



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ENERGETICA

TESI DI LAUREA

IL RISPARMIO DI ENERGIA NELLA PRODUZIONE DI ARIA COMPRESSA

Relatore: Ch.mo Prof. Arturo Lorenzoni

Laureando: Luca Ferraro

Matricola n° 1041193

ANNO ACCADEMICO 2014-2015

Sommario

PREMESSA.....	4
IL PROGETTO.....	6
GLI ATTORI	6
Enertep	6
Energindustria	6
IL SISTEMA DI GENERAZIONE DELL'ARIA COMPRESSA.....	7
QUANTO COSTA L'ARIA COMPRESSA?	14
INTERVENTI MIGLIORATIVI PER L'EFFICIENZA NEI SISTEMI DI ARIA COMPRESSA	15
LE CAMPAGNE AUDIT.....	22
CONCLUSIONI	76
APPENDICE A: I MOTORI ELETTRICI NELLA PRODUZIONE DI ARIA COMPRESSA.....	78
APPENDICE B: FATTORI DI EQUIVALENZA	79
<i>BIBLIOGRAFIA</i>	80

PREMESSA

L'uso dell'aria compressa nel settore industriale è pratica comune, data la semplicità e la sicurezza della sua produzione, gestione e utilizzo. Grazie a queste caratteristiche, la movimentazione con trasporto pneumatico o il sollevamento con cuscini d'aria sono di facile impiego, come lo sono le utilizzazioni nella regolazione e controllo delle automazioni pneumatiche e nei sistemi di confezionamento, formatura di contenitori vetrosi o plastici, tappatura, verniciatura, aerazione per la produzione di antibiotici o per la fermentazione aerobica di prodotti alimentari come birra e yogurt.

Alla sua produzione nel territorio italiano si attribuisce un consumo di energia pari a 16 TWh/anno (2009), circa il 5% dell'intero consumo nazionale, a fronte di un parco compressori composto da oltre 200000 unità.

Su base europea i consumi italiani per l'aria compressa, rappresentano il 15% dei totali consumi (oltre 80 TWh/anno), in linea con i dati rilevati nei principali paesi.

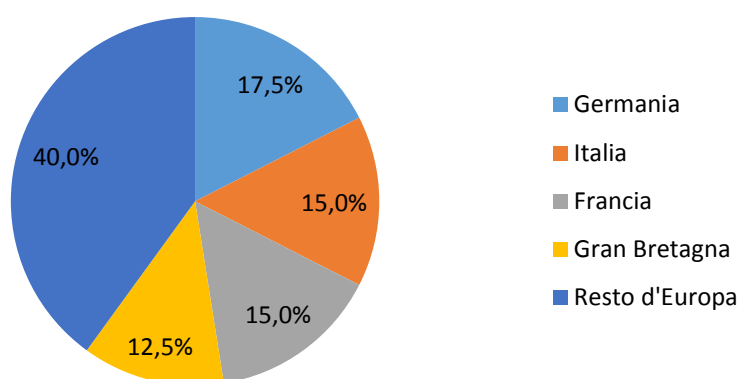


Figura 1: ripartizione dei consumi per la produzione di aria compressa.

Il risparmio di 1 kWh elettrico in questo come in altri campi, non si limita a rilevarsi molto conveniente da un punto di vista economico per il beneficiario dell'intervento dato il tipico basso tempo di ritorno, ma in termini di energia primaria e di riduzione di inquinamento ambientale apporta un contributo degno di nota.

Ad esempio un miglioramento dell'efficienza nella gestione dei compressori nell'ordine del 5%, comporta una riduzione del fabbisogno di energia elettrica che si può riflettere su scala globale con un risparmio di 600 GWh/anno che corrisponde allo spegnimento di una centrale da circa 100 MW.

Con tale documento spero di riuscire a far riflettere e sensibilizzare il lettore al tema del risparmio energetico che trova come principale ostacolo alla sua divulgazione la mancanza di adeguata informazione ai possibili utilizzatori. Questa carenza mantiene alta l'avversione ad assumersi qualche rischio nell'adozione di nuove seppur sperimentate soluzioni e fa aumentare i cosiddetti "costi transattivi" (ossia quei costi di reperimento delle informazioni e di sperimentazione propria). L'elevata incidenza sui consumi energetici di alcuni tra i possibili interventi tecnici migliorativi per l'efficienza dei sistemi di produzione di aria compressa, mette in chiaro come si possano ottenere risultati importanti sia in sede di progetto che in sede di rinnovo dei principali componenti dell'impianto oltre che migliorando il sistema di gestione e distribuzione. Quest'ultimi interventi possono essere introdotti in qualsiasi momento della vita utile di un sistema di produzione dell'aria compressa offrendo un contributo preziosissimo.

Fonte :Compressed Air System in the European Union, Peter Radgen and Edgar Blaustein, final Report October 2000.

<i>Intervento di risparmio energetico</i>	<i>% di applicabilità</i>	<i>% di risparmio</i>	<i>Contributo potenziale alla riduzione dei consumi</i>
<i>Introduzione di motori ad alta efficienza</i>	25%	2%	0.5%
<i>Aggiornamento dei compressori</i>	30%	7%	2.1%
<i>Applicazione di sistemi di controllo sofisticati</i>	20%	12%	2.4%
<i>Recupero del calore di scarto per altri scopi</i>	20%	20%	4.0%
<i>Riduzione delle perdite d'aria</i>	80%	20%	16%
<i>Ottimizzazione di alcune utenze</i>	5%	40%	2%
<i>Sostituzione più frequente dei filtri</i>	40%	2%	0.8%
<i>Altri interventi</i>	-	-	5.1%
<i>Margine di miglioramento</i>			32.9%

I primi studi sui margini di risparmio di energia elettrica nel settore dell'aria compressa, come quelli condotti da Peter Radgen e Edgar Blaustein, hanno messo in luce una riduzione realisticamente possibile del 32,9 %.

Dagli anni 2000, in cui è stato in cui è stato rilevato il margine citato, ad oggi, molto è stato fatto, ma molto è ancora indispensabile fare in modo da favorire uno sviluppo economico che sia responsabile e rispettoso dell'ambiente e delle future generazioni.

IL PROGETTO

La collaborazione tra *Energindustria*, *Enertep* e *l'Università degli studi di Padova* ha permesso di dare corso ad una indagine sui possibili risparmi energetici ed economici conseguibili sui sistemi di produzione e utilizzo dell'aria compressa nel territorio Veneto.

Il progetto si propone di evidenziare le criticità e i punti di forza dei sistemi di produzione e utilizzo dell'aria compressa sulla base di una campagna audit che coinvolge 30 aziende operanti nel territorio in diversi settori merceologici suggerendo, caso per caso, le misure volte ad una riduzione del consumo di energia elettrica e sulla base di queste stimare il risparmio di energia ed economico conseguibile .

GLI ATTORI

Enertep

Società di servizi energetici che, grazie ad un team di ingegneri qualificati ed esperti, si occupa di molti aspetti che riguardano l'efficienza energetica fornendo valido supporto alle aziende e gestendo al meglio tutte le incentivazioni che ne concernono come i titoli di efficienza energetica conseguibili anche con interventi di miglioramento per l'efficienza nella generazione di aria compressa.

Energindustria

Nato per rafforzare il potere contrattuale delle imprese nei confronti degli operatori del mercato è il consorzio più grande d'Italia per la fornitura di energia elettrica e gas naturale nel libero mercato e oggi opera attivamente nel mercato dell'energia elettrica permettendo alle aziende associate di poter risparmiare sul prezzo dell'energia elettrica ed il gas. Naturalmente il potere contrattuale è determinato da vari fattori, tra i quali i più importanti sono il volume trattato di energia o gas e le modalità di prelievo.

IL SISTEMA DI GENERAZIONE DELL'ARIA COMPRESSA

Le caratteristiche principali di un sistema di generazione di aria compressa (pressione di esercizio, portata, potenza installata e standard di qualità) variano a seconda del suo utilizzo, influenzato dal settore merceologico per l'azienda in cui opera.

Ecco che nei settori alimentari se ne trovano impiegati ingenti quantitativi che rispondono a severissimi standard di qualità essendo l'aria necessaria al trasporto pneumatico delle materie prime oltre che alla regolazione e il controllo degli attuatori pneumatici indispensabili nel processo produttivo, mentre nell'industria delle bevande si impiegano quantitativi a livelli di pressione elevati per via di operazioni come la tappatura.

Queste differenti esigenze si traducono in architetture diverse del sistema di produzione dell'aria compressa che, nel suo complesso si ritiene composto da cinque macro elementi:

- compressore/i;
- sistema di polmonatura;
- sistema di trattamento dell'aria (filtri ed essiccatore);
- sistema di trattamento della condensa;
- sistema di gestione e controllo del funzionamento coordinato;

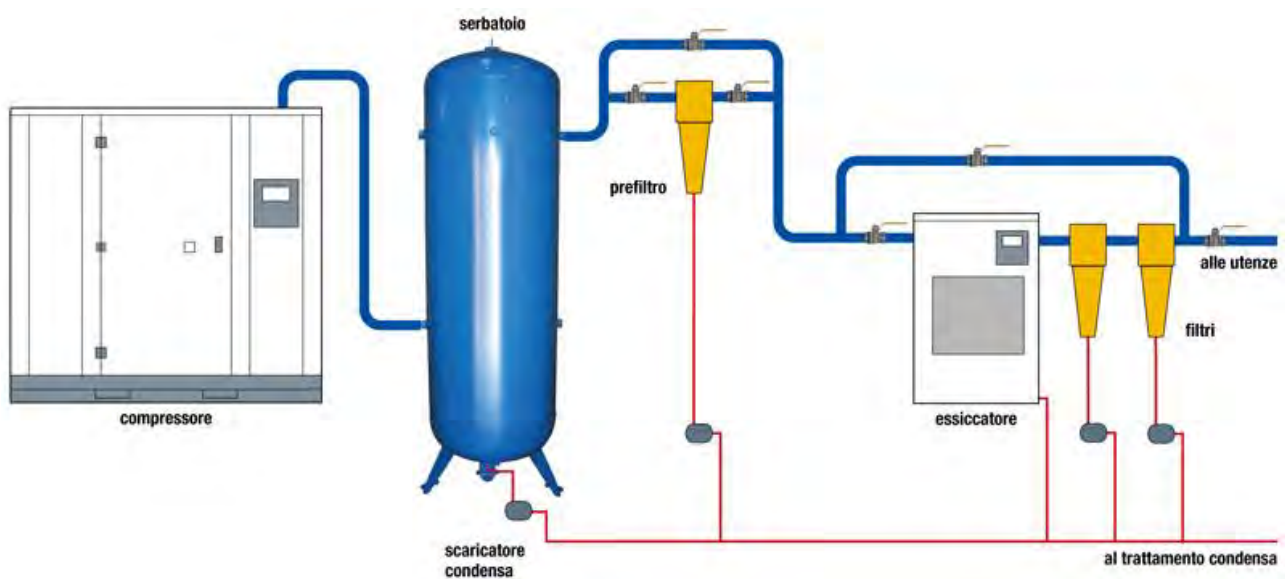


Figura 2 : esempio di sistema di produzione dell'aria compressa.

