti ed in buono stato
- Determinate i requisiti minimi per il riscaldamento delle singole aree negli edifici ed assicuratevi che i termostati delle stanze funzionino con i parametri di impostazione

- corretti per il controllo del clima (riscaldamento, raffreddamento, umidificazione)
- Assicuratevi che i timer dei termostati funzionino e siano impostati correttamente
 - Laddove appropriato, considerate l'installazione di valvole termostatiche sui radiatori
 - Considerate misure di conservazione dell'energia, quali isolamento, e l'uso di schermi esterni per la protezione dall'irraggiamento solare
 - Spegnete le fonti di riscaldamento non necessari
 - Riparate i vetri rotti
 - Assicuratevi che gli strumenti di controllo delle caldaie siano funzionanti ed impostati correttamente
 - Rimuovete tutti gli ostacoli alla circolazione dell'aria davanti ai radiatori o alle stufe
 - Evitate di far funzionare contemporaneamente e negli stessi spazi le unità di riscaldamento e di condizionamento ¹⁾
 - Verificate se ci sono delle lamentele a proposito delle temperature degli ambienti (troppo calde quando è in funzione il riscaldamento e troppo fredde con l'aria condizionata)
 - Verificate se sono in uso delle stufe elettriche portatili ²⁾
 - Verificate quanto calda sia erogata l'acqua ³⁾
 - Controllate se le finestre e le porte sono chiuse quando sono in funzione il riscaldamento o l'aria condizionata
 - Controllate l'esistenza di qualsiasi "spiffero" d'aria fredda proveniente da porte o finestre

Illuminazione

- Spegnete le luci negli ambienti non utilizzati
- Spegnete le luci quando la luce del giorno è sufficiente
- Pulite le lampade, gli accessori e le luci a soffitto
- Sostituite le tradizionali lampadine ad incandescenza con lampadine compatte a fluorescenza
- Considerate l'utilizzo di illuminazione fluorescente ad alta frequenza, laddove appropriato
- Limitate l'illuminazione esterna alle ore di buio
- Mantenete l'illuminazione ai livelli minimi indispensabili nelle aree non frequentate, dove appropriato utilizzate degli interruttori corredati da sensori che rilevano la presenza per accendere queste luci
- Considerate la suddivisione in zone di illuminazione con interruttori individuali
- Usate degli interruttori corredati da sensori che rilevano la presenza per accendere le luci

Uso dell'energia elettrica (motori, pompe, ventilatori, etc.)

- Spegnete le apparecchiature non utilizzate
- Prendete in considerazione l'installazione di motori ad alta efficienza
- Controllate dove è possibile applicare la velocità variabile

Uso dell'energia elettrica in ufficio

- Mettete i computer in modalità di risparmio energetico quando non sono utilizzati
- Spegnete i monitor quando non sono utilizzati

Note:

- 1) Questo dovrebbe essere evitato dal momento che rappresenta uno spreco di energia. Per evitare che questo accada impostate una zona neutra di 5°C tra il riscaldamento ed il raffreddamento.
- 2) L'uso di stufette elettriche portatili può essere costoso. Vedete se è possibile evitarlo, tuttavia se sono necessarie, dotatele di un timer in modo tale che si spengano automaticamente dopo un tempo predeterminato.
- 3) Prendete in considerazione l'installazione di riscaldatori locali di acqua dove le quantità richieste sono minime, anziché collegarsi al sistema centrale. Isolate tutti i serbatoi e le tubazioni di acqua calda.

Di seguito sono disponibili degli elenchi di opportunità di risparmio energetico negli edifici, che possono anche essere presi in considerazione nell'ambito di un comportamento

diligente.

Utilizzo del calore per il riscaldamento degli spazi

| Opportunità di breve termine / investimenti a basso costo | |
|---|----------------------|
| Opportunità di risparmio energetico | Azioni da verificare |
| 1. Usate il riscaldamento solo quando l'ambiente è utilizzato | - |
| 2. impostate i termostati alla temperatura minima gradevole | - |
| 3. Minimizzate le dispersioni di aria calda | - |
| 4. Mantenere pulite ed efficienti le fonti di calore | - |
| 5. provvedete all'isolamento delle tubazioni nelle zone non riscaldate | - |
| 6. Controllate le trappole della condensa | - |
| 7. spurgate l'aria dai sistemi dell'acqua calda | - |
| 8. Utilizzate degli interruttori a tempo | - |
| 9. predisponete controlli manuali dove appropriato | - |
| Opportunità di lungo termine / investimenti maggiori | |
| Opportunità di risparmio energetico | Azioni da verificare |
| 1. Installare termostati sempre più efficienti | - |
| 2. Usate valvole motorizzate per suddividere gli edifici in più zone | - |
| 3. predisponete l'utilizzo di tende (Air curtains) | - |
| 4. differenziate le fonti di energia | - |
| 5. Cambiate il sistema di riscaldamento secondo la qualità dell'isolamento, della ventilazione e del tipo utilizzo: | |
| 6. migliorate l'isolamento dell'edificio | - |

Illuminazione

| Opportunità di risparmio energetico | Azioni da verificare |
|--|----------------------|
| 1. Usare le lampade più efficienti coerentemente con i livelli di illuminazione ed i colori richiesti. | - |
| 2. verificate che la disposizione delle lampade sia efficiente. | - |
| 3. proteggete dalla polvere e dalla sporcizia le lampade ed i supporti | - |
| 4. spegnete le luci dove non servono. | - |
| 5. prendete in considerazione l'impiego di controlli automatici dell'illuminazione (orologio e/o fotocellule). | - |
| 6. dove potete fate uso della luce diurna il più possibile | - |
| 7. evitate che la luce venga assorbita dall'ambiente circostante (consigliabile avere pareti, soffitti e pavimenti di colore chiaro). | - |
| 8. sostituire le lampade che hanno superato la vita utile. | - |
| 9. Usate etichette con la scritta "spegni la luce" e "risparmia" come strumenti di comportamento diligente. | - |
| 10. prendete in considerazione l'utilizzo di nuove tecnologie come gli interruttori ad infrarossi, per ridurre i costi di installazione. | - |
| 11. sezionare il sistema di illuminazione dei grandi ambienti in piccoli gruppi di illuminazione indipendenti. | - |

| | |
|--|---|
| 12. Usare i sensori di presenza | - |
| 13. Usare un sistema di illuminazione a regolazione continua dell'intensità (varialuce). | - |

Cappotto Termico degli Edifici

| Opportunità di breve termine / investimenti a basso costo | |
|---|----------------------|
| Opportunità di risparmio energetico | Azioni da verificare |
| - | - |
| Opportunità di lungo termine / investimenti maggiori | |
| Opportunità di risparmio energetico | Azioni da verificare |
| 1. Isolamento termico del pavimento | - |
| 2. Isolamento termico delle pareti | - |
| 3. Isolamento termico del soffitto | - |
| 4. Usate una schermatura contro l'irraggiamento solare | - |

Aria Condizionata

| Opportunità di breve termine / investimenti a basso costo | |
|---|----------------------|
| Opportunità di risparmio energetico | Azioni da verificare |
| - | - |
| Opportunità di lungo termine / investimenti maggiori | |
| Opportunità di risparmio energetico | Azioni da verificare |
| 1. Usate sistemi di stoccaggio dell'energia | - |
| 2. Usate dei schermi solari per le finestre | - |

Riscaldamento Centralizzato

| Opportunità di breve termine / investimenti a basso costo | |
|--|-------------------------------------|
| Opportunità di risparmio energetico | Opportunità di risparmio energetico |
| 1. Usate un sistema di controllo del tempo atmosferico per regolare la temperatura dell'acqua della caldaia in funzione della temperatura esterna. | - |
| 2. Installate un timer evoluto per programmare il funzionamento della caldaia. | - |
| 3. Isolate le tubazioni | - |
| 4. Isolate i serbatoi dell'acqua calda | - |
| Opportunità di lungo termine / investimenti maggiori | |
| Opportunità di risparmio energetico | Opportunità di risparmio energetico |
| 1. suddividere gli ampi spazi interni in piccole aree. | - |
| 2. Usate il riscaldamento a calore radiante dove sono necessari dei grandi volumi di ventilazione. | - |
| 3. Usate dei ventilatori verticali dove i soffitti sono più alti di 6 metri. | - |

Sistemi di Ventilazione

| Opportunità di breve termine / investimenti a basso costo | |
|---|-------------------------------------|
| Opportunità di risparmio energetico | Opportunità di risparmio energetico |
| - | - |
| Opportunità di lungo termine / investimenti maggiori | |
| Opportunità di risparmio energetico | Opportunità di risparmio energetico |
| 1. recupero del calore tramite scambiatori rotanti. | |
| 2. Riducete la quantità di aria di ventilazione il più possibile installando: <ul style="list-style-type: none"> • Interruttori temporizzati; • sensori di presenza • Dispositivi di rilevamento della qualità | |

| | |
|--|--|
| <p>dell'aria;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Controllo della velocità di rotazione dei motori dei ventilatori | |
| <p>3. impedite l'infiltrazione di aria tramite le porte aperte tramite:</p> <ul style="list-style-type: none"> • L'installazione di isolamento termico • L'utilizzo tende isolanti • Cuscini di aria • Porte a chiusura automatica • Porte scorrevoli • Guarnizioni di gomma tra le porte e gli stipiti al posto delle spazzole o di nessuna guarnizione | |

Fonte: www.bess-project.info

MP6 8. Ulteriori informazioni

Esempio di Miglior Prassi per Ridurre il consumo di Energia negli Edifici

In fabbriche con sistemi ben controllati, il conto del riscaldamento può essere inferiore del 15-35% rispetto agli edifici non controllati. Analogamente, utilizzando la luce del giorno è possibile ridurre il costo dell'illuminazione di un ufficio medio anche del 19%. L'uso dei sistemi di controllo automatico insieme alla collaborazione del personale può garantire tali risultati. (Carbon Trust)

Per esempio una delle aziende verificate CARE+ utilizza lampade speciali a basso consumo e reduce l'illuminazione nelle zone periferiche della fabbrica, nelle aree non frequentate. Ciò ha portato ad un risparmio energetico sull'illuminazione del 50%.

MP6 8.1 Bibliografia

- Carbon Trust www.carbontrust.co.uk

Examples

- Heating, ventilation and air conditioning, saving energy without compromising comfort, CTV003,
 - Lighting technology overview CTV021
 - Energy Saving Fact Sheet Air conditioning, GIL120
 - Energy Saving Fact Sheet Ventilation, GIL130
 - How to maintain your heating system, GIL156
 - Assessing the energy use in your building, CTL 003
 - Degree days for energy management, CTG 004
- Degree days: Eurostat website
<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/data/database>

Migliore Prassi 7 Come Migliorare l'Efficienza Energetica con i Motori ed i sistemi di Trasmissione*

MP7 1. Introduzione

Nell'industria chimica motori e sistemi di trasmissione vengono usati per ogni sorta di trasporto dei fluidi e per la movimentazione dei materiali. Per questo motivo questi sistemi assorbono gran parte dell'energia totale (prevalentemente elettrica) utilizzata dalla fabbrica. Quindi, dal punto di vista economico, ha senso verificare se esiste la possibilità di migliorare la performance energetica, che si tradurrebbe in un sostanziale risparmio.

Per conoscere il valore complessivo del potenziale risparmio non ci si deve limitare ai soli motori e trasmissioni, ma va visto l'intero sistema di movimentazione con tutte le condizioni alle quali il processo deve assolvere.

Il motore di gran lunga più impiegato nell'industria chimica (e nell'industria in generale) è il motore elettrico a induzione a gabbia di scoiattolo, a corrente alternata (AC).

Questo tipo di motore viene preferito per il suo costo di investimento relativamente basso, per affidabilità e disponibilità elevate e per la bassa necessità di manutenzione. In alcune applicazioni speciali si usano invece altri tipi di motore come quelli a corrente continua. Questa miglior prassi limita il suo campo d'azione agli interventi di miglioramento dell'efficienza energetica che si possono effettuare sui motori a induzione a corrente alternata. Gli altri motori come quelli a pistoni, a combustione interna oppure le turbine a vapore di contro pressione non sono stati trattati, poiché non sono di uso comune dell'industria chimica (PMI).