Compressore

Il compressore è il componente principale. Negli impianti industriali vengono installati generalmente compressori di tipo volumetrico rotativo a vite poiché garantiscono, nella loro compattezza, una elevata efficienza nel fornire un flusso stabile a diverse condizioni di lavoro emettendo bassi livelli di rumorosità dal momento che sono macchine che non presentano valvole o forze meccaniche che possono generare sbilanciamenti.

In commercio se ne trovano di tipo oil-free o lubrificati ad olio. Della prima categoria fanno parte tutti quei compressori che si consiglia di installare fino ad un innalzamento della pressione di 4 bar. La dove si necessita di innalzare la pressione sopra ai 4 bar la tecnica oil-free è più svantaggiosa di quella con lubrificazione. L'olio lubrificante, che viene iniettato in modo da entrare in contatto diretto con la vite, fungere sia da lubrificante che da fluido di raffreddamento contenendo il lavoro di contro recupero permettendo al compressore di generare il rapporto di compressione richiesto per l'aria attraverso un solo stadio di compressione.

Rapporti di compressione analoghi con la tecnica oil-free sono ottenibili con efficienza quantomeno paragonabile solo attraverso due stadi di compressione alternati a due stadi di raffreddamento per mezzo di radiatori interni. Questo comporta un maggior costo unito ad una complicazione del controllo ed a una significativa aggressività per l'aria prodotta (pH tra 3 e 6).

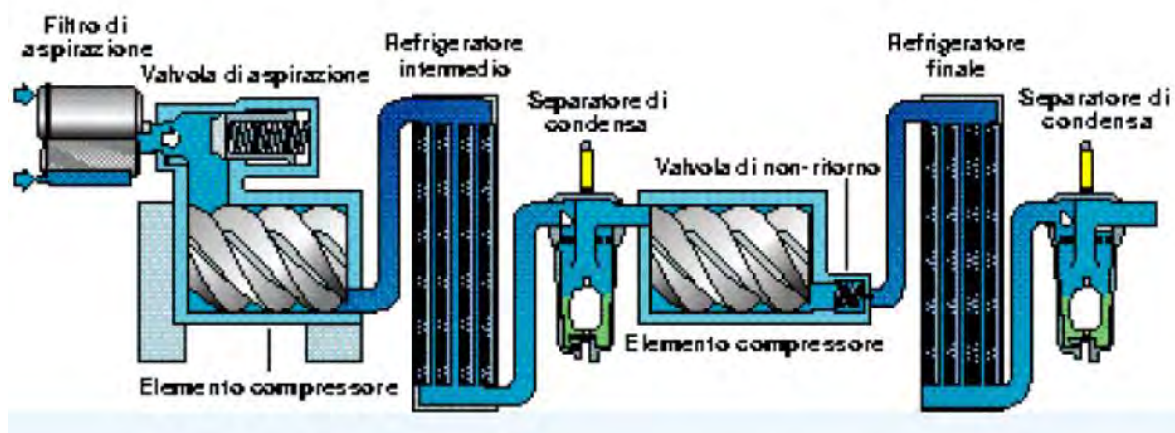


Figura 3: compressore a vite oil-free ; fonte Atlas Copco.

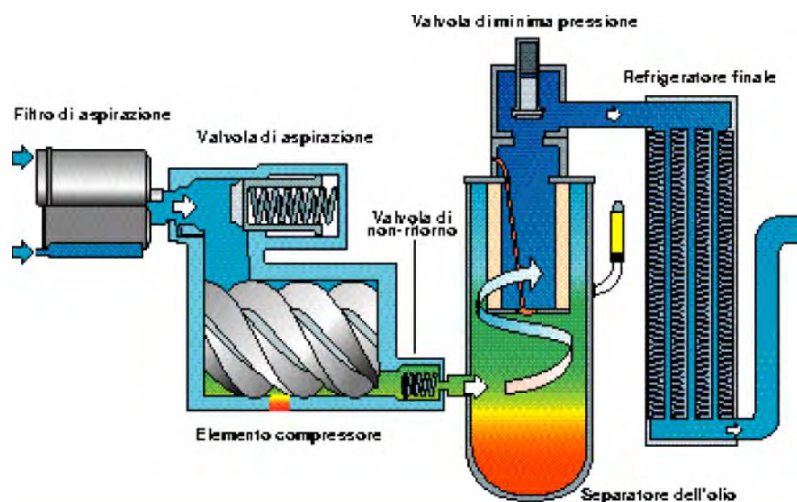


Figura 4 : compressore a vite lubrificato ad olio; fonte Atlas Copco.

I compressori con potenze inferiori ai 10 kW sono controllati arrestando il motore elettrico quando la pressione raggiunge il massimo valore (limite superiore), e facendolo ripartire quando la pressione raggiunge il limite inferiore. Questo metodo di regolazione, che prende il nome di regolazione *acceso/spento*, necessita di un volume importante di accumulo, e di una differenza significativa fra i valori di pressione di avviamento e di fermata in modo da contenere il numero di avviamenti.

Nei compressori con potenze superiori, il sistema di regolazione più diffuso è quello *carico/vuoto*, che, come il precedente, comporta il settaggio di un valore di pressione di minima e uno di massima. La differenza sta nel fatto che al raggiungimento della pressione massima il compressore non si spegne, ma si mette nello stato di vuoto, assorbendo circa il 20% della potenza nominale senza erogare alcuna portata ed arrestandosi nel solo caso venga superato il periodo di tempo preimpostato. Non appena la pressione raggiunge il valore di minima avviene il ripristino (funzionamento a carico).

Una regolazione di questo tipo è dissipativa e non ottimizzata: il rendimento è fortemente penalizzato dai tratti di funzionamento a vuoto in cui vi è un consumo di energia senza che vi sia la fornitura di aria. Inoltre, in ogni ciclo carico/vuoto avviene un assorbimento di una corrente di spunto 5-10 volte superiore a quella nominale con conseguente aumento del consumo e dell'usura, legata alle sollecitazioni meccaniche e termiche. Generalmente, quando è raggiunto il valore superiore di settaggio della pressione, il numero di cicli carico/vuoto è attenuato da un arresto non immediato del compressore da parte della centralina che opera da prima sulla valvola di aspirazione chiudendola. In questo modo si evitano eventuali riavviamenti istantanei.

Il settaggio dell'intervallo di pressione influisce direttamente sul numero di cicli carico/vuoto e sul rendimento medio della macchina andando a intaccare i suoi consumi che rappresentano oltre il 70% dei costi di generazione. Per utenze dove la richiesta di aria è da considerarsi stabile è possibile impostare intervalli più ampi rispetto a quelli dove la richiesta è nel tempo altalenante così da ottenere un numero di cicli carico/vuoto e un tempo di vuoto adeguato al mantenimento di bassi consumi e una ridotta usura.

La regolazione a velocità variabile consente al compressore di essere molto flessibile ed efficiente nel rispondere alle variazioni di richiesta d'aria. La capacità di adeguare la propria velocità alla richiesta è conferita dal diverso azionamento elettrico che si serve dell'inverter per alimentare il motore elettrico. Tale apparecchio è un convertitore statico in grado di variare il valore efficace e la frequenza della tensione di alimentazione proporzionalmente alla richiesta perché comandato da un sistema di controllo che rileva i parametri di linea (portata e pressione) confrontandoli con quelli di set point.

Di vantaggioso rispetto alla precedente regolazione non vi è solo l'apporto di una maggiore flessibilità; le dissipazioni di energia che avvengono allo spunto e nel funzionamento a vuoto e le sollecitazioni tipiche della modalità di regolazione carico/vuoto sono eliminate.

Non va comunque intesa come regolazione sostitutiva di quella carico/vuoto: seppure apparentemente molto più soddisfacente, è molto più energivora qualora il compressore lavori in prossimità del carico massimo.

La maggior parte dei motori elettrici in funzione rientra nella classe IE2. I motori di potenza tra 7,5 kW e 375 kW che da quest'anno sono prodotti devono obbligatoriamente rientrare nella classe IE3 o in quella IE2 se montano inverter. Dall'1 gennaio 2017 tali requisiti saranno estesi anche ai motori di potenza compresa tra 0,75 e 7,75 kW.

L'applicazione della direttiva europea porterà a un considerevole risparmio di energia: per un compressore che lavora 4000 ore/anno, trascinato da un motore da 55 kW con efficienza a carico pari al 90%, la sostituzione con uno di classe IE3 apporta un incremento dell'efficienza del 2% equivalente a un risparmio annuo di circa 4,5 MWh.

Sistema di polmonatura

La necessità di un accumulo di aria nasce dall'esigenza di stabilizzare il livello di pressione nella rete contenendo i consumi del compressore. E' introdotto un asincronismo tra l'utilizzo dell'aria e il funzionamento della macchina che rende più stabile il funzionamento della macchina stessa e permette sottodimensionarla rispetto alla massima portata di aria richiesta dalle utenze con rilevante riduzione dei consumi.