Questa miglior prassi descrive una serie di possibili miglioramenti dell'efficienza energetica da prendere in considerazione in casi specifici, quali:

- un programma di gestione del Parco motori e come di predisporlo
- decisioni se riparare o sostituire
- interventi per ridurre le inefficienze di sistemi sovradimensionati
- vantaggi dei motori ad elevata efficienza
- motori a velocità variabile e relativi vantaggi (VSD)
- come migliorare la distribuzione dell'energia elettrica
- una serie di iniziative per “tenere bene” i motori

MP7 2. Caratteristiche di Funzionamento dei Motori Elettrici a Corrente Alternata.

Nel motore a induzione a corrente alternata si crea un campo magnetico rotante nello statore alimentato dagli avvolgimenti. Il campo magnetico rotante induce una corrente nei conduttori del rotore e questi a loro volta creano il campo magnetico del rotore.

Il campo magnetico del rotore segue il campo magnetico dello statore e perciò crea una copia rotante che aziona le apparecchiature connesse. Ci sono due tipi di motori a induzione. Uno è chiamato motore elettrico asincrono, poiché la velocità del rotore è leggermente più

* N.D.T. il testo originale riporta i termini “Motor”, “Drive” oppure “Drive Systems”, volendo intendere non solo i sistemi di generazione e di trasmissione di potenza, ma anche tutti i sistemi di azionamento e movimentazione propri dell'industria chimica. Per semplicità sono stati prevalentemente impiegati nella traduzione di tali termini solamente “Motore” e “Trasmissione”.

bassa di quella corrispondente alla corrente fornita, ci sono poi i motori sincroni come quelli a magnete permanente. Questi motori hanno il rotore costituito da magneti permanenti che inseguono il campo magnetico rotante a velocità rigorosamente sincrona. Fondamentalmente la velocità del motore a induzione è definita dalla frequenza della rete di corrente alternata (in Europa 50Hz), dal numero dei poli del motore e, in misura inferiore, anche dal carico. Un motore con quattro poli gira a una velocità pari alla metà di un motore a due poli. I parametri più importanti per selezionare il tipo di motore da fornire sono la potenza, la velocità del rotore richiesta, il momento di rotazione richiesto e il voltaggio. L'efficienza del motore varia con il carico. Essa è relativamente stabile dal 70 all'80% del carico e cade leggermente dall'80% al pieno carico e dal 70% al 50%. Sotto il 50% l'efficienza cade. La velocità di un motore elettrico a induzione a corrente alternata dipende dalla frequenza di rete (50 Hz), dal numero dei poli, e dallo scorrimento caratteristico tra i campi magnetici dello Statore e del rotore (la sfasatura a pieno carico può variare tra l'1 e 5%). Velocità normali di motori sincroni sono 3000 giri (due poli); 1500 giri (quattro poli), 1000 giri (sei poli) e 750 giri (otto poli).

Molte applicazioni hanno bisogno di velocità diverse e per questo il motore o le attrezzature collegate di solito vengono connesse attraverso un meccanismo di regolazione come un riduttore, una cinghia o una trasmissione a velocità variabile. A sua volta questa può essere costituita da un accoppiamento elettromagnetico, idraulico oppure elettronico. Lo stesso motore elettrico può essere costruito con avvolgimenti separati nello stesso statore oppure con un comando esterno che consente di variare il numero dei poli. L'alimentazione deve poter sopportare la corrente necessaria senza apprezzabili variazioni di tensione. Le performance di motori si riducono significativamente quando il voltaggio esce da un +/- del 10% rispetto al valore di targa.

MP7 3. Classi di Efficienza dei Motori Elettrici e Principi della Normativa dell'Unione Europea

Negli ultimi anni sono comparsi sul mercato dei motori elettrici AC ad alta efficienza (HE), che offrono risparmi energetici sostanziali a fronte di investimenti ragionevoli. Per una gamma di potenza fino a 90 kW la Commissione Europea ed il CEMEP, Comitato Europeo dei Costruttori di Macchine Elettriche e dell'Elettronica di Potenza (European Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics – l'associazione di categoria europea per i Motori) hanno concordato uno schema di classificazione dell'efficienza dei motori, che prevede 3 categorie di efficienza, note come EFF1, EFF2, e EFF3 applicabili ai motori a 2-poli ed a 4-poli. Tutti i costruttori che hanno firmato l'accordo utilizzeranno il logo di efficienza sui loro motori, permettendo una facile identificazione della classe del motore. La Tabella 18 mostra le classi di efficienza. Le efficienze si riferiscono al carico di progetto ed al 75% di carico per motori ad induzione a gabbia di scoiattolo AC a tre fasi con ventola di raffreddamento totalmente acclusa.

TABELLA 18. CLASSI DI EFFICIENZA PER MOTORI ELETTRICI EUROPEI

| kW | EFF3 2- & 4-poli (%) | EFF2 2- & 4-poli (%) | EFF1 2-poli (%) | EFF1 4-poli (%) |
|-----|----------------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1.1 | < 76.2 | ≥ 76.2 | ≥ 82.2 | ≥ 83.8 |
| 1.5 | < 78.5 | ≥ 78.5 | ≥ 84.1 | ≥ 85.0 |
| 2.2 | < 81.0 | ≥ 81.0 | ≥ 85.6 | ≥ 86.4 |
| 3 | < 82.6 | ≥ 82.6 | ≥ 86.7 | ≥ 87.4 |
| 4 | < 84.2 | ≥ 84.2 | ≥ 87.6 | ≥ 88.3 |

| | | | | |
|------|--------|--------|--------|--------|
| 5.5 | < 85.7 | ≥ 85.7 | ≥ 88.6 | ≥ 89.3 |
| 7.5 | < 87.0 | ≥ 87.0 | ≥ 89.5 | ≥ 90.1 |
| 11 | < 88.4 | ≥ 88.4 | ≥ 90.5 | ≥ 91.0 |
| 15 | < 89.4 | ≥ 89.4 | ≥ 91.3 | ≥ 91.8 |
| 18.5 | < 90.0 | ≥ 90.0 | ≥ 91.8 | ≥ 92.2 |
| 22 | < 90.5 | ≥ 90.5 | ≥ 92.2 | ≥ 92.6 |
| 30 | < 91.4 | ≥ 91.4 | ≥ 92.9 | ≥ 93.2 |
| 37 | < 92.0 | ≥ 92.0 | ≥ 93.3 | ≥ 93.6 |
| 45 | < 92.5 | ≥ 92.5 | ≥ 93.7 | ≥ 93.9 |
| 55 | < 93.0 | ≥ 93.0 | ≥ 94.0 | ≥ 94.2 |
| 75 | < 93.6 | ≥ 93.6 | ≥ 94.6 | ≥ 94.7 |
| 90 | < 93.9 | ≥ 93.9 | ≥ 95.0 | ≥ 95.0 |

Per maggiori informazioni consultare:

“Definition of Standards for High Efficiency Electric Motors”, May 2004, OPET Network Slovenia.

Il data base Euro-DEEM (vedi <http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/eurodeem/>).

La Commissione Internazionale Elettrotecnica (IEC) ha emesso la norma IEC 60034-30 “Classi di efficienza di motori ad induzione a gabbia a tre fasi a velocità unica (codice IE)”, che individua quattro classi di efficienza per motori elettrici da 0.75 kW a 375 kW. La Tabella 19 fornisce una breve comparazione tra le due classificazioni.

TABELLA 19. COMPARAZIONE TRA CLASSI DI MOTORI IEC ED EU

| classe IEC | Classe EU EFF | Descrizione |
|------------|---------------|------------------------------------|
| IE1 | EFF2 | Motore Standard |
| IE2 | EFF1 | Motore ad Alta Efficienza |
| IE3 | | Motore ad Efficienza Premium |
| IE4 | | Motore ad Efficienza Super Premium |

Le efficienze di classe IE3 sono fissate con perdite inferiori del 15-20% a confronto con i limiti della classe IE2 (ad esempio EFF1). La classe IE4 non è ancora definita, ma in attesa di future edizioni della Norma IEC. I dati di efficienza delle classi IE1,2, e 3 possono essere reperiti nella Norma IEC sopra menzionata. In aggiunta la Guida sul Motore MEPS contiene informazioni sulle classi di efficienza IE1, 2, e 3 (Boteler, et al., Zürich 2009, vedi www.motorsystems.org per questa guida).

La Commissione Europea ha recentemente accordato una nuova regolamentazione che fisserà gli standard minimi obbligatori per i motori elettrici AC a gabbia di scoiattolo. Questa regolamentazione sarà basata sulla Norma IEC 60034-30 (vedi sopra) e conterrà le seguenti misure:

- Entro il 2011: il divieto di utilizzo di motori con efficienza inferiore alla classe IE2.
- Entro il 2015: i motori più grandi dovranno essere conformi alle classi IE3 o IE2 se il motore sta utilizzando un azionamento di velocità variabile.
- Entro il 2017: tutti i motori dovranno essere conformi alle classi IE3 o IE2 se utilizzano un azionamento di velocità variabile.

Quanto sopra è percepito nel settore come un obiettivo piuttosto ambizioso. Al momento i costruttori di motori hanno difficoltà a raggiungere efficienze superiori alla classe IE2 senza affrontare considerevoli riprogettazioni e senza aumentare le dimensioni della struttura.

MP7 4. Programma di Gestione dei motori

Con un programma di gestione dei motori è possibile pianificare la sostituzione di motori e trasmissioni avendo una ampia ed aggiornata conoscenza della disponibilità reale in

funzione delle applicazioni e della qualità richieste. Questo programma sarà inoltre uno strumento di grande aiuto nella valutazione dei risparmi energetici che permetterà di ridurre i tempi di fermo dell'impianto e gli arresti improvvisi causati da guasti ai motori.

Un programma di gestione dei motori si compone di due parti

- un elenco dei motori
- dei diagrammi carico/tempo

MP 7 4.1. Elenco dei motori

Per creare questo l'elenco, suddividete il vostro impianto in zone logiche ed elencate tutti i motori, da quelli di capacità maggiori a quelli di capacità minori. Dovreste definire le vostre soglie minime di capacità e di ore di funzionamento, laddove sono esclusi dall'analisi motori molto piccoli o motori molto poco utilizzati. L'elenco dovrebbe contenere tutte le informazioni rilevanti sui motori, quali:

- Identificazione di ogni singolo motore e i dati della targa
- Il servizio di routine ed il tipo di operazione (ad esempio, pompa di alimentazione della caldaia, funzionamento continuo o discontinuo)
- Velocità del motore ed apparecchiature azionate
- Tipo di controllo della velocità variabile, se applicabile
- Efficienza di carico di progettazione
- Voltaggio di funzionamento, amperaggio e fattore di potenza
- Media delle ore di funzionamento annue
- Carico medio del motore ed efficienza media del motore
- Quantità e tipo di riparazioni

A seconda dell'età del motore, potrebbero non essere immediatamente disponibili tutte queste informazioni (quali, ad esempio, i dati sull'efficienza ed il fattore di potenza). In quel caso, dovreste provare ad interpellare il costruttore originale dell'apparecchiatura per il completamento di tali informazioni.

Se il carico effettivo del motore non è stato ancora misurato, potete considerare di eseguire una misurazione in loco del voltaggio, dell'amperaggio, del fattore di potenza, e della velocità utilizzando misurazioni temporanee per definire il carico e l'efficienza medi del motore.

Le misurazioni richieste (in un sistema trifase di erogazione dell'energia per ogni motore sono:

- Tensione tra ognuna delle tre fasi
- Valori di ampere per tutte e tre le fasi
- Fattore di potenza in tutte e tre le fasi
- Velocità operative del motore e del carico azionato

Queste misurazioni dovrebbero essere fatte da elettricisti specializzati.

MP7 4.2. Il profilo di carico/tempo

Un secondo strumento utile è quello di sviluppare dei Profili di Carico/Tempo per il gruppo dei motori più grandi per raccogliere informazioni più dettagliate sulle ore di funzionamento annue e sui loro carichi ed efficienze. Ciò richiede una serie di misurazioni, come descritto nell'Elenco Motori, ai vari turni, e nelle diverse stagioni per fornire gli input necessari. I Profili di Carico-Tempo possono essere utili nella verifica della sostituzione di motori sovradimensionati e/o malfunzionanti dal punto di vista dell'efficienza, e delle opzioni di velocità variabile con i sistemi di azionamento del vostro impianto.

MP7 7.5. Principali Aree di Miglioramento Potenziale dell'Efficienza Energetica

Avendo come base le informazioni descritte sopra, potete investigare le possibilità di miglioramento con i motori ed i sistemi di azionamento. Ci sono quattro aree da prendere in considerazione:

- Sostituzione dei motori standard con motori ad alta efficienza;

- Sostituzione di motori sovradimensionati con motori più piccoli ad alta efficienza;
 - Installazione di Trasmissioni a velocità Variabile come forma di controllo del processo;
 - Misure di diligente manutenzione e corretto utilizzo dei sistemi di trasmissione
- Ognuna di queste aree è trattata più dettagliatamente nelle sezioni seguenti.

MP7 5.1. Sostituzione di un Motore Standard con un Motore Elettrico ad Alta Efficienza

La sostituzione di un motore standard con un motore ad Alta Efficienza (High Efficient - HE) può essere presa in considerazione in situazioni in cui:

- il motore necessita di essere sostituito, in quanto giunto alla fine del suo ciclo di vita;
- un motore è in avaria ed avrebbe bisogno di essere riparato; oppure
- da una completa analisi dei costi la sostituzione risulta conveniente.

I guasti ai motori spesso hanno a che fare con dei guasti all'isolamento dell'avvolgimento dello statore. Il riavvolgimento ed il ricondizionamento sono pratiche comuni. Un'alternativa potrebbe essere sostituire un motore standard con un motore HE e trarre beneficio dell'efficienza migliorata.

In media i motori HE hanno un'efficienza di circa il 2% superiore rispetto ai nuovi motori elettrici standard. I motori riavvolti, in ogni caso, perdono parte della loro efficienza (circa 0.5% ad ogni riparazione). L'investimento per un motore HE con un telaio standard può essere approssimativamente superiore del 4%.

La sostituzione di un motore vecchio con un motore ad HE, invece di uno standard può essere un vantaggio, come mostrato nell'esempio seguente.

MP7 5.2. Il Caso Concreto per Motori ad EFF1

Il risparmio annuo può essere calcolato con la formula:

$$\text{Risparmio} = \text{ore} \times \text{kW} \times \%FL \times (\text{€/kWh}) \times (100/\eta_{\text{standard}} - 100/\eta_{\text{HE}})$$

In cui:

| | |
|--------------------------|--|
| Risparmio | = il risparmio annuo in termini di costo dell'energia elettrica €/anno |
| Ore | = tempo di funzionamento annuo (ore) |
| kW | = potenza del motore (kW) |
| %FL | = percentuale media del carico al quale il motore viene impiegato(%) |
| €/kWh | = costi dell'energia elettrica (€/kWh) |
| η_{standard} | = efficienza del motore esistente (%) |
| η_{HE} | = efficienza del motore a HE (%) |

Le informazioni sulla % FL dovrebbero essere reperibili sull'elenco Motori e sui Profili di Tempo-Carico. Se non conoscete l'efficienza del motore esistente, potete utilizzare il livello superiore di EFF3 come indicazione. Se il vostro motore è stato riparato, dovrete prendere in considerazione una perdita aggiuntiva dello 0.5% per ogni riparazione.

ESEMPIO

Supponiamo che un motore a 4-poli di 22 kW sia in funzione al 75% del carico per 6.000 ore all'anno, con dei costi per l'energia elettrica pari a 0,08 €/kWh. Il motore è stato riavvolto una volta. Quale sarà il risparmio annuo, quando questo motore sarà sostituito con un motore a HE? L'efficienza standard è al 90% e l'efficienza HE EFF1 è del 92,6%. Il risparmio annuo è:
 Risparmio = 6.000 x 22 x 0.75 x 0.08 x (100/90 - 100/92,6) = 247 €/anno
 L'investimento per un motore a HE può aggirarsi intorno ai 700€. E quindi si ripaga in 2,8 anni

MP7 6. Come Migliorare l'Efficienza nei Sistemi Sovradimensionati

Come conseguenza di una prassi di progettazione prudente, i motori spesso sono dimensionati per eccesso, più del necessario. Ad esempio, le pompe centrifughe sono spesso sovradimensionate a causa dei margini di sicurezza che vengono aggiunti nelle varie

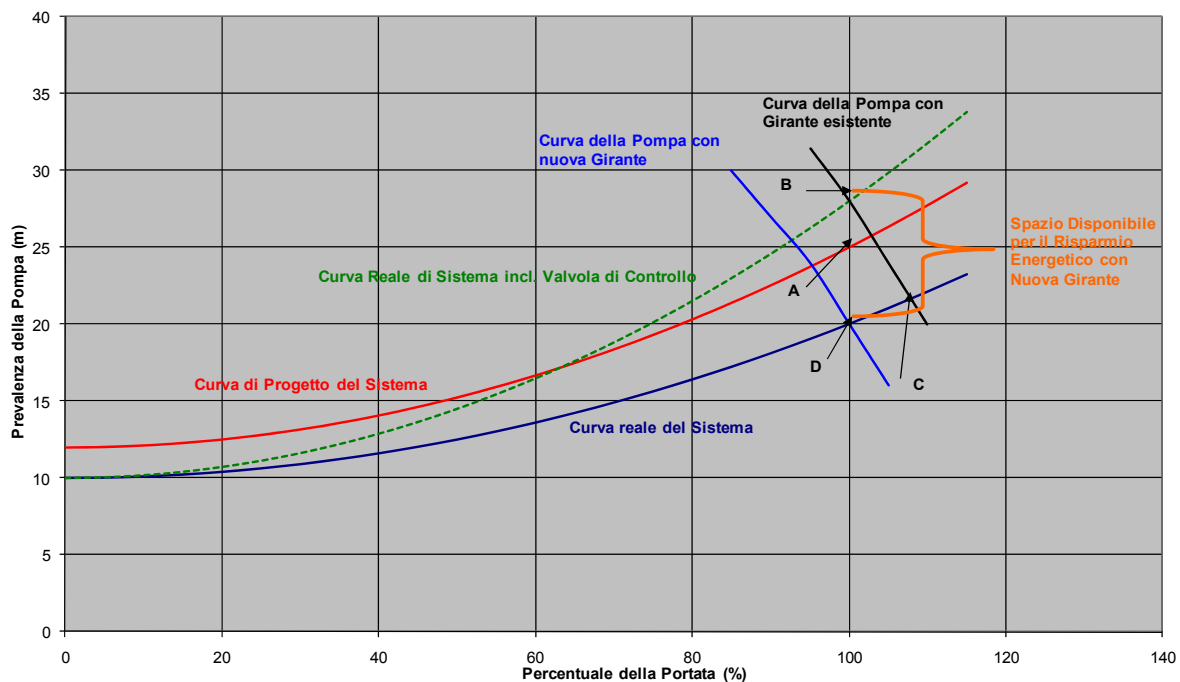
fasi di progettazione, a partire dal processo di progettazione vero e proprio fino alle specifiche d'acquisto ed alla progettazione del costruttore, per assicurare che vengano rispettati i termini di garanzia. In aggiunta, le condizioni operative di un impianto potrebbero essere state cambiate, dando quindi come risultato dei sistemi sovradimensionati. Di conseguenza i motori elettrici e le attrezzature collegate si trovano ad operare molto al di fuori dei loro limiti di efficienza ottimali. Se questo è il vostro caso, potete considerare una serie di miglioramenti.

MP7 6.1. Modificare o Sostituire la Girante delle Pompe Sovradimensionate

Se una pompa lavora in condizioni completamente differenti da quelle di progetto, ad esempio perché la pressione nel sistema risulta essere molto più bassa rispetto alle condizioni di progetto e perciò la prevalenza della pompa è molto più bassa del previsto, ciò provocherà uno spreco di energia, dovuto al controllo della portata, ottenuto mediante strozzamento o bypass.

In questo tipo di operazione, potete prendere in considerazione o di ridurre o di sostituire la girante della pompa. Ridurre significa tornare la girante fino a ridurre il diametro. Questa operazione dovrebbe essere sempre eseguita insieme al costruttore della pompa per mantenere la girante entro dimensioni accettabili. Se la riduzione non è possibile, allora potete prendere in considerazione la sostituzione della girante con una di uno di diametro inferiore. La Figura 26 illustra l'effetto della sostituzione della girante nella curva caratteristica della pompa.

FIGURA 26. EFFETTO DELLA SOSTITUZIONE DELLA GIRANTE DELLA POMPA



- Il punto A è il punto originario di progettazione sulla curva del sistema.
- Il punto B è il punto di operatività reale della pompa.
- Il controllo della portata tramite strozzamento (strozzando la portata dal punto C al punto B) introduce perdite ulteriori nella curva di sistema (vedi linea tratteggiata).
- Basato sulla curva di sistema reale, senza perdite di strozzamento, il punto D è il punto ideale di funzionamento della pompa (ovviamente con un margine per le variazioni di portata).

La riduzione di energia necessaria con la nuova girante può essere calcolata con la formula seguente:

$$P_2 = P_1 \times (H_2 \times Q_2) / (H_1 \times Q_1) \times (\eta_1 / \eta_2)$$

In cui:

- Q = portata (m³/h)
 H = prevalenza della pompa (m di colonna liquida)
 η = efficienza idraulica della pompa (%)
 1 = con la girante originale
 2 = dopo l'aggiornamento (retrofit)

Se la portata non è cambiata (Q₁ = Q₂) la formula diventa:

$$P_2 = P_1 \times (H_2 / H_1) \times (\eta_1 / \eta_2)$$

ESEMPIO

Prendiamo una pompa di 110 kW in funzione 6.000 ore all'anno, essa può essere attrezzata con la nuova girante che ridurrà la prevalenza della pompa richiesta da 28 m a 20 m per erogare la stessa portata e migliorare l'efficienza dal 60% al 70%. La potenza con la nuova girante, dunque si ridurrà a:

$$P_2 = 110 \times (20/28) \times (60/70) = 67 \text{ kW}$$

Il risparmio energetico annuo sarà (110 - 67) x 6.000 = 258.000 kWh. Se i costi di kWh sono 0,08 €/kWh, il risparmio annuo è pari a €20.640.

MP7 6.2. Sostituire un Motore Sovradimensionato e utilizzato al di sotto della sua Capacità

Per le stesse ragioni menzionate sopra, i motori raramente operano a pieno carico rispetto alle loro capacità. I motori che operano al di sotto del 50% della loro potenza non sono un'eccezione nell'industria chimica. Le efficienze dei motori sono relativamente costanti tra il 70% e l'80% del carico e cadono leggermente dall' 80% a pieno carico e dal 70% al 50% del carico. Al di sotto del 50% di carico l'efficienza comincia a peggiorare significativamente.

Usando l'elenco dei motori potete controllare quali motori operano a carichi bassi e quali sono le loro efficienze. I motori che lavorano al di sotto del 50% della loro potenza per più di 2.000 ore all'anno sono in lizza per un aggiornamento (retrofit). Con queste informazioni, potete fare una stima economica per la sostituzione del motore esistente con un motore più piccolo ad HE, oppure potreste programmare una revisione del motore. Per calcolare accuratamente il reale risparmio dovrete consultare un elettricista qualificato ed il costruttore del motore, al fine di prendere in considerazione tutti gli aspetti di tale aggiornamento. E' importante confrontare gli effetti della velocità di rotazione di un motore a HE rispetto al motore standard da sostituire. La velocità operativa attuale di un motore ad induzione è leggermente inferiore (1-5%) rispetto alla velocità di un motore sincrono. Questa differenza di velocità viene detta scorrimento (*slip*). I motori ad HE funzionano spesso con uno scorrimento ridotto. Questa differenza può essere significativa nel calcolo del risparmio energetico di un aggiornamento, poiché il consumo di potenza varia con la terza potenza della velocità.