Sistema di trattamento dell'aria

Ogni compressore opera come un aspirapolvere che, con l'aria, assorbe tutte le impurità e l'umidità contenutevi. La sola presenza del refrigeratore finale a valle dello stadio di compressione e del separatore d'olio nel caso di compressore lubrificato che preleva dall'aria le particelle di olio trasferitesi, non è sufficiente a garantire uno standard di qualità adeguato. Le sostanze ancora presenti, come particelle solide, idrocarburi, batteri e acqua residua devono essere necessariamente eliminate dall'aria poiché nocive agli utilizzatori finali.

Il sistema di trattamento dell'aria si compone da uno o più filtri secondo lo standard di qualità desiderato e da un sistema di essiccazione che completa il prelievo dell'umidità dall'aria già avviato dal refrigeratore finale integrato nel compressore. Tale sistema non può considerarsi opzionale: un'aspirazione tipica di $10 \text{ m}^3/\text{min}$ di aria ambiente ($p = 1,013 \text{ bar}$, $UR = 60 \%$, $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$) con rapporto di compressione 1/10 comporta in uscita dal compressore $1 \text{ m}^3/\text{min}$ di aria compressa contenente circa 100 g di vapore acqueo. Per via del riscaldamento subito dall'aria nella fase di compressione tale quantità di vapore è ben più bassa di quella massima contenibile così che si possa parlare di aria secca. Il refrigeratore finale può dunque occuparsi di raffreddare l'aria fino a temperature di 60-80 °C e di prelevare parte del vapore che deve essere ulteriormente prelevato da un essiccatore esterno che abbassi ulteriormente la temperatura e l'umidità specifica.

Le modalità di essiccamento disponibili sono a refrigerazione e ad adsorbimento. L'una non va intesa come alternativa dell'altra, ma la scelta del metodo più idoneo va fatta conformemente allo standard di qualità dell'aria: meno severe condizioni permettono di utilizzare il metodo a refrigerazione, meno dispendioso di energia (impiega circa il 3% del consumo dell'intero sistema); uno standard di qualità severo impone l'uso del metodo ad assorbimento che consuma dal 10 al 25% dell'energia di generazione.

Sistema di trattamento della condensa

La condensa estratta dall'aria è una miscela di acqua e olio lubrificante nelle cui particelle si trovano inglobate tutte le sostanze nocive aspirate come polveri, idrocarburi, anidride solforosa, rame, piombo e ferro.

Per miscele eterogenee si adotta un metodo di separazione a gravità convogliando la condensa all'interno di un apposito separatore composto di due camere di separazione preliminari e da una camera con filtri al carbone attivo.

Nel caso in cui vada smaltita un'emulsione, si adottano separatori a membrana o a polveri che catturano le particelle di olio aumentandone le dimensioni in modo da poter essere filtrati.

Sistema di gestione e controllo del funzionamento coordinato

La produzione di aria compressa è molto onerosa. Spesso, il funzionamento delle macchine non è ottimizzato secondo il fabbisogno variabile d'aria dello stabilimento e questo aggrava i consumi e i costi. Il sistema di gestione e controllo più idoneo va scelto sulla base della variabilità della richiesta d'aria e, se impostato nel modo corretto, permette di gestire al meglio il funzionamento coordinato tra le macchine, sia in riferimento all'energia utilizzata che alle caratteristiche dell'aria prodotta.

Premettendo che a monte di ogni sistema di gestione vi deve essere una corretta scelta delle tipologie e delle taglie dei compressori in modo da poter operare un dispacciamento di ottimo, per impianti semplici con richiesta d'aria costante entro certi limiti un sistema di gestione e controllo *a cascata* è una soluzione che permette di ottenere buone efficienze di generazione a bassi costi.

In questo tipo di controllo a ciascun compressore è assegnato un range di pressione di lavoro: nel caso di scarsa richiesta d'aria è azionato solamente un compressore e la pressione oscilla tra la pressione minima e la pressione massima tipica di quella macchina; all'aumentare della richiesta il calo di pressione attiva via via i compressori impostati nei range più bassi.

Il compressore primario è un compressore a velocità fissa (regolato in carico/vuoto) mentre il/i compressore/i secondari può avere un sistema di regolazione differente.

Questa tipologia di gestione dà luogo a diverse situazioni poco efficienti: nel caso lo stabilimento richieda una scarsa portata d'aria, il sistema non può fare altro che rispondere introducendo nella rete di distribuzione aria alla massima pressione di esercizio, aumentando così le perdite di energia dovute alle fughe. In caso di maggior richiesta d'aria la pressione cala nonostante siano chiamati a operare nuovi compressori.

Non permettendo al parco macchine di reagire con elevata efficienza a variazioni significative di richiesta d'aria la scelta delle taglie e delle tipologie di compressori deve essere molto accurata in modo da evitare che la sala macchine, data la sua scarsa flessibilità, consumi molto più del necessario.

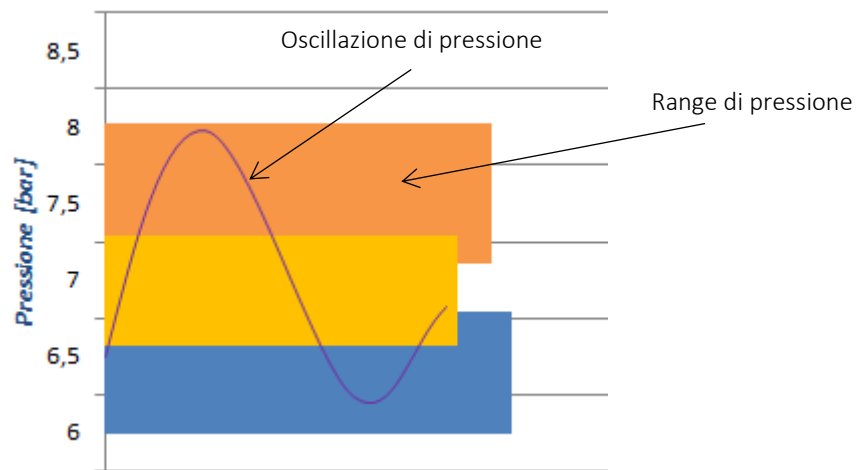


Figura 5: oscillazioni di pressione con regolazione a cascata.

Si consiglia di non utilizzare questo sistema di gestione se si deve installare più di 4 compressori, ma preferire sistemi che garantiscono maggiore flessibilità. Tali sistemi s'incontrano quando la richiesta d'aria è estremamente variabile e, per essere efficienti, devono essere composti di macchine differenti gestite con sistemi automatici. Si parla di gestione a *banda di pressione* quando l'attivazione delle macchine è affidata a una centralina che cerca prevedere la tendenza della richiesta sulla base di uno storico di dati e mediante il rilevamento della pressione di esercizio. Le oscillazioni di pressione sono contenute in un intervallo di ridotta ampiezza rispetto al sistema di gestione a cascata (0,2-0,3 bar) e il fabbisogno di energia è meglio proporzionato al fabbisogno d'aria.

QUANTO COSTA L'ARIA COMPRESSA?

Per produrre 1Nm^3 di aria compressa si spende dai 0,5 ai 2,5 centesimi di euro, a seconda della taglia del compressore, della logica di gestione, del valore per la pressione di esercizio e del tipo di sistema di trattamento installato. In termini relativi l'aria compressa rappresenta mediamente l'11% del costo complessivo sostenuto da ciascun'industria.

Intervenire sull'efficienza di tali impianti è molto conveniente dal punto di vista energetico ed economico, come mostra il grafico sottostante dove è ripartito, su di un tempo di 5 anni, il costo annuale di generazione. Il peso del costo di alimentazione (energia elettrica) è nell'ordine del 70% dell'intera economia, mentre i *costi d'investimento* (prezzo di acquisto, costo degli edifici dedicati, costo dell'installazione e dell'assicurazione) anche se legato agli standard di qualità dell'aria, al periodo di ammortamento e al tasso di sconto scelto, presenta un peso meno rilevante. Lo stesso si può dire per il costo di *manutenzione*.

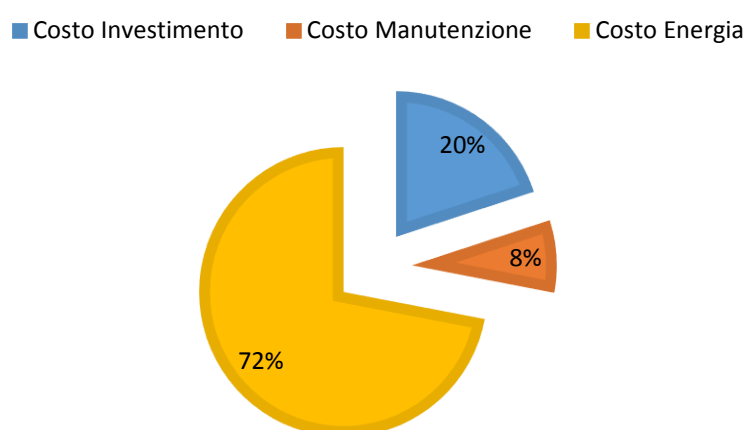


Figura 6: esempio di ripartizione del costo di generazione per l'aria compressa.

Intervenire in modo tale da permettere al sistema di rispondere alle esigenze di qualità e prestazione in modo più efficiente è sempre la mossa vincente sotto tutti i punti di vista:

Il beneficiario dell'intervento vede ridursi la spesa economica e recupera il costo dell'intervento in pochissimo tempo, mentre tutti noi possiamo godere di aria più pulita e del maggior rispetto verso lo sfruttamento delle fonti fossili di energia.

INTERVENTI MIGLIORATIVI PER L'EFFICIENZA NEI SISTEMI DI ARIA COMPRESSA

La necessità di contenere i costi e di dare adeguata risposta al problema energetico, ha dato avvio allo sviluppo di numerose soluzioni volte ad aumentare l'efficienza.

E' oramai ben noto che il monitoraggio continuo degli impianti e la riduzione degli sprechi rappresentano i due indirizzi principali d'intervento.

Le soluzioni sviluppatesi in queste direzioni possono essere raggruppate nelle seguenti categorie:

1. *Riduzione del consumo d'aria*

2. *Adeguamento dalla sala compressori alla domanda d'aria variabile*

3. *Controllo della pressione di lavoro*

4. *Recupero di calore*

5. *Sensibilizzazione del personale al tema del risparmio energetico*

Riduzione del consumo d'aria

In ogni sistema industriale s'intuisce che una riduzione del consumo d'aria può essere realizzata, ma molto spesso a ostacolare l'intervento è la mancata consapevolezza dell'entità del risparmio conseguibile. Ecco, quindi, presentate le soluzioni complete di esempi che forniscono indicazione concreta dell'apporto di ogni intervento.

a. Utilizzo degli economizzatori.