L'efficienza operativa ed il carico del motore possono essere ricavate dalle misurazioni effettuate durante l'utilizzo e dalle informazioni sulla targa dei motori. Per calcolare il carico parziale del motore dovette misurare il voltaggio, gli ampere ed il fattore di potenza per tutte e tre le fasi. Il carico del motore, quindi, può essere calcolato con la formula seguente:

$$P = \text{Voltaggio}_{med} \times \text{Amp}_{med} \times \text{FP}_{med} \times \sqrt{3}$$

In cui:

- P = carico del motore
 Voltaggio_{med} = tensione media sulle 3 fasi
 Amp_{med} = corrente media sulle 3 fasi
 FP_{avg} = fattore di potenza medio sulle 3 fasi

MP7 7. Tecnologie di Sistemi di Trasmissioni a Velocità Variabile

Il controllo della portata delle apparecchiature a fluido, come le pompe, i ventilatori ed i compressori, azionati da un motore elettrico ad induzione e funzionanti a velocità fisse, è spesso ottenuto tramite l'utilizzo di valvole di strozzamento nella parte di aspirazione o di scarico delle apparecchiature, oppure tramite un bypass del flusso. In questo caso, parte del flusso viene direttamente rimandato in aspirazione, bypassando i punti di utilizzo.

Nei casi di fabbisogno di flusso variabile di piccole variazioni della pressione statica, i controlli delle trasmissioni a velocità variabile abbinati a motori elettrici AC ad induzione possono essere un'efficiente alternativa di risparmio rispetto ai rigidi sistemi a strozzamento o a bypass, oppure a controllo on/off, perché il fabbisogno di potenza varia con la terza potenza della velocità della pompa o del compressore. In ogni caso, nelle applicazioni dove si richiede una portata costante e/o la variazione di pressione statica è una porzione significativa della prevalenza totale, la trasmissione a velocità variabile non comporta delle economie apprezzabili.

Sul mercato è disponibile un'ampia varietà di trasmissioni a velocità variabile. I tipi più vecchi di controllo della velocità sono:

- Controlli variabili Idraulici / Meccanici;
- Controlli variabili a corrente a vortice;
- Motori elettrici a velocità multipla.

Oggi, le trasmissioni elettroniche a Velocità Variabile (spesso chiamati *Inverter*, o VSD, o PWM) rappresentano la tecnologia più comune per il controllo della velocità variabile. Per le buone caratteristiche di controllo e, per la superiore efficienza sono spesso economicamente più vantaggiosi e possono essere utilizzati su un'ampia gamma di potenze.

MP7 7.1. Trasmissioni a Velocità Variabile Meccaniche e Idrauliche

Le trasmissioni meccaniche a velocità variabile utilizzano una cinghia regolabile ed un meccanismo a puleggia per la trasmissione della velocità variabile tra il motore e l'apparecchiatura azionata dal motore per convertire una velocità fissa in una velocità variabile. Le trasmissioni idrauliche a velocità variabile utilizzano un accoppiamento tra il motore e le apparecchiature azionate in cui il momento di rotazione viene trasmesso tramite olio idraulico. La velocità di uscita è regolata controllando più o meno lo scorrimento tra le due parti dell'accoppiamento idraulico (ad es. la parte della velocità costante dal lato del motore e la parte della velocità variabile della parte azionata). L'accoppiamento idraulico è controllato tramite un sistema di olio idraulico con pompe e raffreddamento.

MP7 7.2. Trasmissioni a Velocità Variabile a Corrente a Vortice

Come per l'accoppiamento idraulico, la trasmissione a velocità variabile a corrente a vortice è anche un tipo di controllo della velocità di scorrimento. Esso consiste in un tamburo collegato ad un albero a velocità costante che circonda un rotore connesso ad un albero a velocità variabile con un piccolo tappo ad aria tra il tamburo ed il rotore. Si crea un campo magnetico regolabile, in cui il momento di rotazione è trasmesso dal tamburo all'albero a velocità variabile. L'efficienza delle trasmissioni a corrente a vortice dipende dall'ampiezza dello scorrimento (ad es. la differenza tra la velocità di pieno carico e la velocità di funzionamento). Ad esempio, all'80% della velocità l'efficienza delle trasmissioni può essere contenuta in un margine tra il 76 e l'80%. Paragonate ai moderni VSD elettronici, le trasmissioni a corrente a vortice sono meno efficienti. Paragonate ai VSD elettronici, hanno perdite meccaniche relativamente alte.

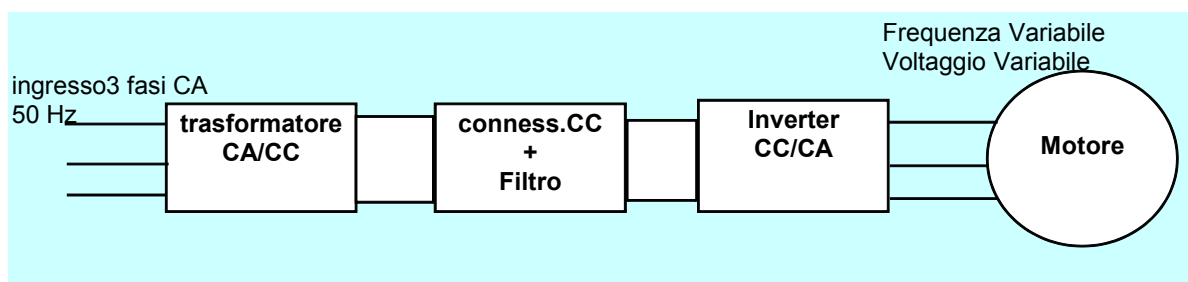
MP7 7.3. Motori a Velocità Multipla

I motori ad induzione AC possono essere attrezzati con configurazioni di avvolgimento differenti per azionare il motore a due o quattro velocità differenti. I motori multipli vengono più comunemente utilizzati in situazioni in cui è richiesto un controllo di portata graduale. Esempi tipici sono nei sistemi di ventilazione e con i ventilatori a torre di raffreddamento.

MP7 7.4. VSD Elettronico di Potenza (Inverter)

Un normale motore elettrico AC funziona ad una velocità fissa determinata dalla frequenza dell'energia erogata (50 Hz). Il campo magnetico rotante indotto nel motore è direttamente connesso con la frequenza dell'energia erogata. La tecnologia elettronica del VSD può convertire la corrente alternata a voltaggio fisso e a frequenza fissa in corrente alternata a voltaggio variabile e a frequenza variabile, utilizzando una speciale tecnologia elettronica. Come mostrato in Figura 27, questo VSD è composto da un convertitore CA/CC che trasforma la corrente alternata in corrente continua, da un filtro CC per creare la giusta corrente CC, ed infine da un Inverter CC/CA che trasforma la tensione CC in tensione CA variabile ad una frequenza variabile. L'uscita CA alimenta il motore.

FIGURA 27. CONFIGURAZIONE GENERALE DI UN VSD ELETTRONICO



Ci sono alcuni aspetti da tenere in considerazione, quando si esaminano le applicazioni del VSD:

- Potrebbe essere che il vostro motore elettrico CA esistente non sia adatto ad essere usato con un VSD Elettronico di Potenza, per la natura della forma d'onda della tensione sintetizzata. Quindi, molto probabilmente, dovete prevederne la sostituzione con motore HE.
- I VSD potrebbero creare delle armoniche superiori nel sistema di erogazione dell'energia che possono avere degli effetti sugli altri utilizzatori. In quel caso, sarà necessario installare anche dei filtri armonici.
- A causa della presenza di altre apparecchiature elettroniche di potenza nel sistema, i VSD dovranno essere posizionati in un luogo pulito ed asciutto.

Le fasi di conversione in un VSD da CA a CC a CA adattata consumano un po' di energia. L'efficienza tipica dei VSD è del 92-95%. Queste perdite devono essere prese in considerazione per la valutazione economica generale.

I VSD hanno la possibilità di azionare un avviamento 'soft' del motore, evitando elevate correnti di spunto nel motore e riducendo i cali di tensione nel sistema di distribuzione dell'energia.

Uno sviluppo recente è quello di integrare il VSD con il motore. Questa pratica ha una serie di vantaggi, quali i bassi costi di installazione e l'eliminazione di problemi legati ad interferenze elettromagnetiche, ecc. Un esempio è dato in Figura 28.

FIGURA 28. VSD INTEGRATO



Per concessione di Siemens

Attualmente vengono applicati ai motori di potenza inferiore (fino a circa 15 kW). Esistono diverse forme di VSD Elettronici di Potenza ed è necessario consultare un fornitore qualificato per scegliere il tipo più adatto alle esigenze specifiche.

MP7 8. Opportunità e Benefici delle Trasmissioni a Velocità Variabile

MP7 8.1. Applicazioni del Momento di Rotazione Variabile e Costante

Nella valutazione delle applicazioni possibili delle trasmissioni a Velocità Variabile, è importante che valutare il tipo di momento di rotazione richiesto per le specifiche apparecchiature azionate. Con apparecchiature a fluido, quali pompe, ventilatori ad aria o compressori, lo scarico di pressione in uscita dalla pompa, ventilatore o compressore consiste in una parte statica (innalzamento statico) e in una parte dinamica. La parte statica è determinata dalla pressione di processo al punto di erogazione, ad esempio, dalla pressione nel serbatoio di processo, oppure dalla pressione ai punti di utilizzo nei sistemi di aria compressa. La parte dinamica è la frizione del fluido che si viene a creare nell'impianto dal punto di erogazione al punto di utilizzo e varia con la seconda potenza della velocità del fluido.

Per le applicazioni in cui l'innalzamento statico è una parte relativamente ampia della pressione totale erogata, si richiede un momento di rotazione abbastanza costante su tutta la gamma di controllo del flusso (flusso variabile a pressione costante). Alcuni esempi sono i compressori di aria, i miscelatori ed i dispositivi di trasporto. Per le applicazioni con una parte relativamente ampia di pressione dinamica, si richiede un momento di rotazione più variabile sull'intera gamma di controllo del flusso (flusso variabile e pressione variabile). Alcuni esempi sono i ventilatori dell'aria e gli impianti di pompaggio.

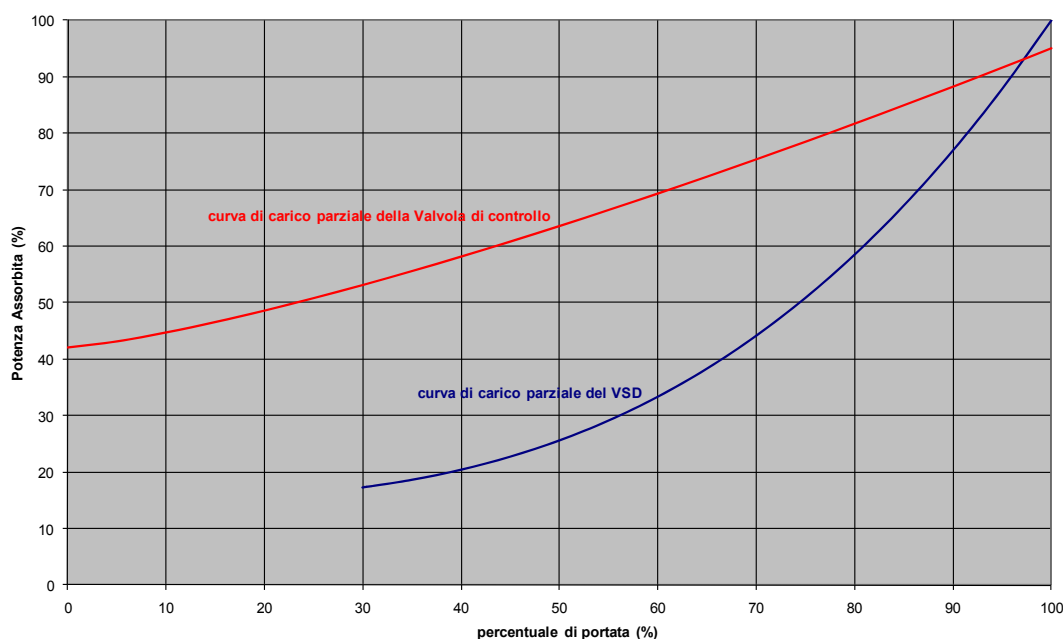
Il potenziale di risparmio energetico con le trasmissioni a velocità variabile dipende dal tipo di momento di rotazione richiesto per l'applicazione. Quelli con un momento di rotazione più variabile creeranno risparmi relativamente maggiori rispetto a quelli con un momento di rotazione costante, perché, con il momento di rotazione costante, l'ingresso di energia decresce in modo pressoché lineare con una velocità più bassa, mentre il momento di rotazione variabile si riduce con la seconda potenza della velocità. Perciò, le applicazioni più interessanti per cui considerare le trasmissioni a velocità variabile sono in ordine di preferenza:

- Pompe
- Ventilatori ad aria
- Compressori di Processo
- Compressori dell'aria
- Dispositivi di Trasporto
- Altri

MP7 8.2. Pompe

Il controllo di portata più comune nei sistemi di pompaggio è costituito da una valvola di controllo del flusso nello scarico della pompa. Questo spesso si rivela essere un spreco di energia, dal momento che la pompa non funziona al suo livello ottimale. Utilizzare una trasmissione a velocità variabile, invece di una valvola di controllo dello strozzamento, può avere come risultato un sostanziale miglioramento dell'efficienza energetica e, di conseguenza un risparmio di costi. Questo processo è illustrato nella Figura 29, in cui la potenza richiesta con una valvola di controllo e una velocità fissa è confrontata quella di un sistema a velocità variabile.

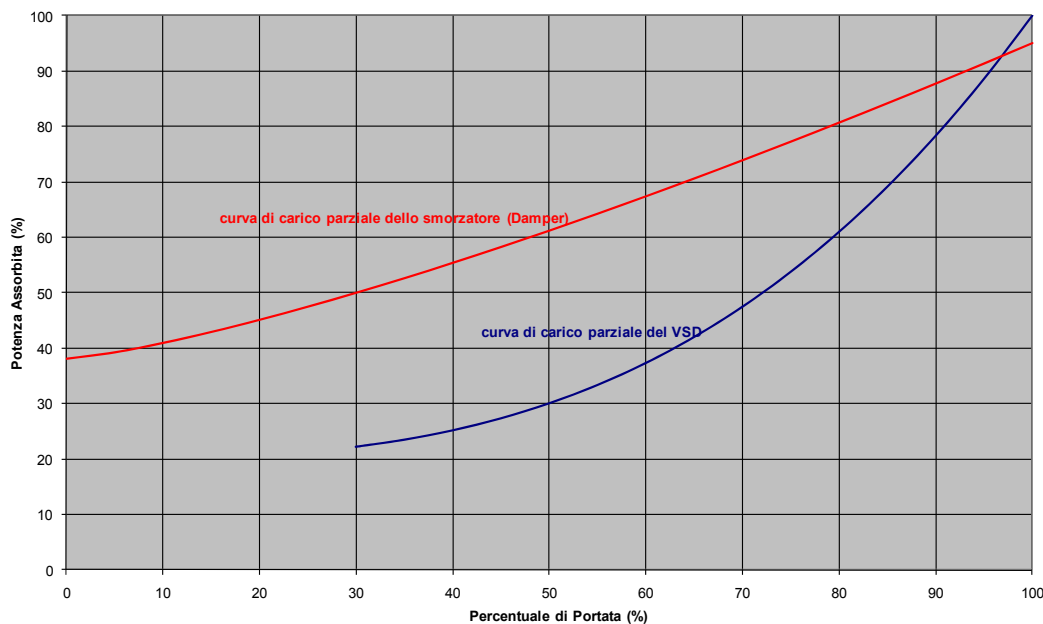
FIGURA 29. CONFRONTO TRA IL FABBISOGNO DI POTENZA IN POMPE CON VSD E CON CONTROLLO DELLO STROZZAMENTO



L'asse orizzontale fornisce la portata come percentuale della progetto di progetto. L'asse verticale è la potenza assorbita come percentuale della potenza richiesta dal VSD. Con una valvola di controllo a strozzamento la potenza richiesta si riduce ad una percentuale lineare con la diminuzione della portata (l'efficienza della pompa si ridurrà anch'essa). Con una trasmissione a velocità variabile, la potenza richiesta diminuisce più o meno con la seconda potenza del flusso decrescente (con la terza potenza della velocità). In questo esempio, il VSD può essere utilizzato fino al 30 % della portata. Al di sotto di quel punto, la velocità della pompa non è sufficiente per fornire abbastanza pressione di scarico per adeguare la pressione dell'impianto (principalmente nella prevalenza statica). A causa delle perdite intrinseche, il VSD è meno efficiente della valvola di controllo ad una portata tra il 100 % ed il 95 %.

MP7 8.3. Ventilatori per Aria

In modo simile a quanto descritto per l'utilizzo della valvola di controllo con una pompa, gli smorzatori sono spesso utilizzati per controllare il flusso di un ventilatore. Ridurre la velocità è una forma di controllo molto più efficiente dal punto di vista energetico. Ciò è illustrato in Figura 30.

FIGURA 30. CONFRONTO TRA IL FABBISOGNO DI POTENZA IN VENTILATORI CON VSD E CONTROLLO DELLO SMORZAMENTO

Esempio di risparmio energetico con il VSD

Poniamo che un ventilatore ad aria funzioni per 6.000 ore all'anno ad una portata media annua del 60% della sua capacità di progetto. La potenza di progetto è 160 kW. Con il controllo dello smorzamento il consumo di energia annuo è:

$$68\% \times 160 \text{ kW} \times 6.000 \text{ ore} = 652.800 \text{ kWh/y}$$

Con il VSD il consumo di energia annuo è:

$$38\% \times 160 \text{ kW} \times 6.000 \text{ ore} = 364.800 \text{ kWh}$$

Il risparmio annuo con il VSD è di 288.000 kWh. Ad un costo del kWh di 0,08 €/kWh il risparmio è pari a €23.040 all'anno.

MP7 8.4. Compressori (d'Aria)

Il potenziale delle trasmissioni a velocità variabile con i compressori dipende in grande parte dal tipo di compressore, dal tipo di momento di rotazione richiesto (più costante oppure più variabile), e da quale forma di controllo della capacità è attualmente utilizzata. Ad esempio, i compressori centrifughi o i compressori assiali che operano in un impianto con prevalenze statiche alte sono meno indicati ad essere utilizzati con le trasmissioni a velocità variabile. In ogni caso, con compressori con un momento di rotazione costante, quali compressori a pistone e compressori a vite, dei miglioramenti potranno essere raggiunti con una trasmissione a velocità variabile, dal momento che questa può sostituire un controllo di capacità meno efficiente. È importante tenere in considerazione che spesso un compressore a dislocamento positivo necessita di operare al di sopra della velocità minima accettabile. Perciò, dovrete sempre consultare il vostro fornitore di compressori se state prendendo in la possibilità di effettuare un aggiornamento.

MP7 9. Lista di interventi per un manutenzione diligente

| Interventi | |
|------------|---|
| 1 | Spegnete i motori quando essi non sono utilizzati, evitate il funzionamento delle pompe per un periodo più lungo oltre il loro controllo di bypass minimo. |
| 2 | Eseguite manutenzioni periodiche su tutti i componenti dei vostri sistemi di trasmissione |
| 3 | Controllate l'allineamento degli accoppiamenti e la lubrificazione, e la manutenzione della guarnizione delle pompe |
| 4 | Sostituite le guarnizioni che perdono eccessivamente e controllate i serraggi |
| 5 | Controllate periodicamente le condizioni dei motori elettrici, tra l'altro lo stato dell'isolamento dell'avvolgimento del motore |
| 6 | Eseguite delle verifiche sulle apparecchiature azionate a cinghia. Raccogliete i dati sull'applicazione e sulle ore di funzionamento. Determinate l'efficacia in termini di costo di sostituire le cinghie a V con delle cinghie dentate o cinghie sincrone |
| 7 | Eseguite un'analisi sulla qualità della distribuzione dell'energia nel vostro impianto |
| 8 | Controllate il sistema di distribuzione per eventuali carichi singoli distribuiti in modo inadeguato |
| 9 | Eliminate le tensioni non equilibrate, perché possono seriamente degradare la prestazione ed accorciare la vita dei motori trifase |
| 10 | Eliminate eccessive cadute di tensione nel vostro sistema di distribuzione all'interno dell'impianto |
| 11 | Controllate il fattore di potenza nel vostro sistema di distribuzione all'interno dell'impianto e valutate degli interventi per migliorare il fattore di potenza |

Lista addizionale di controlli per i motori

| Opportunità di risparmio energetico | Opportunità di risparmio energetico |
|---|-------------------------------------|
| 1. cercate di assicurarvi che la capacità del motore non superi più del 25% del pieno carico. | - |
| 2. Installate dei controlli sul motore (tensione, fattore di potenza e velocità) | - |
| 3. Create degli accessori per una partenza progressiva (soft start) | - |
| 4. Installate delle trasmissioni a velocità variabile | |

Fonte: www.bes-project.info

MP7 10. Ulteriori Informazioni

Miglior prassi per migliorare l'efficienza energetica con i motori e le trasmissioni

Una PMI chimica, come parte di una serie di interventi che tutti insieme hanno portato ad un risparmio energetico del 40% sul fabbisogno di carico base, ha sostituito gli obsoletri motori elettrici a bassa efficienza con quelli ad elevate efficienza. Questi interventi hanno fatto risparmiare il 10% dell'energia usata dai motori ed hanno consentito un periodo di ammortamento di 2 anni..

MP7 10.1 Bibliografia

- 1) Carbon Trust, www.carbontrust.co.uk

Esempi:

- a. Variable speed drives, Introducing energy savings opportunities for business, CTG006
 - b. Compressed air CTV017
 - c. Motors and drives CTV016
- 2) Improving Motor and Drive System Performance: a Sourcebook for Industry, US DOE, Office of EERE, <http://www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/motors.html>
 - 3) Variable Speed Pumping, a Guide to Successful Applications, US DOE, Office of EERE, www.pumps.org, www.europump.org
 - 4) Motor efficiency classes www.motorsystems.org

Migliore Prassi 8 Come migliorare l'efficienza energetica del processo di produzione

MP 8 1. Introduzione

Gli impianti chimici lavorano con processi ad elevato contenuto di energia. Quindi è perfettamente corretto da un punto di vista economico verificare le potenzialità di miglioramento delle performance energetiche. Il potenziale risparmio di energia può essere considerato come un fatto inerente la singola unità di processo, o, in alternativa, un'opportunità di recupero di calore dall'area del processo stesso. Questa prassi descrive una serie di possibili miglioramenti negli impianti, quali la distillazione, l'evaporazione e l'essiccamento. L'argomento è trattato in modo necessariamente generico dato che nei processi chimici ci sono infinite variazioni. A questo proposito tecnici esperti del settore dovrebbero valutare se questi miglioramenti si possano applicare al caso specifico o meno. Inoltre alcune applicazioni delle tecnologie della membrana e numerose tecnologie di recupero del calore ad alta temperatura sono state descritte per l'elevato potenziale di risparmio che le caratterizza. L'ultima parte descrivere per sommi capi un metodo di analisi di recupero strutturale del calore (analisi di pinch) che si può applicare per trovare l'ampiezza del recupero di calore in un'impianto.