Nel caso che in un cilindro si richieda di esercitare la spinta alla pressione di esercizio solo in un verso, ad esempio in uscita stelo, mentre nell'altro verso è sufficiente una spinta inferiore e quindi a una pressione minore, attraverso la valvola economizzatrice, montata a monte del cilindro, questo è reso possibile con un notevole risparmio di energia.

L'esempio che segue calcola il risparmio conseguibile (115 €) con l'inserimento di un economizzatore, del costo di 7 €, che permetta di far lavorare un cilindro in un verso alla pressione di 6 bar e nell'altro alla pressione di 2 bar.

Tabella 1: esempio di risparmio con introduzione di un economizzatore

Parametro	Situazione		
	Senza economizzatore	Con economizzatore	Risparmio
Diametro [mm]	80	80	-
Corsa [mm]	200	200	-
Pressione [bar]	6	6-2	-
Cicli/min	12	12	-
Periodo di funzionamento [h/anno]	4160	4160	-
Consumo [NI/min]**	144	102	42
Consumo elettrico [kWh/anno]**	3893	2758	1135
Costo [€/anno]*	390	275	115
Litri di petrolio [l/anno]**	990	700	290
Chili di CO ₂ [kg/anno]**	2732	1935	797

*-si assume come costo unitario 0.15€/kWh

** -si sono utilizzati i fattori di equivalenza in appendice B.

b. Dimensionamento corretto dei cilindri.

Gli attuatori pneumatici consumano una quantità di aria che dipende dalla pressione e dall'alesaggio. Nel caso fosse possibile sostituire il cilindro con uno di diametro inferiore il risparmio sarebbe di notevole entità come calcolato nell'esempio.

Tabella 2: sostituzione di un cilindro di diametro 80 mm con uno da 63 mm

Parametro	Situazione		
	Attuale	Sostitutiva	Risparmio
Diametro [mm]	80	63	-
Corsa [mm]	200	200	-
Pressione [bar]	6	6	-
Cicli/min	12	12	-
Periodo di funzionamento [h/anno]	4160	4160	-
Consumo [NI/min]**	144	90	54
Consumo elettrico [kWh/anno]**	3893	2433	1460
Costo [€/anno]*	390	243	147
Litri di petrolio [l/anno]**	990	618	372
Chili di CO ₂ [kg/anno]**	2732	1707	1025

*-si assume come costo unitario 0.15€/kWh

** -si sono utilizzati i fattori di equivalenza in appendice B.

c. Eliminazione delle fughe d'aria.

Le fughe d'aria sono l'aspetto più penalizzate del buon uso dell'aria compressa generata.

Osservando la tabella sottostante è facile farsi un'idea del perché;

Tabella 3: esempio di conseguenze provocate da un foro in una linea di distribuzione a 6 bar.

<i>Diametro foro [mm]</i>	0.2	0.5	1	2.4	4.5
<i>Perdita d'aria[Nl/min]</i>	2.48	24.78	64.43	356.8	1427.3
<i>Perdita di potenza [W]</i>	16.12	161.07	418.795	2319.2	9277.45
<i>Ore di fuga [h]</i>	8000	8000	8000	8000	8000
<i>Perdita di energia [kWh/anno]</i>	128.96	1288.56	3350.36	18553.6	74219.6
<i>Costo [€/anno](*)</i>	19.34	193.28	502.55	2783.04	11132.94
<i>Litri di petrolio [l/anno] **</i>	32,76	327,29	850,99	4712,61	18851,78
<i>Chili di CO₂ [kg/anno] **</i>	90,47	903,97	2350,41	13016,06	52067,90

*-si assume come costo unitario 0.15€/kWh

** -si sono utilizzati i fattori di equivalenza in appendice B

Tipicamente, dopo 5 anni, un impianto perde in media il 20% del volume d'aria generato in fase di compressione per via delle perdite. Il risparmio energetico ed economico conseguibile da un intervento di riparazione sono notevoli. La maggior parte delle fughe si concentra nella fase terminale della rete di distribuzione e possono essere riparate facilmente con strumenti comuni come acqua saponata. E' sempre buona prassi non accontentarsi di questi interventi, anche se pianificati rigorosamente e frequentemente, ma ripetere periodicamente un controllo con strumenti più sofisticati come gli ultrasuoni.

Si ricorda che più l'aria è umida e più la rete di distribuzione si sgretola nel corso degli anni.

Una buona essiccazione è garanzia di efficienza ma blocchi casuali o per manutenzione dell'essiccatore possono verificarsi dando luogo alla presenza di condensa nelle tubazioni, che, anche se evacuata dagli sfiati, produce a lungo andare dei fori.

Per quanto riguarda le perdite proprie dei macchinari utensili, essendo la maggior parte di difficile se non impossibile riparazione, è bene che ognuno di essi sia dotato di un'elettrovalvola che lo isoli dal circuito primario quando non in funzione.

d. Progettazione e gestione ottimale dell'impianto di distribuzione.

Il dimensionamento accurato delle tubazioni in modo da ridurre al minimo le perdite di pressione e la separazione tra le reti in funzione della pressione nelle tubazioni sono accorgimenti di grande impatto (si ricorda che per ogni bar in eccesso di pressione, i costi lievitano del 6-8%), che vanno

intrapresi nella progettazione di ciascun impianto di distribuzione. Si è oramai ampiamente dimostrato che i maggiori costi sono recuperati in breve tempo grazie al risparmio conseguito. Inoltre la rete di distribuzione va gestita in modo tale che la pressione sia la minima necessaria; nel caso di macchinari che richiedono una pressione maggiore, si devono impiegare dei booster o altri sistemi di aumento del carico.

Adeguamento dalla sala compressori alla domanda d'aria variabile

La produzione degli stabilimenti ciclicamente varia, diversificandosi considerevolmente da quella registrata al momento della progettazione della sala compressori, rispetto alla quale si erano prese le decisioni sui compressori da installare e sulle modalità di funzionamento. Se di notevole entità, l'efficienza di generazione ne è compromessa.

Il monitoraggio continuo, attraverso una pianificazione rigorosa delle manutenzioni o con sistemi a distanza, è elemento indispensabile, poiché pone le basi alla ricerca del miglioramento.

In linea del tutto generale si può affermare che gli interventi saranno tanto meno costosi quanto più flessibile è la sala macchine, cioè quanto diversificati per livello di potenza (macchine di carico base, macchine di punta) e per tipo di sistema di controllo (Carico/Vuoto piuttosto che VSD) sono tra loro i compressori.

La presenza di una o più macchine regolate in velocità è sinonimo di elevata flessibilità.

L'azionamento elettrico¹ a velocità variabile (Variable Speed Drive, VSD) permette al compressore di adeguare la velocità di rotazione e quindi la portata d'aria alla richiesta.

Ecco che una macchina VSD adibita all'inseguimento del carico al posto di un compressore a velocità fissa (Fixed Speed Drive, FSD) aumenta l'efficienza di generazione riducendo i dispendi di energia correlati al funzionamento a vuoto e ai riavvii. Lo stesso motore elettrico si trova meno sollecitato grazie alle "partenze dolci" che, oltre a portare benefici in termini di consumo di energia e di bassa usura, permettono alla macchina di sostenere un intenso regime variabile senza le limitazioni necessarie nei compressori a velocità fissa.

Si faccia attenzione che la macchina regolata a velocità variabile non va intesa come sostitutiva di ciascuna macchina a velocità fissa poiché migliorativa.

Essa apporta un effettivo risparmio di energia fino a che lavora sotto l'80% del carico massimo; oltre, nell'inverter, il convertitore statico che alimenta il motore elettrico con tensione a valore

¹ Con il termine azionamento elettrico si vuole intendere un sistema composto da motore elettrico, sistema di alimentazione flessibile e un sistema di controllo programmabile.

efficace e frequenza variabile, le perdite di energia fanno sì che la macchina a velocità fissa sia più efficiente.

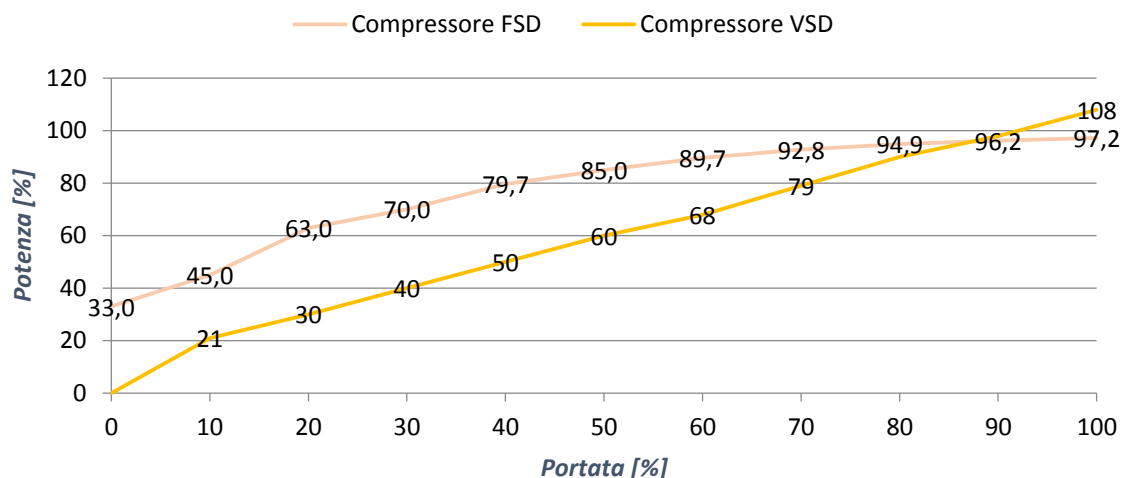


Figura 7: funzionamento a diverse condizioni di portata per compressori a velocità variabile e fissa.

L'introduzione di una macchina comandata a velocità variabile in una sala compressori, migliora l'efficienza di generazione ogni qual volta la scelta delle taglie dei compressori è tale da consentire un ottimale spacciamento del carico da parte del sistema di gestione. Questo si traduce in una scelta accurata delle potenze realizzata in modo che i compressori a velocità fissa siano attivati per lavorare a pieno carico per il massimo tecnico del tempo (macchine per carico base), lasciando alle macchine a velocità variabile il compito di adattare la produzione alla richiesta (macchine di picco) e quindi ridurre i tempi di vuoto.

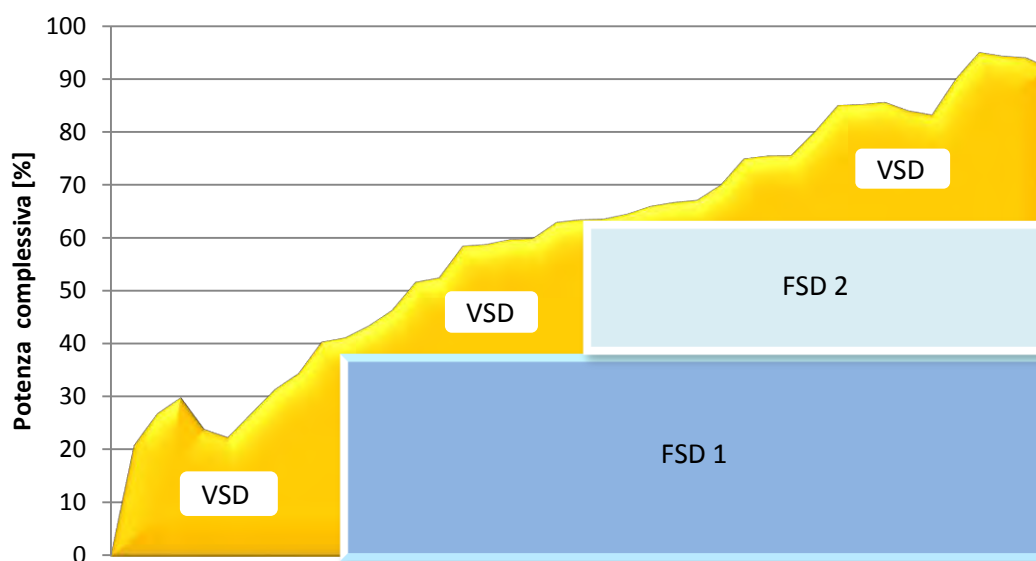


Figura 8: inserimento compressore in velocità variabile, esempio di ripartizione del carico tra vari compressori nel modo ottimale.

La riduzione del fabbisogno di energia di generazione, grazie alla presenza di compressori regolati in velocità in sostituzione ai compressori a velocità fissa, inseriti con lo scopo di inseguire la richiesta variabile, è dell'ordine del 10 - 20%.

Controllo della pressione di lavoro

Molti impianti ad aria compressa sono regolati da sistemi a cascata, dove le funzionalità sono controllate in base agli intervalli di pressione pre-determinati ma spesso regolati ben al di sopra della pressione minima richiesta. Ogni bar di pressione in meno permette di ridurre del 6-10 % il consumo energetico di sala.

La gestione intelligente della pressione d'impianto attraverso i sistemi centralizzati permette di risparmiare un notevole quantitativo di energia riducendo le oscillazioni di pressione².

La rigorosa manutenzione aiuta anche in quest'aspetto: una sostituzione dei filtri periodica, e una pulizia programmata sono tutti comportamenti che aiutano a ridurre la pressione minima necessaria.

Il recupero di calore

Con la compressione, l'aria si riscalda. Questo fenomeno fa sì che la maggior parte dell'energia elettrica che un compressore assorbe dalla rete si manifesta in calore, reso disponibile dai sistemi di raffreddamento ed essiccazione.

Circa il 72 % del calore si ritrova nell'agente di raffreddamento del refrigeratore finale interno al compressore. Il 13 % può essere recuperato nell'essiccazione, mentre il rimanente solitamente si disperde nell'ambiente (11%) o rimane all'interno dell'aria compressa (4%). Verosimilmente il 75 % dell'energia elettrica assorbita da un compressore è recuperabile in forma termica.

Il metodo di recupero termico più semplice consiste nell'utilizzare direttamente l'aria calda di raffreddamento del compressore grazie ad un convogliamento negli ambienti destinati a essere riscaldati.

Installando uno scambiatore è possibile sfruttare il calore per il preriscaldamento dell'aria utilizzata in processi specifici nella catena di produzione come quelli di essiccazione e combustione o per il riscaldamento dell'acqua destinata a usi domestici (docce, riscaldamento) o industriali.

L'apporto in termini di aumento dell'efficienza di generazione e di riduzione dei costi, introdotti dal sistema di recupero termico, è evidente.

² Vedi capitolo sistemi di gestione dell'aria compressa.

Nel modo più semplice, il calore recuperato da un compressore di potenza nominale di 90 kW funzionante per 2000 ore in un anno è circa $71,5 \cdot 10^6 \text{kcal}$, equivalente al calore generato da una caldaia³ di 40 kW con un risparmio di 6650 kg di metano equivalenti a circa 2600 €.

Dalle figure sottostanti si può visionare come varia il costo di generazione con l'introduzione del recupero termico.

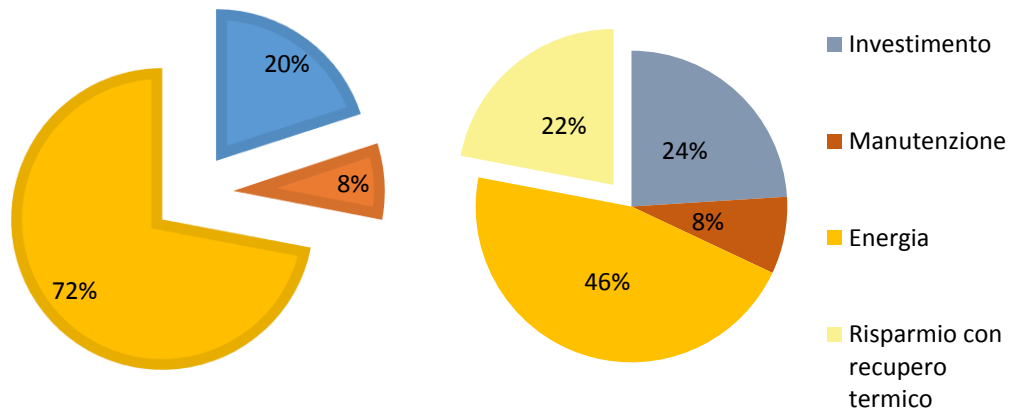


Figura 9: confronto tra costi di generazione senza e con recupero termico.

³ I conti sono eseguiti sulla base di una caldaia standard funzionante con metano (PCI = 11940 kcal/kg ; 0,4 €/kg) di rendimento 0.9

LE CAMPAGNE AUDIT

Il progetto si è sviluppato in una prima fase di raccolta dati sul territorio cui ha seguito un'analisi, caso per caso, delle soluzioni di miglioramento dell'efficienza e calcolo del margine di risparmio conseguibile. Per ogni azienda esaminata è stata redatta una scheda completa di tutte le informazioni necessarie.

Il margine di miglioramento medio statistico per la generazione di aria compressa nel territorio veneto ottenuto, tiene in considerazione la diversità di struttura del sistema produttivo veneto.

Realizzazione delle schede

Preso nota della configurazione di ogni impianto, della tipologia di sistema di regolazione e controllo e di recupero di calore, dello stato di manutenzione e controllo del sistema in generale, per ogni macchina si sono rilevati i dati riportati in tabella.

Per macchine a velocità fissa (C/V)			Per macchine a velocità variabile (V/V)		
Parametro	Unità di misura	Simbolo	Parametro	Unità di misura	Simbolo
Tipologia costruttiva	-	-	Tipologia costruttiva	-	
Pressione di esercizio	bar	p	Pressione di esercizio	bar	p
Ore a carico	h	h	Ore di alimentazione	h	h
Ore a vuoto	h	h_0	Potenza media	kW	P
Potenza a carico	kW	P_n			
Potenza a vuoto*	kW	P_0			
*- La dove non è stato possibile reperire il dato si è calcolata come 25% di quella nominale.					

Calcolo del consumo di energia elettrica della sala macchine

Per macchine a velocità fissa (C/V)				Per macchine a velocità variabile (V/V)	
Parametro	Unità di misura	Simbolo	Formula	Simbolo	Formula
Energia media annua	kWh	$\bar{E}_{C/V}$	$P_0 h_0 + P_n h$	$\bar{E}_{V/V}$	$P * h$

Calcolo del risparmio di energia elettrica con introduzione di compressori regolati in velocità

Qualora il funzionamento di un compressore sia risultato caratterizzato da un numero di ore di vuoto percentualmente elevato a causa della forte variabilità della richiesta è stato quantificato il risparmio energetico ed economico ottenibile dalla sua sostituzione con un compressore regolato in velocità ed il numero di TEE conseguibili.

Parametro	Unità di misura	Simbolo	Formula	Valore monetario [€]
Risparmio di energia	kWh	Δ_E	$\Delta_E = (0,616 * h * P_n - 0,5 P) *$	$\Delta_E c^{**}$
Numero di TEE	-	n	$n = 0.187 * 10^{-3} (\Delta_E) * 2.56$	v^{***}
Risparmio economico	€	R	$R = \Delta_E c + n * v$	
*-il valore di ottimo per la potenza media del compressore in velocità variabile è il 50% della potenza di targa, mentre il fattore di consumo medio statistico per una macchina C/V è di 0,616. **- con c si intende il prezzo del kWh di energia. ***-con v si indica il valore di un TEE (circa 100 €).				

Calcolo del risparmio di energia termica

Attraverso il recupero termico il 75% dell'energia assorbita dal compressore è utilizzabile in forma termica.