MP 8 2. Aree di processo con potenzialità di miglioramento dell'efficienza energetica

MP 8 2.1. Distillazione

La distillazione serve per separare delle miscele costituite da componenti con punti di ebollizione differenti. La miscela viene riscaldata sino alla temperatura di ebollizione della miscela stessa. Ad esempio per purificare dei solventi il tipico impianto di distillazione è costituito da un reattore, in cui viene riscaldata la miscela in ingresso, da una colonna di distillazione, in cui i componenti della miscela vengono separati e da un bollitore che mantiene le condizioni di ebollizione nella colonna. Normalmente questi componenti fondamentali sono integrati fra di loro e costituiscono un unico processo di separazione con numerosi scambiatori di calore lungo il flusso del prodotto.

Si può trovare spazi per il risparmio:

- migliorando ulteriormente l'integrazione termica (per un'analisi sistematica va al punto cinque di questa MP)
- utilizzando piatti di distillazione più efficienti o diversi riempimenti delle colonne
- in alcuni casi si possono prendere in considerazione alternative alla distillazione che comportino un minor consumo di energia. Una possibilità è costituita dall'evaporazione combinata con la tecnologia delle membrane. Con l'evaporazione può anche essere possibile separare-direttamente miscele azeotropiche. Le miscele azeotropiche hanno un punto di ebollizione più basso di quello dei componenti puri, quindi solo un componente può essere purificato. Inoltre la distillazione azeotropica richiede maggiore quantità di energia.
- ottimizzazione/ adattamento dei rapporti di riflusso / flusso di ritorno dell'elettricità per unità di prodotto: Molte colonne di distillazione vengono fatte funzionare con un volume di ritorno dell'energia elettrica costante. Se l'alimentazione dell'energia elettrica viene variata, la quantità di flusso di ritorno di energia elettrica non viene spesso adattata. Questo è come distruggere l'energia elettrica e dovrebbe essere pertanto evitato.

Va osservato che i primi tre tipi di variazioni comporterebbero delle modifiche significative al processo. Dovrebbero essere prese in considerazione in caso di riprogettazione o ampliamento dell'impianto.

MP 8 2.2. Evaporazione

L'evaporazione si utilizza quando si richiede di concentrare una soluzione eliminando il solvente. Il maggior consumo di energia è assorbito dall'aumento di temperatura per portare l'acqua al punto di ebollizione e convertirla in vapore che viene rimosso dall'evaporatore.

Delle economie si possono fare:

- riducendo la quantità di solvente da evaporare;
- un modo per ridurre il solvente consiste nel prevedere una fase di separazione basata sull'utilizzo della tecnologia delle membrane
- si può anche pensare di recuperare il calore di evaporazione del solvente in un condensatore impiegandolo per il riscaldamento a bassa temperatura
- un'altra alternativa consiste nell'impiegare un compressore meccanico per comprimere il vapore e usarlo come mezzo riscaldante
- infine si può pensare di utilizzare evaporatori multistadio di maggiore efficienza

MP 8 2.3. Essiccamento

L'essiccamento si impiega nei casi in cui si debba eliminare l'acqua o il solvente da un prodotto solido fornendo calore.

Le possibilità di migliorare l'efficienza energetica sono costituite da:

- riduzione del contenuto di acqua nel solido prima di essiccarlo. Questo metodo richiederebbe importanti cambiamenti del processo, quali l'installazione di tipi speciali di pompe per fluidi ad alta viscosità (Slurry pumps) in grado di trasportare dei flussi con un'alta concentrazione di solidi.
- assicurarsi che il processo sia bene sotto controllo e le parti calde siano convenientemente isolate.
- verificare se non sia il caso di recuperare il calore contenuto nell'aria calda proveniente dal essiccatore

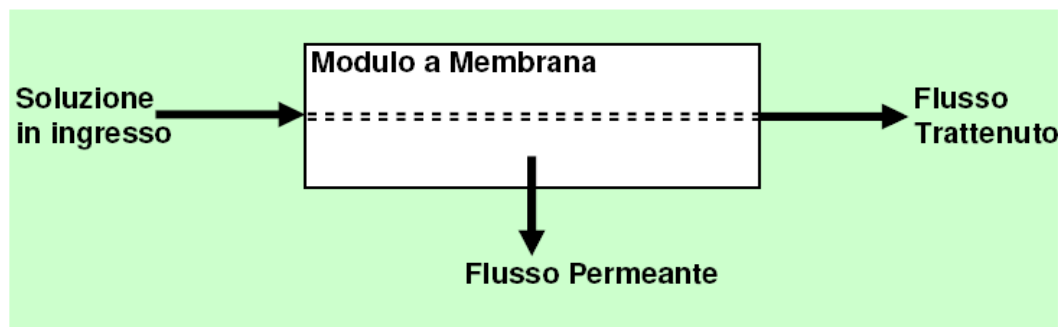
MP 8 3. Alternative di risparmio energetico: la tecnologia delle membrane

La tecnologia delle membrane si è rapidamente sviluppata nell'ultima decina di anni ed è diventata una tecnologia di separazione corrente per tutta una serie di applicazioni.

Il grande vantaggio della tecnologia delle membrane è il suo consumo energetico relativamente basso se confrontato con le altre tecnologie di separazione come la distillazione e l'evaporazione.

La figura 31 ne illustra i principi fondamentali

Figura 31 Tecnologia della separazione a membrane



Il flusso principale passa attraverso la parete a membrana (permeato) mentre il flusso trattenuto è formato dai componenti che non passano attraverso la parete a membrana. La tecnologia delle membrane può essere usata in numerosi sistemi di separazione:

- filtrazioni a membrana sotto pressione come ad esempio micro, ultra, nano filtrazioni e filtrazioni ad osmosi inversa per il trattamento di liquidi (per esempio l'acqua).
- Elettromembrane in cui delle membrane provviste di carica elettrostatica vengono usate per separare delle particelle a loro volta provviste di carica (si tratta di una tecnologia combinata di elettrolisi e membrane)
- membrane per la separazione di gas per separare ad esempio anidride carbonica e idrogeno
- membrane a pervaporazione sono, ad esempio, impiegate per rompere delle miscele azeotropiche
- recentemente sono state sviluppate delle membrane di pervaporazione in ceramica idonee per temperature di processo superiori a 100 °C (al contrario delle più comuni membrane polimeriche che possono essere utilizzate fino a 100 °C)
- Pertrazione con membrane liquide. Una membrana liquida è formata da una struttura di supporto in membrana porosa con un liquido polimerico che riveste i pori. Il polimero è scelto in base alla sua affinità con i componenti che devono essere separati dal flusso in ingresso. Con il rivestimento di liquido polimerico, la membrana realizza il trasporto dei soluti in due fasi liquide (alimentando e strippando le soluzioni), separate dalla membrana. Un utilizzo tipico è di questo processo è nel trattamento delle acque di scarico. Ad esempio, le acque di scarico contaminate da sostanze aromatiche o da idrocarburi clorurati possono essere pulite tramite l'assorbimento in un agente organico di estrazione. La membrana rappresenta l'interfaccia tra l'acqua di scarico e l'agente estrattore. Il fatto che l'agente estrattore sia tenuto separato dall'acqua di scarico è un grande vantaggio, se messo a confronto con i processi di estrazione convenzionali, che richiedono una fase aggiuntiva di separazione.

MP 8 4. Impianti per il recupero del calore

Le tecniche disponibili per recuperare parte del calore residuo dei processi chimici sono numerose.

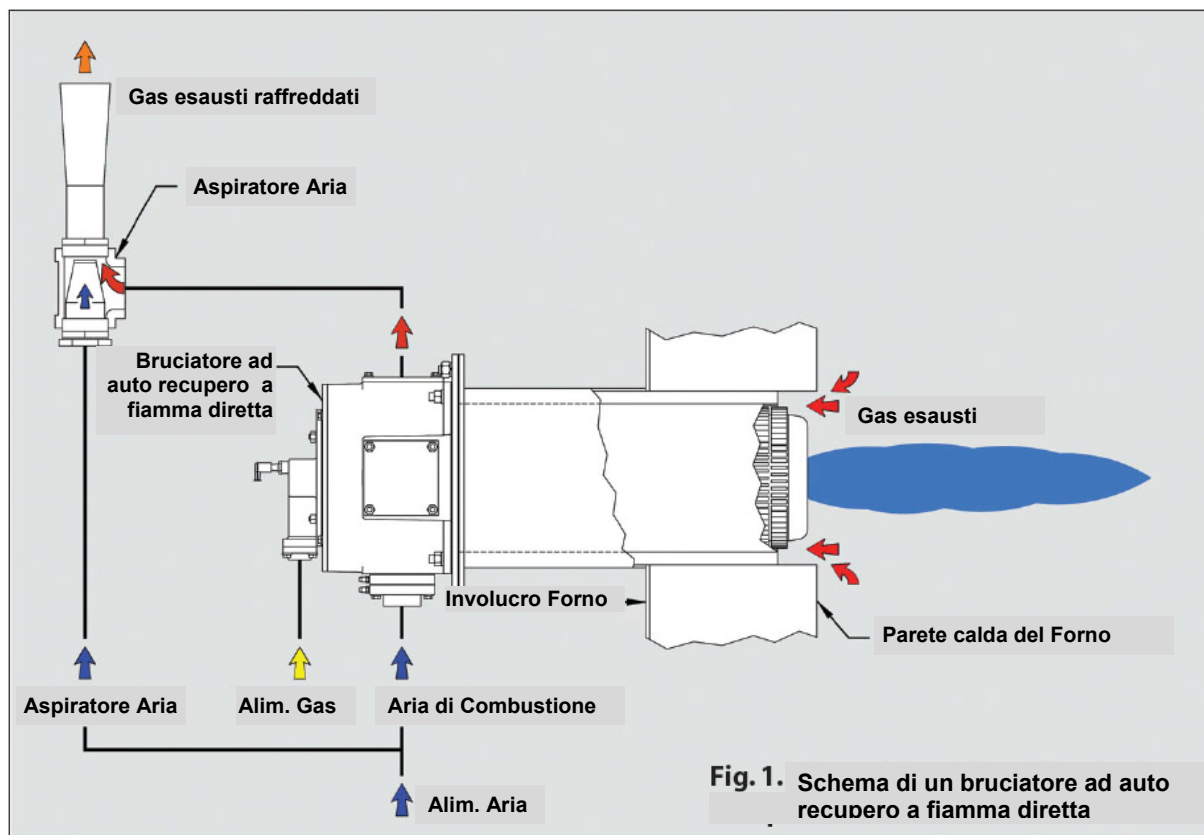
Vi sono diverse attrezzature disponibili per recuperare calore ad alta temperatura:

- si possono utilizzare degli scambiatori di calore eventualmente in ceramica se la temperatura è molto alta
- rigeneratori che recuperano il calore dei gas combusti per riscaldare l'aria di alimentazione di forni e caldaie.

La gamma degli scambiatori di calore è molto ampia e copre tutte le esigenze di temperatura.

Per definire quale sia l'apparecchiatura di recupero del calore adatta per una particolare applicazione è necessario raccogliere una serie di dati e richiedere il parere tecnico ad un fornitore di apparecchiature. Una delle applicazioni più diffuse di recupero del calore è l'utilizzo dei gas combusti per riscaldare l'aria di alimentazione dei forni. I forni di processo molto spesso lavorano con delle temperature del flusso di gas molto elevate e quindi con una efficienza piuttosto bassa. Il fatto di recuperare parte del calore contenuto nei gas combusti per riscaldare l'aria di combustione può aumentare l'efficienza del combustibile anche in modo sensibile. Uno sviluppo interessante a questo proposito è stata l'idea di un bruciatore ad auto-recupero dove la componente che effettua il recupero termico è completamente integrata nella costruzione del bruciatore.

La figura 32 riporta lo schema di questo bruciatore.