Parametro	Unità di misura	Simbolo	Formula
Risparmio di energia termica	kcal	Δ_{ET}	$\Delta_{ET} = 0.75 \bar{E} * h * 859,845$
Risparmio di metano	kg _{CH4}	Δ_{CH4}	$\Delta_{CH4} = \frac{\Delta_{ET}}{PCI_{CH4}}$
Risparmio economico	€	R	$R = \Delta_{CH4} * C_{CH4}$
- PCI = 11940 kcal/kg - C_{CH4} è il costo al kg del metano			

AZIENDA 1

Settore merceologico	Produzione di bevande biologiche
Numero di compressori	3
Numero compressori ad inverter	2
Potenza complessiva installata [kW]	111
Potenza compressori con inverter [kW]	74
Potenza compressori C/V [kW]	37



CARATTERISTICHE COMPONENTI SALA MACCHINE

Modello	ZT 37 VSD	ZT 37 VSD	ZT 37
Marca	ATLAS COPCO	ATLAS COPCO	ATLAS COPCO
Anno di fabbricazione	2008	2011	2013
Regolazione	V/V	V/V	C/V
Pressione di esercizio [bar]	7	7.3	6.8
Potenza nominale [kW]	37	37	37
Se compressore C/V			
Potenza carico [kW]	-	-	37
Potenza vuoto [kW]	-	-	9.25
Tempo di carico [%]	-	-	88
Tempo a Vuoto [%]	-	-	12
Potenza media [kW/anno]	-	-	33.67
Se compressore V/V			
% di carico	Tempo [%]		
0-20 [%]	0	2	-
20-40 [%]	0	0	-
40-60 [%]	61	51	-
60-80 [%]	20	23	-
80-100 [%]	19	24	-
Potenza media [kW/anno]	22,8	23,5	0,0
Ore medie annue [h/anno]	1500	6240	1500
Consumo di Energia [kWh/anno]	34188	146378	52170
Costo energia [€/anno]	5128	21957	7826
TEE	No	No	No
TEE Conseguibili	-	-	-
Consumo energetico totale [kWh/anno]	232736		
Costo totale [€/anno]	34910		
Gestione	Sistema ES		

ENERGIA ELETTRICA

Intervento	Risparmiabile	Equivalente monetario	Risparmiata	Equivalente monetario
	[kWh/anno]	[€/anno]	[kWh/anno]	[€/anno]
Utilizzo V/V	-	-	33220	4983
TEE Consequibili	-	-	-	-
Riparazione perdite e altri interventi	46547	6982	-	-
Dispacciamento ottimale	-	-	-	-
Totale	46547	6982	33220	4983

ENERGIA TERMICA

Intervento	Risparmiabile	Equivalente monetario	Risparmiata	Equivalente monetario
	[Gcal/anno]	[€/anno]	[Gcal/anno]	[€/anno]
Recupero di calore	150	5587	-	-
Potenza Termica Equivalente [kW]		28		-

OSSERVAZIONI

E' possibile ottenere un risparmio riducendo le perdite di distribuzione.

L'efficienza di generazione può venire aumentata grazie al recupero termico.

Gli equivalenti monetari sono calcolati supponendo il costo dell'energia di 0,15 €/kWh e del gas di 0,4 €/kg .

AZIENDA 2

Settore merceologico	Tecnologie per lo scambio termico, la separazione e il trattamento dei fluidi
Numero di compressori	3
Numero compressori ad inverter	1
Potenza complessiva installata [kW]	157
Potenza compressori con inverter [kW]	37
Potenza compressori C/V [kW]	120



CARATTERISTICHE COMPONENTI SALA MACCHINE

Modello	BSD 72 SFC	DSD 172	ASD 57
Marca	KAESER	KAESER	KAESER
Anno di fabbricazione	2012	2008	2012
Regolazione	V/V	C/V	C/V
Pressione di esercizio [bar]	8	8	8
Potenza nominale [kW]	37	90	30
Se compressore C/V			
Potenza carico [kW]	-	90	30
Potenza vuoto [kW]	-	22.5	9
Tempo di carico [%]	-	87	92
Tempo a Vuoto [%]	-	13	8
Potenza media [kW/anno]	-	81.22	28.32
Se compressore V/V			
% di carico	Tempo [%]		
0-20 [%]	-	-	-
20-40 [%]	-	-	-
40-60 [%]	-	-	-
60-80 [%]	-	-	-
80-100 [%]	-	-	-
Potenza media [kW/anno]	19	-	-
Ore medie annue [h/anno]	2100	3120	1300
Consumo di Energia [kWh/anno]	38850	253422	36660
Costo energia [€/anno]	5828	38013	5499
TEE	Si	No	No
TEE Conseguibili	-	-	-
Consumo energetico totale [kWh/anno]	328932		
Costo totale [€/anno]	49340		
Gestione	Sistema Sigma Air Manager		

ENERGIA ELETTRICA

Intervento	Risparmiabile	Equivalente monetario	Risparmiata	Equivalente monetario
	[kWh/anno]	[€/anno]	[kWh/anno]	[€/anno]
Utilizzo V/V	-	-	9013	1352
TEE Conseguibili	-	-	-	-
Riparazione perdite e altri interventi	65786	9868	-	-
Dispacciamento ottimale	-	-	-	-
Totale	65786	9868	9013	1352

ENERGIA TERMICA

Intervento	Risparmiabile	Equivalente monetario	Risparmiata	Equivalente monetario
	[Gcal/anno]	[€/anno]	[Gcal/anno]	[€/anno]
Recupero di calore	212	7896	-	-
Potenza Termica Equivalente [kW]		79		-

OSSERVAZIONI

E' possibile ottenere un risparmio riducendo le perdite di distribuzione.

L'efficienza di generazione può venire aumentata grazie al recupero termico.

Gli equivalenti monetari sono calcolati supponendo il costo dell'energia di 0,15 €/kWh e del gas di 0,4 €/kg .

AZIENDA 3

Settore merceologico	Lavorazioni di ottone ed alluminio, trattamenti termici, lavorazioni meccaniche
Numero di compressori	1
Numero compressori ad inverter	1
Potenza complessiva installata [kW]	160
Potenza compressori con inverter [kW]	160
Potenza compressori C/V [kW]	-

**CARATTERISTICHE COMPONENTI SALA MACCHINE**

Anno di fabbricazione	2007
Regolazione	V/V
Pressione di esercizio [bar]	7
Potenza nominale [kW]	160
Se compressore C/V	
Potenza carico [kW]	-
Potenza vuoto [kW]	-
Tempo di carico [%]	-
Tempo a Vuoto [%]	-
Potenza media [kW/anno]	-
Se compressore V/V	
% di carico	Tempo [%]
0-20 [%]	-
20-40 [%]	-
40-60 [%]	-
60-80 [%]	-
80-100 [%]	-
Potenza media [kW/anno]	80
Ore medie annue [h/anno]	5000
Consumo di Energia [kWh/anno]	400000
Costo energia [€/anno]	60000
TEE	No
TEE Conseguibili	-
Consumo energetico totale [kWh/anno]	400000
Costo totale [€/anno]	60000
Gestione	Manuale

ENERGIA ELETTRICA

<i>Intervento</i>	<i>Risparmiabile</i>	<i>Equivalente monetario</i>	<i>Risparmiata</i>	<i>Equivalente monetario</i>
	<i>[kWh/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>	<i>[kWh/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>
<i>Utilizzo V/V</i>	-	-	92800	13920
<i>TEE Conseguibili</i>	-	-	-	-
<i>Riparazione perdite e altri interventi</i>	80000	12000	-	-
<i>Dispacciamento ottimale</i>	-	-	-	-
<i>Totale</i>	80000	12000	92800	13920

ENERGIA TERMICA

<i>Intervento</i>	<i>Risparmiabile</i>	<i>Equivalente monetario</i>	<i>Risparmiata</i>	<i>Equivalente monetario</i>
	<i>[Gcal/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>	<i>[Gcal/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>
<i>Recupero di calore</i>	-	-	258	9602
<i>Potenza Termica Equivalente [kW]</i>		-		60

OSSERVAZIONI

E' possibile ottenere un risparmio riducendo le perdite di distribuzione.

L'efficienza di generazione può venire aumentata grazie al recupero termico.

Gli equivalenti monetari sono calcolati supponendo il costo dell'energia di 0,15 €/kWh e del gas di 0,4 €/kg .

AZIENDA 4

Settore merceologico	Produzione di articoli in plastica
Numero di compressori	2
Numero compressori ad inverter	2
Potenza complessiva installata [kW]	264
Potenza compressori con inverter [kW]	264
Potenza compressori C/V [kW]	-

**CARATTERISTICHE COMPONENTI SALA MACCHINE**

Modello	R132n	R132n
Marca	INGERSOLL-RAND	INGERSOLL-RAND
Anno di fabbricazione	2012	2012
Regolazione	V/V	V/V
Pressione di esercizio [bar]	7.3	7.3
Potenza nominale [kW]	132	132
Se compressore C/V		
Potenza carico [kW]	-	-
Potenza vuoto [kW]	-	-
Tempo di carico [%]	-	-
Tempo a Vuoto [%]	-	-
Potenza media [kW/anno]	-	-
Se compressore V/V		
% di carico	Tempo [%]	
0-20 [%]	-	-
20-40 [%]	-	-
40-60 [%]	-	-
60-80 [%]	-	-
80-100 [%]	-	-
Potenza media [kW/anno]	46	53
Ore medie annue [h/anno]	3120	3120
Consumo di Energia [kWh/anno]	143520	165360
Costo energia [€/anno]	21528	24804
TEE	No	No
TEE Conseguibili	23	23
Consumo energetico totale [kWh/anno]	308880	
Costo totale [€/anno]	46332	
Gestione	Manuale	

ENERGIA ELETTRICA

<i>Intervento</i>	<i>Risparmiabile</i>	<i>Equivalente monetario</i>	<i>Risparmiata</i>	<i>Equivalente monetario</i>
	<i>[kWh/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>	<i>[kWh/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>
<i>Utilizzo V/V</i>	-	-	95547	14332
<i>TEE Consequibili</i>	-	-	46	4600
<i>Riparazione perdite e altri interventi</i>	-	-	-	-
<i>Dispacciamento ottimale</i>	-	-	-	-
<i>Totale</i>	-	-	95547	18932

ENERGIA TERMICA

<i>Intervento</i>	<i>Risparmiabile</i>	<i>Equivalente monetario</i>	<i>Risparmiata</i>	<i>Equivalente monetario</i>
	<i>[Gcal/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>	<i>[Gcal/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>
<i>Recupero di calore</i>	199	7415	-	-
<i>Potenza Termica Equivalente [kW]</i>		74		-

OSSERVAZIONI

E' possibile ottenere un risparmio riducendo le perdite di distribuzione.