Fonte: Hauck Manufacturing, USA

L'installazione di apparecchiature di recupero del calore ad alte temperature richiedono un'attenta progettazione, ingegneria e costruzione, che devono essere eseguite da persone qualificate. In particolare bisogna fare attenzione:

- che le conseguenze di una caduta di pressione maggiore del solito sul percorso aria- bruciatori-gas combusti siano accettabili per il forno e possano essere corrette dai ventilatori oppure si deve inserire un ventilatore provvisorio
- all'impatto sugli strumenti di controllo del forno.
- A verificare quali modifiche vadano apportate al bruciatore se lo si alimenta con aria più calda.
- A Verificare il fabbisogno di manutenzione dell'attrezzatura per evitare depositi e corrosione che potrebbero azzerare i risparmi programmati

MP 8 5. Valutazione del Vostro Potenziale di Recupero di Calore attraverso una Analisi Pinch

L'analisi di Pinch è un metodo che permette di definire qual è il minimo apporto di energia che il processo richiederebbe se gli scambi di calore fossero realizzati in modo ottimale.

Per ragioni ovvie questo valore ottimale non è raggiungibile nella realtà, ma l'analisi fornisce valide informazioni su come ottimizzare ulteriormente il recupero termico. Questo metodo è stato creato dall'Università di Manchester e da allora è stato utilizzato da molte aziende chimiche. Su Internet c'è molta letteratura disponibile comprese delle spiegazioni dettagliate. Di seguito viene data una breve spiegazione degli aspetti essenziali. Il metodo si articola in due fasi fondamentali:

- prima fase: analisi della quantità minime di calore e di carico refrigerante necessarie al processo, ottenute confrontando il totale delle correnti fredde (che devono essere riscaldate) e il totale delle correnti calde (che devono essere raffreddate) e quali siano le interconnessioni opportune per ottenere uno scambio termico ottimale.
- seconda fase: ridisegnare la rete di scambiatori per realizzare l'obiettivo del minimo fabbisogno.

MP 8. 5.1 Analisi del minimo apporto termico e del carico refrigerante richiesto

I flussi di processo sono rappresentati come un set di flussi di energia come in una funzione di carico di calore (kW) contro la temperatura (°C). Tutte le correnti di processo nell'impianto che necessitano di essere raffreddate (correnti calde) sono combinate nella curva composta calda. Una curva composta è la relazione tra il servizio totale in kW e la temperatura delle correnti di processo. Tutte le correnti fredde nell'impianto che devono essere riscaldate sono combinate nella curva composta fredda.

Nella seguente tabella è mostrato come vengono sviluppate le curve composite. Nell'esempio, ci sono due correnti calde e due correnti fredde, con temperature di obiettivo ed erogazione come specificato nella tabella 20.

TABELLA 20. CORRENTI DI PROCESSO

| Corrente | Tipo | Temperatura di Aliment. (C) | Obiettivo Temperatura (C) | Duty Q (kW) | mCp (kW/C) |
|---------------|--------|-----------------------------|---------------------------|-------------|------------|
| 1 | caldo | 200 | 100 | 2000 | 20 |
| 2 | caldo | 150 | 60 | 3600 | 40 |
| Totale | caldo | | | 5600 | |
| 3 | freddo | 80 | 120 | 3200 | 80 |
| 4 | freddo | 50 | 220 | 2550 | 15 |
| Totale | freddo | | | 5750 | |

Il servizio (Duty) di trasferimento del calore può essere espresso con la formula seguente:

$$Q = m \times Cp \times \Delta T \text{ (kW)} \rightarrow mCp = Q / \Delta T \text{ (kW/°C)}$$

In cui:

Q = servizio del calore (kW)

m = flusso di massa (kg/sec)

Cp = contenuto di calore specifico (kJ/kg/°C)

mCp = portata di capacità di calore (kW/°C)

Per costruire le curve composite, avete bisogno di conoscere il flusso di massa, il valore

pertinente di C_p e le temperature di obiettivo e di erogazione nelle correnti di processo. La prima fase è quella di mettere le correnti calde e fredde in un diagramma di temperatura/duty come mostrato in Figura 33.

Il diagramma a) mostra le correnti calde individuali nel diagramma temperatura/duty. Da questo diagramma può essere costruita la curva composta, aggiungendo i valori di mC_p ad ogni intervallo di temperatura, come mostrato nel diagramma b). Gli intervalli di temperatura per le correnti calde sono:

200-150°C con $mC_p = 20$

150-100°C con $mC_p = 60$

100-60°C con $mC_p = 40$

Lo stesso procedimento può essere fatto per le correnti fredde. Qui gli intervalli di temperatura sono:

50-80°C con $mC_p = 15$

80-120°C con $mC_p = 98$

120-220°C con $mC_p = 15$

Per determinare l'obiettivo minimo di energia per il processo, la curva composta fredda è ora progressivamente spostata verso la curva composta calda, finché non viene raggiunta la minima differenza di temperatura accettabile, detta *pinch point*, mostrato in Figura 34.

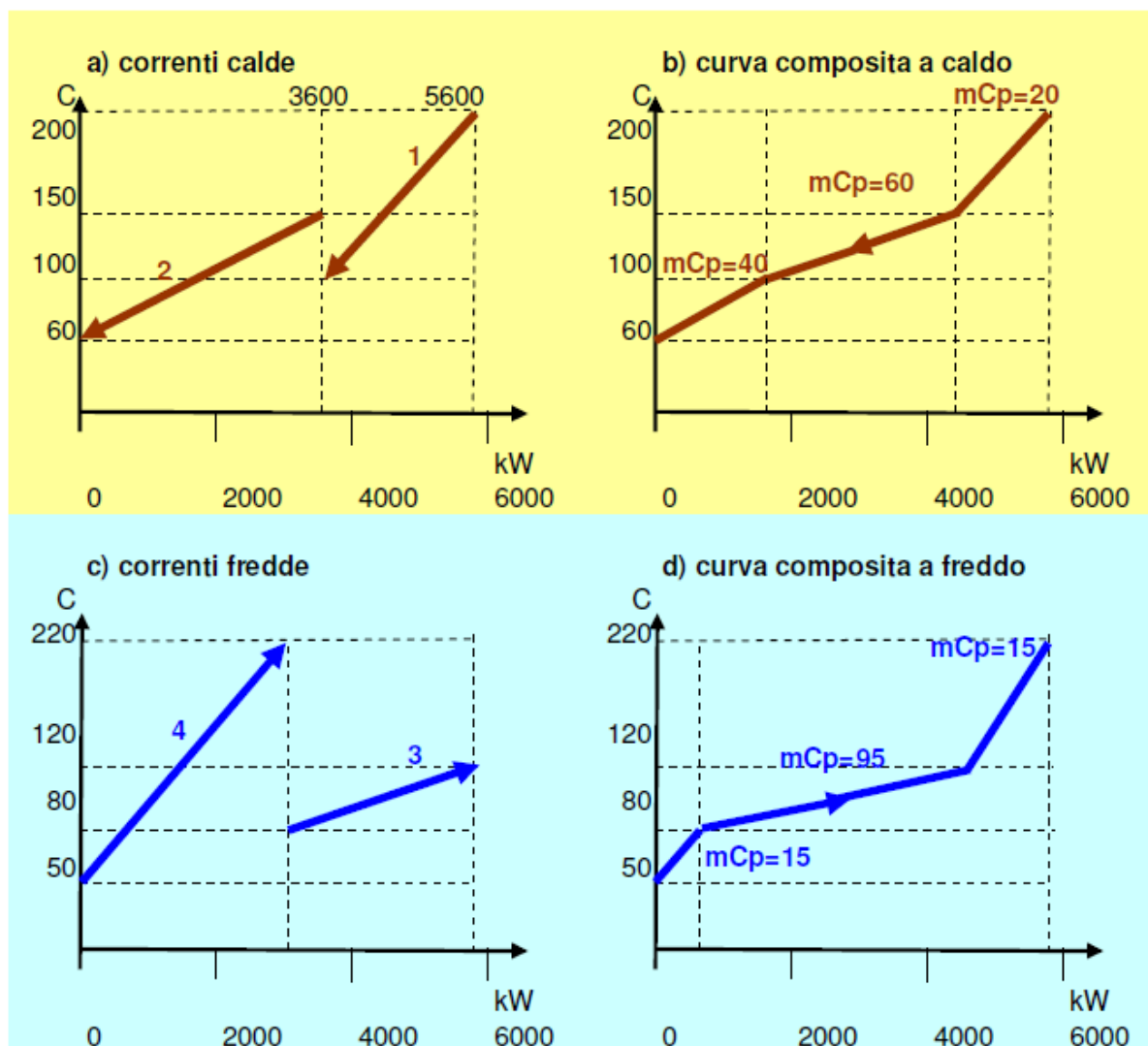
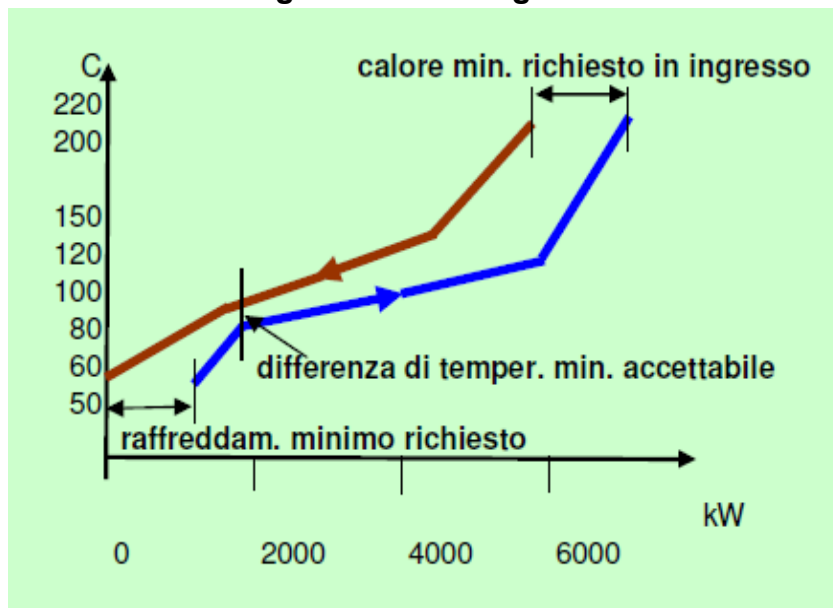


FIG: 34 Scelta degli obiettivi energetici


L'asse orizzontale del duty, ora indica le differenze di servizio tra il raffreddamento ed il riscaldamento e non il servizio di raffreddamento e riscaldamento assoluti.

Da questa curva composta, potete ora determinare l'ingresso di calore minimo richiesto nel processo ed il minimo servizio di raffreddamento richiesto con un recupero massimo (teorico) di calore.

Con un siffatto diagramma, come mostrato in Figura 34, potete fare un'analisi *pinch* per verificare l'attuale recupero di calore nell'impianto. Ci sono alcune regole che devono essere applicate:

- Nella regione al di sopra della temperatura del *pinch* c'è una carenza di calore per le correnti fredde, quindi tutto il calore disponibile nelle correnti calde in quella zona di temperatura dovrebbe essere utilizzato per le correnti fredde in quella regione e non nella zona al di sotto del *pinch*.
- Nella regione sopra il *pinch* non dovrebbe esserci, inoltre, il raffreddamento esterno di correnti calde, dal momento che da un punto di vista termodinamico, tutto il calore di scarto può essere utilizzato nel riscaldamento delle correnti fredde.
- Nella regione al di sotto del *pinch* c'è un surplus di calore disponibile nelle correnti calde in quella regione, quindi non dovrebbe esserci né riscaldamento esterno aggiunto alle correnti fredde, né alle correnti calde al di sopra del *pinch*.