L'efficienza di generazione può venire aumentata grazie al recupero termico.

E' possibile conseguire un valore in titoli di efficienza pari a 4600€/anno.

Gli equivalenti monetari sono calcolati supponendo il costo dell'energia di 0,15 €/kWh e del gas di 0,4 €/kg .

AZIENDA 5

Settore merceologico	Realizzazione di alberi di trasmissione comprensivi di ogni lavorazione meccanica e trattamento termico
Numero di compressori	2
Numero compressori ad inverter	2
Potenza complessiva installata [kW]	67
Potenza compressori con inverter [kW]	67
Potenza compressori C/V [kW]	-



CARATTERISTICHE COMPONENTI SALA MACCHINE

Modello	VS 30	VS 25
Marca	GARDNER DENVER	GARDNER DENVER
Anno di fabbricazione	2011	2006
Regolazione	V/V	V/V
Pressione di esercizio [bar]	8	8
Potenza nominale [kW]	41	26
Se compressore C/V		
Potenza carico [kW]	-	-
Potenza vuoto [kW]	-	-
Tempo di carico [%]	-	-
Tempo a Vuoto [%]	-	-
Potenza media [kW/anno]	-	-
Se compressore V/V		
% di carico	Tempo [%]	
0-20 [%]	-	-
20-40 [%]	-	-
40-60 [%]	-	-
60-80 [%]	-	-
80-100 [%]	-	-
Potenza media [kW/anno]	21	14
Ore medie annue [h/anno]	4160	2080
Consumo di Energia [kWh/anno]	91520	24960
Costo energia [€/anno]	13700	3740
TEE	No	No
TEE Conseguibili	-	-
Consumo energetico totale [kWh/anno]	116480	
Costo totale [€/anno]	17472	
Gestione	Manuale	

ENERGIA ELETTRICA

<i>Intervento</i>	<i>Risparmiabile</i>	<i>Equivalente monetario</i>	<i>Risparmiata</i>	<i>Equivalente monetario</i>
	<i>[kWh/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>	<i>[kWh/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>
<i>Utilizzo V/V</i>	-	-	26058	3909
<i>TEE Consequibili</i>	-	-	-	-
<i>Riparazione perdite e altri interventi</i>	-	-	22464	3370
<i>Dispacciamento ottimale</i>	-	-	-	-
<i>Totale</i>	-	-	48522	7278

ENERGIA TERMICA

<i>Intervento</i>	<i>Risparmiabile</i>	<i>Equivalente monetario</i>	<i>Risparmiata</i>	<i>Equivalente monetario</i>
	<i>[Gcal/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>	<i>[Gcal/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>
<i>Recupero di calore</i>	72	2696	-	-
<i>Potenza Termica Equivalente [kW]</i>		20		-

OSSERVAZIONI

L'efficienza di generazione può venire aumentata grazie al recupero termico.

Gli equivalenti monetari sono calcolati supponendo il costo dell'energia di 0,15 €/kWh e del gas di 0,4 €/kg .

AZIENDA 6

Settore merceologico	Sistemi per la generazione di calore
Numero di compressori	3
Numero compressori ad inverter	1
Potenza complessiva installata [kW]	354
Potenza compressori con inverter [kW]	90
Potenza compressori C/V [kW]	264



CARATTERISTICHE COMPONENTI SALA MACCHINE

Modello	GA 90 VSD	GA 132	GA 132
Marca	ATLAS COPCO	ATLAS COPCO	ATLAS COPCO
Anno di fabbricazione	2003	2003	2003
Regolazione	V/V	C/V	C/V
Pressione di esercizio [bar]	8	8	8
Potenza nominale [kW]	90	132	132
Se compressore C/V			
Potenza carico [kW]	-	132	132
Potenza vuoto [kW]	-	33	33
Tempo di carico [%]	-	70	-
Tempo a Vuoto [%]	-	30	-
Potenza media [kW/anno]	-	102	-
Se compressore V/V			
% di carico	Tempo [%]		
0-20 [%]	-	-	-
20-40 [%]	-	-	-
40-60 [%]	-	-	-
60-80 [%]	-	-	-
80-100 [%]	-	-	-
Potenza media [kW/anno]	63	-	-
Ore medie annue [h/anno]	4160	2100	0
Consumo di Energia [kWh/anno]	262080	214830	-
Costo energia [€/anno]	39312	32225	-
TEE	No	-	-
TEE Conseguibili	-	-	-
Consumo energetico totale [kWh/anno]	476910		
Costo totale [€/anno]	71537		
Gestione	Manuale		

ENERGIA ELETTRICA

<i>Intervento</i>	<i>Risparmiabile</i>	<i>Equivalente monetario</i>	<i>Risparmiata</i>	<i>Equivalente monetario</i>
	<i>[kWh/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>	<i>[kWh/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>
<i>Utilizzo V/V</i>	-	-	43430	6515
<i>TEE Consequibili</i>	-	-	-	-
<i>Riparazione perdite e altri interventi</i>	95382	14307	-	-
<i>Dispacciamento ottimale*</i>	32155	4823	-	-
<i>Totale</i>	95382	19131	43430	6515

ENERGIA TERMICA

<i>Intervento</i>	<i>Risparmiabile</i>	<i>Equivalente monetario</i>	<i>Risparmiata</i>	<i>Equivalente monetario</i>
	<i>[Gcal/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>	<i>[Gcal/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>
<i>Recupero di calore</i>	-	-	308	11448
<i>Potenza Termica Equivalente [kW]</i>		-		57

OSSERVAZIONI

E' possibile ottenere un risparmio riducendo le perdite di distribuzione.

Gli equivalenti monetari sono calcolati supponendo il costo dell'energia di 0,15 €/kWh e del gas di 0,4 €/kg .

*-Il calcolo del risparmio conseguibile è eseguito sulla base dell'introduzione di un compressore da 75kW in sostituzione di quello da 132 kW e di un sistema di gestione centralizzato.

AZIENDA 7

Settore merceologico	Produzione di cavi elettrici
Numero di compressori	2
Numero compressori ad inverter	2
Potenza complessiva installata [kW]	82
Potenza compressori con inverter [kW]	82
Potenza compressori C/V [kW]	-

**CARATTERISTICHE COMPONENTI SALA MACCHINE**

Modello	MSC 45 IVR	RMB 37 IVR
Marca	CECCATO	CECCATO
Anno di fabbricazione	2005	2001
Regolazione	V/V	V/V
Pressione di esercizio [bar]	8	8
Potenza nominale [kW]	45	37
<i>Se compressore C/V</i>		
Potenza carico [kW]	-	-
Potenza vuoto [kW]	-	-
Tempo di carico [%]	-	-
Tempo a Vuoto [%]	-	-
Potenza media [kW/anno]	-	-
<i>Se compressore V/V</i>		
% di carico	Tempo [%]	
0-20 [%]	-	-
20-40 [%]	-	-
40-60 [%]	-	-
60-80 [%]	-	-
80-100 [%]	-	-
Potenza media [kW/anno]	32	19
Ore medie annue [h/anno]	2100	1000
Consumo di Energia [kWh/anno]	66150	18500
Costo energia [€/anno]	9923	2775
TEE	No	No
TEE Conseguibili	-	-
Consumo energetico totale [kWh/anno]	84650	
Costo totale [€/anno]	12698	
Gestione	A cascata	

ENERGIA ELETTRICA

<i>Intervento</i>	<i>Risparmiabile</i> [kWh/anno]	<i>Equivalente monetario</i> [€/anno]	<i>Risparmiata</i> [kWh/anno]	<i>Equivalente monetario</i> [€/anno]
<i>Utilizzo V/V</i>	-	-	15254	2288
<i>TEE Conseguibili</i>	-	-	-	-
<i>Riparazione perdite e altri interventi</i>	16930	2540	-	-
<i>Dispacciamento ottimale</i>	-	-	-	-
<i>Totale</i>	16930	2540	15254	2288

ENERGIA TERMICA

<i>Intervento</i>	<i>Risparmiabile</i> [Gcal/anno]	<i>Equivalente monetario</i> [€/anno]	<i>Risparmiata</i> [Gcal/anno]	<i>Equivalente monetario</i> [€/anno]
<i>Recupero di calore</i>	-	-	55	2032
<i>Potenza Termica Equivalente [kW]</i>		-		30

OSSERVAZIONI

E' possibile ottenere un risparmio riducendo le perdite di distribuzione.

Gli equivalenti monetari sono calcolati supponendo il costo dell'energia di 0,15 €/kWh e del gas di 0,4 €/kg .

AZIENDA 8

Settore merceologico	Prodotti per il ciclismo su strada, triathlon e ciclocross
Numero di compressori	2
Numero compressori ad inverter	-
Potenza complessiva installata [kW]	110
Potenza compressori con inverter [kW]	-
Potenza compressori C/V [kW]	110



CARATTERISTICHE COMPONENTI SALA MACCHINE

Modello	CSD 105 T	CSD 105 T
Marca	KAESER	KAESER
Anno di fabbricazione	2014	2012
Regolazione	C/V	C/V
Pressione di esercizio [bar]	7.2	7
Potenza nominale [kW]	55	55
Se compressore C/V		
Potenza carico [kW]	55	55
Potenza vuoto [kW]	13,75	13,75
Tempo di carico [%]	70	70
Tempo a Vuoto [%]	30	30
Potenza media [kW/anno]	42,6	42,6
Se compressore V/V		
% di carico	Tempo [%]	
0-20 [%]	-	-
20-40 [%]	-	-
40-60 [%]	-	-
60-80 [%]	-	-
80-100 [%]	-	-
Potenza media [kW/anno]	-	-
Ore medie annue [h/anno]	3120	1000
Consumo di Energia [kWh/anno]	132990	42625
Costo energia [€/anno]	19949	6394
TEE	No	No
TEE Conseguibili	-	-
Consumo energetico totale [kWh/anno]	175615	
Costo totale [€/anno]	26342	
Gestione	A cascata	

ENERGIA ELETTRICA

<i>Intervento</i>	<i>Risparmiabile</i>	<i>Equivalente monetario</i>	<i>Risparmiata</i>	<i>Equivalente monetario</i>
	<i>[kWh/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>	<i>[kWh/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>
<i>Utilizzo V/V*</i>	19906	2986	-	-
<i>TEE Consequibili</i>	10	1000	-	-
<i>Riparazione perdite e altri interventi</i>	35123	5268	-	-
<i>Dispacciamento ottimale</i>	-	-	-	-
<i>Totale</i>	55038	9255	-	-

ENERGIA TERMICA

<i>Intervento</i>	<i>Risparmiabile</i>	<i>Equivalente monetario</i>	<i>Risparmiata</i>	<i>Equivalente monetario</i>
	<i>[Gcal/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>	<i>[Gcal/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>
<i>Recupero di calore</i>	113	4216	-	-
<i>Potenza Termica Equivalente [kW]</i>		42		-

OSSERVAZIONI

E' possibile ottenere un risparmio riducendo le perdite di distribuzione.