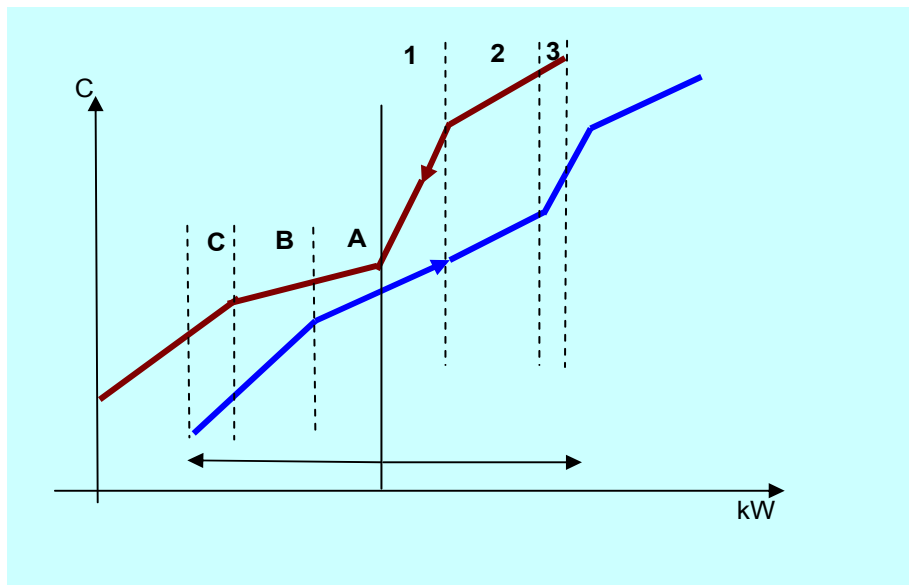
Riassumendo, idealmente il recupero di calore ottimale dovrebbe aderire alle seguenti regole:

- Nessun riscaldamento esterno al di sotto del *pinch*
- Nessun raffreddamento esterno al di sopra del *pinch*
- Nessun trasferimento di calore attraverso il *pinch*

Il *pinch point* dipende dalla scelta di differenza di temperatura che è applicabile al vostro impianto. Questa è una scelta economica per equilibrare i risparmi energetici rispetto agli investimenti.

La seconda parte dell'analisi *pinch* consiste nello sviluppare una rete di scambiatori di calore per realizzare l'obiettivo minimo o il miglior abbinamento che potete fare. Per ottimizzare la rete degli scambiatori di calore potete suddividere la curva composta in segmenti, partendo dal *pinch point* degli intervalli di servizio ad inclinazione costante, come indicato in Figura 35.

FIGURA 35. INTERVALLI DI SERVIZIO PER UNA PROGETTAZIONE OTTIMALE DI UNA RETE DI SCAMBIATORI DI CALORE



Questi intervalli sono rappresentati da A, B, e C per l'area al di sotto del *pinch*, e 1, 2, e 3 per l'area al di sopra del *pinch*. Lo scambio di calore ottimale dovrebbe avvenire all'interno di questi intervalli. Per ogni intervallo, le correnti calde e le correnti fredde sono note, così come la gamma di temperatura applicabile all'intervallo. Ciò vi permette di mettere in pratica una rete di scambiatori di calore ottimale, o di attuare l'abbinamento più pratico.

MP 8 6. Elenco degli interventi raccomandati

Qui sotto sono riportati una serie di interventi da usare come punto di partenza del percorso di autodiagnosi (GAD)

Utilizzo del calore nel processo

| Opportunità di risparmio energetico | Opportunità di risparmio energetico |
|---|-------------------------------------|
| 1. l'isolamento dell'impianto | - |
| 2. efficienza del bruciatore locale | - |
| 3. aumentare il rapporto di scambio termico | - |
| 4. migliorare i controlli con l'aggiunta di strumenti | |
| 5. Prendere in considerazione fonti di energie alternative | |
| 6. garantire all'impianto un elevato fattore di carico | |
| 7. Eliminare i periodi di standby a caldo | |
| 8. riciclare il calore residuo nel processo | |
| 9. Recuperare il calore per destinarlo ad usi alternativi | |
| 10. Addestrare il personale all'uso dei controlli manuali e all'attenzione per le opportunità di risparmio energetico | |

Fonte: www.bes-project.info

MP8 7. Ulteriori informazioni

Migliori Prassi per migliorare l'Efficienza Energetica nel vostro processo di Produzione

Gli Audit di CARE+ hanno analizzato una PMI chimica che è dotata di due essiccatori con due bruciatori a doppio stadio che comportano un consumo di gas particolarmente elevato. Un'eventuale sostituzione del bruciatore con una caldaia dotata di bruciatore in grado di

utilizzare la maggior parte dei combustibili permetterebbe di ridurre il consumo di gas di circa 158.000 m³ ed il consumo di energia con un risparmio di circa €56.000. In aggiunta, ciò da alla fabbrica la possibilità di passare da un combustibile ad combustibile se necessario. Il costo dell'investimento per una nuova caldaia è di €81.250 oltre ad i serbatoi di stoccaggio del combustibile. In aggiunta sarebbe raccomandabile di aggiornare l'attuare camera di combustione in ceramica con un costo approssimativo di €37.500. il costo totale dell'aggiornamento dovrebbe essere di €120000. Considerando i risparmi attesi, il risparmio di energia comporterebbe un periodo di ammortamento di circa 2 anni.

MP8 8. Bibliografia

- How to install industrial heat recovery equipment, CTL037 Carbon Trust
www.carbontrust.co.uk
- Pinch Analysis: For the Efficient Use of energy, Water & Hydrogen, ISBN: 0-662-34964-4; <http://canmetenergy-canmetenergie.nrcan-rncan.gc.ca>
- Sector Overview, Chemicals sector, Introducing energy saving opportunities for business, Carbon Trust CTV012; www.carbontrust.co.uk

ALLEGATO 1 **Referenze e ulteriore Bibliografia**

Queste Migliori Prassi sono state sviluppate utilizzando informazioni autorevoli pubblicate da diverse organizzazioni attive in questo campo.

Migliori prassi di gestione dell'energia, contabilità e sistema informativo dell'energia

Practical energy management, Carbon Trust publication CTV023, www.carbontrust.co.uk

Step by step to energy strategy, Carbon Trust publication CTV022; www.carbontrust.co.uk

Guideline for energy management, EPA EnergyStar publication, www.energystar.gov/index

Step by step guidance for the implementation of energy management, handbook Bess Project, www.bess-project.info

Energy Efficiency Planning and Management Guide, Canadian Industry Program for Energy Conservation (CIPEC), <http://oee.nrcan.gc.ca>

Energy Information Systems, Achieving Improved Energy Efficiency, Handbook published by the Office of Energy Efficiency of Natural resources Canada, <http://oee.nrcan.gc.ca>

EMAS Energy Efficiency Toolkit for Small and Medium sized Enterprises, The European Eco-Management Audit Scheme, www.europa.eu.int/comm/environment/emas

Several publications from SenterNovem on energy management, www.senternovem.nl/mja

US DOE, Energy Efficiency and Renewable Energy, several publications on energy Management, www.eere.energy.gov

Monitoring and targeting; Techniques to help organisations control and manage their energy use, Carbon Trust publication CTG008; www.carbontrust.co.uk

Focus on Energy, A practical introduction to reducing energy bills, Actionenergy publication, www.actionenergy.org.uk

Several publications from Commissie Auditconvenant energie efficiency; www.auditconvenant.be

Migliori prassi per migliorare le performance del generatore di vapore

Het Ketelhuis, Productie en gebruik van stoom in de praktijk, N. Duinkerken, 2006, ISBN 10: 90-9021090-3

Stooktechnologie, Senternovem/VNCl publication

Steam and high temperature hot water, introducing energy savings opportunities for business, Carbon Trust publication CTV018 Technology overview; www.carbontrust.co.uk

Improving Steam System Performance, A Sourcebook for Industry, US DOE, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, www.eere.energy.gov

Steam System Opportunity Assessment for the Pulp and Paper, Chemical Manufacturing, and Petroleum Refining Industries, US DOE, Office of EERE

Several other US DOE publications on energy savings technologies with steam www.eere.energy.gov

Migliori prassi per diminuire il consumo di energia del sistema dell'aria compressa

Compressed air, Introducing energy savings opportunities for business, Carbon Trust publication CTV017, Technology Overview

Persluchtsystemen, Senternovem/VNCl publication

Druckluft Effizient, Compressed air facts, October 2003, VDMA Drucklufttechnik, Deutsche Energie Agentur

Halten Sie die Luft an!, Austrian Energy Agency, www.eebetriebe.klimaaktiv.at.

Several publication of US DOE, see www.eere.energy.gov/industry.

Brochure *Perslucht en energiebesparing*, Nederlandse Rubber- en Kunststoffindustrie, 2005, SenterNovem publication

Improving Compressed Air System Performance, a Sourcebook for Industry, US DOE Office www.eere.energy.gov

Migliori prassi per diminuire il consumo di energia negli edifici

Energy Efficiency Planning and Management Guide, Chapter HVAC, 2002, Canadian Industry Program Energy Conservation, ISBN 0-662-31457-3

Heating, ventilation and air conditioning, saving energy without compromising comfort, Carbon Trust CTV003 Technology Overview, www.carbontrust.co.uk

Energy Saving Fact Sheet Air conditioning, Carbon Trust, www.carbontrust.co.uk

Energy Saving Fact Sheet Ventilation, Carbon Trust, www.carbontrust.co.uk

How to maintain your heating system, Carbon Trust, www.carbontrust.co.uk

Absorption Chiller Guideline, 1998, Southern California New Building Institute; www.newbuilings.org.

Sustainable Manufacturing – Fact Sheet – HVAC TIPS; www.sustainable-energy.vic.gov.au.

Carrying out an energy walk round, Carbon Trust, www.carbontrust.co.uk

Assessing the energy use in your building, Carbon Trust, www.carbontrust.co.uk

Degree days for energy management, a practical introduction, CTG 004 Carbon Trust, www.carbontrust.co.uk e i

Migliori prassi per migliorare l'efficienza energetica di motori e sistemi di trazione

Energy Efficiency Planning and Management Guide, Chapter HVAC, 2002, Canadian Industry Program Energy Conservation, ISBN 0-662-31457-3

Heating, ventilation and air conditioning, saving energy without compromising comfort, Carbon Trust CTV003 Technology Overview, www.carbontrust.co.uk

Energy Saving Fact Sheet Air conditioning, Carbon Trust, www.carbontrust.co.uk

Energy Saving Fact Sheet Ventilation, Carbon Trust, www.carbontrust.co.uk

How to maintain your heating system, Carbon Trust, www.carbontrust.co.uk

Absorption Chiller Guideline, 1998, Southern California New Building Institute; www.newbuilings.org.

Sustainable Manufacturing – Fact Sheet – HVAC TIPS; www.sustainable-energy.vic.gov.au.

Carrying out an energy walk round, Carbon Trust, www.carbontrust.co.uk

Assessing the energy use in your building, Carbon Trust, www.carbontrust.co.uk

Degree days for energy management, a practical introduction, CTG 004 Carbon Trust, www.carbontrust.co.uk

Migliori prassi per aumentare l'efficienza energetica nel processo di produzione

Energy Efficiency Planning and Management Guide, Chapter HVAC, 2002, Canadian Industry Program Energy Conservation, ISBN 0-662-31457-3

Heating, ventilation and air conditioning, saving energy without compromising comfort, Carbon Trust CTV003 Technology Overview, www.carbontrust.co.uk

Energy Saving Fact Sheet Air conditioning, Carbon Trust, www.carbontrust.co.uk

Energy Saving Fact Sheet Ventilation, Carbon Trust, www.carbontrust.co.uk

How to maintain your heating system, Carbon Trust, www.carbontrust.co.uk

Absorption Chiller Guideline, 1998, Southern California New Building Institute; www.newbuilings.org.

Sustainable Manufacturing – Fact Sheet – HVAC TIPS; www.sustainable-energy.vic.gov.au.

Carrying out an energy walk round, Carbon Trust, www.carbontrust.co.uk

Assessing the energy use in your building, Carbon Trust, www.carbontrust.co.uk

Degree days for energy management, a practical introduction, CTG 004 Carbon Trust, www.carbontrust.co.uk