L'efficienza di generazione può venire aumentata grazie al recupero termico.

Gli equivalenti monetari sono calcolati supponendo il costo dell'energia di 0,15 €/kWh e del gas di 0,4 €/kg .

*-Il risparmio conseguibile è valutato sulla base dell'introduzione di un compressore in velocità variabile di taglia 75 kW e di un sistema di controllo centralizzato.

AZIENDA 9

Settore merceologico	Lavorazione lamiera
Numero di compressori	1
Numero compressori ad inverter	-
Potenza complessiva installata [kW]	7.5
Potenza compressori con inverter [kW]	-
Potenza compressori ON/OFF [kW]	7.5



CARATTERISTICHE COMPONENTI SALA MACCHINE

Anno di fabbricazione	1993
Regolazione	ON/OFF
Pressione di esercizio [bar]	7
Potenza nominale [kW]	7.5
Se compressore C/V	
Potenza carico [kW]	-
Potenza vuoto [kW]	-
Tempo di carico [%]	-
Tempo a Vuoto [%]	-
Potenza media [kW/anno]	-
Se compressore V/V	
% di carico	Tempo [%]
0-20 [%]	-
20-40 [%]	-
40-60 [%]	-
60-80 [%]	-
80-100 [%]	-
Potenza media [kW/anno]	-
Ore medie annue [h/anno]	1000
Consumo di Energia [kWh/anno]	7500
Costo energia [€/anno]	1125
TEE	No
TEE Conseguibili	-
Consumo energetico totale [kWh/anno]	7500
Costo totale [€/anno]	1125
Gestione	ON/OFF

ENERGIA ELETTRICA

<i>Intervento</i>	<i>Risparmiabile</i>	<i>Equivalente monetario</i>	<i>Risparmiata</i>	<i>Equivalente monetario</i>
	<i>[kWh/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>	<i>[kWh/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>
<i>Utilizzo Compressore Moderno</i>	870	131	-	-
<i>TEE Consequibili</i>	-	-	-	-
<i>Riparazione perdite e altri interventi</i>	1500	225	-	-
<i>Dispacciamento ottimale</i>	-	-	-	-
<i>Totale</i>	2370	399	-	-

ENERGIA TERMICA

<i>Intervento</i>	<i>Risparmiabile</i>	<i>Equivalente monetario</i>	<i>Risparmiata</i>	<i>Equivalente monetario</i>
	<i>[Gcal/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>	<i>[Gcal/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>
<i>Recupero di calore</i>	-	-	-	-
<i>Potenza Termica Equivalente [kW]</i>		-		-

OSSERVAZIONI

Gli equivalenti monetari sono calcolati supponendo il costo dell'energia di 0,15 €/kWh e del gas di 0,4 €/kg .

AZIENDA 10

Settore merceologico	Produzioni di prodotti per il rivestimento di componenti industriali ed edili
Numero di compressori	2
Numero compressori ad inverter	-
Potenza complessiva installata [kW]	108
Potenza compressori con inverter [kW]	-
Potenza compressori C/V [kW]	108


CARATTERISTICHE COMPONENTI SALA MACCHINE

Modello	ALLEGRO 80	ALLEGRO 28
Marca	-	-
Anno di fabbricazione	2005	-
Regolazione	C/V	C/V
Pressione di esercizio [bar]	8	8
Potenza nominale [kW]	80	28
Se compressore C/V		
Potenza carico [kW]	80	28
Potenza vuoto [kW]	20	8
Tempo di carico [%]	70	70
Tempo a Vuoto [%]	30	30
Potenza media [kW/anno]	62	22
Se compressore V/V		
% di carico	Tempo [%]	
0-20 [%]	-	-
20-40 [%]	-	-
40-60 [%]	-	-
60-80 [%]	-	-
80-100 [%]	-	-
Potenza media [kW/anno]	-	-
Ore medie annue [h/anno]	2080	2080
Consumo di Energia [kWh/anno]	128960	45760
Costo energia [€/anno]	19400	6860
TEE	-	-
TEE Conseguibili	-	-
Consumo energetico totale [kWh/anno]	174720	
Costo totale [€/anno]	26208	
Gestione	Manuale	

ENERGIA ELETTRICA

Intervento	Risparmiabile	Equivalente monetario	Risparmiata	Equivalente monetario
	[kWh/anno]	[€/anno]	[kWh/anno]	[€/anno]
Utilizzo V/V*	19302	2895	-	-
TEE Conseguibili	10	957	-	-
Utilizzo V/V**	6756	1013		
TEE Conseguibili	3	335		
Riparazione perdite e altri interventi	34819	5223	-	-
Dispacciamento ottimale	-	-	-	-
Totale	60877	10423	-	-

ENERGIA TERMICA

Intervento	Risparmiabile	Equivalente monetario	Risparmiata	Equivalente monetario
	[Gcal/anno]	[€/anno]	[Gcal/anno]	[€/anno]
Recupero di calore	112	4179	-	-
Potenza Termica Equivalente [kW]		63		-

OSSERVAZIONI

E' possibile ottenere un risparmio riducendo le perdite di distribuzione.

L'efficienza di generazione può venire aumentata grazie al recupero termico.

Gli equivalenti monetari sono calcolati supponendo il costo dell'energia di 0,15 €/kWh e del gas di 0,4 €/kg .

*-Si è calcolato il risparmio conseguibile con la sostituzione del compressore ALLEGRO 80 con un compressore ad inverter di taglia adeguata.

** -Si è calcolato il risparmio conseguibile con la sostituzione del compressore ALLEGRO 80 con un compressore ad inverter di taglia adeguata.

AZIENDA 11

Settore merceologico	Concia
Numero di compressori	3
Numero compressori ad inverter	-
Potenza complessiva installata [kW]	196
Potenza compressori con inverter [kW]	-
Potenza compressori C/V [kW]	196



CARATTERISTICHE COMPONENTI SALA MACCHINE

Modello	CRA 100	CRA 150	SK 19
Marca	CECCATO	CECCATO	KAESER
Anno di fabbricazione	1997	1996	1995
Regolazione	C/V	C/V	ON/OFF
Pressione di esercizio [bar]	8	8	7
Potenza nominale [kW]	75	110	11
Se compressore C/V			
Potenza carico [kW]	75	110	-
Potenza vuoto [kW]	19	28	-
Tempo di carico [%]	70	70	-
Tempo a Vuoto [%]	30	30	-
Potenza media [kW/anno]	58	85	-
Se compressore V/V			
% di carico	Tempo [%]		
0-20 [%]	-	-	-
20-40 [%]	-	-	-
40-60 [%]	-	-	-
60-80 [%]	-	-	-
80-100 [%]	-	-	-
Potenza media [kW/anno]	-	-	-
Ore medie annue [h/anno]	2100	1300	4160
Consumo di Energia [kWh/anno]	122063	110825	45760
Costo energia [€/anno]	18309	16624	6864
TEE	No	No	No
TEE Conseguibili	-	-	-
Consumo energetico totale [kWh/anno]	278648		
Costo totale [€/anno]	41797		
Gestione	A cascata		

ENERGIA ELETTRICA

<i>Intervento</i>	<i>Risparmiabile</i>	<i>Equivalente monetario</i>	<i>Risparmiata</i>	<i>Equivalente monetario</i>
	[kWh/anno]	[€/anno]	[kWh/anno]	[€/anno]
<i>Utilizzo V/V*</i>	26541	3981	-	-
<i>TEE Conseguibili</i>	13	1315	-	-
<i>Riparazione perdite e altri interventi</i>	55730	8359	-	-
<i>Dispacciamento ottimale</i>	-	-	-	-
<i>Totale</i>	82283	18479	-	-

ENERGIA TERMICA

<i>Intervento</i>	<i>Risparmiabile</i>	<i>Equivalente monetario</i>	<i>Risparmiata</i>	<i>Equivalente monetario</i>
	[Gcal/anno]	[€/anno]	[Gcal/anno]	[€/anno]
<i>Recupero di calore</i>	180	6689	-	-
<i>Potenza Termica Equivalente [kW]</i>		50		-

OSSERVAZIONI

E' possibile ottenere un risparmio riducendo le perdite di distribuzione.

L'efficienza di generazione può venire aumentata grazie al recupero termico.

Gli equivalenti monetari sono calcolati supponendo il costo dell'energia di 0,15 €/kWh e del gas di 0,4 €/kg .

*-Il calcolo è eseguito sulla base della sostituzione con un compressore regolato in velocità di potenza 110kW.

AZIENDA 12

Settore merceologico	Mangimi, foraggi, integratori alimentari per il settore zootecnico
Numero di compressori	2
Numero compressori ad inverter	2
Potenza complessiva installata [kW]	220
Potenza compressori con inverter [kW]	220
Potenza compressori C/V [kW]	-



CARATTERISTICHE COMPONENTI SALA MACCHINE

Modello	RLR 150V7 AIR	RLR 150V7 AIR
Marca	WORTINGTON CREYSSENSAC	WORTINGTON CREYSSENSAC
Anno di fabbricazione	2014	2009
Regolazione	V/V	V/V
Pressione di esercizio [bar]	07.05	07.05
Potenza nominale [kW]	110	110
Se compressore C/V		
Potenza carico [kW]	-	-
Potenza vuoto [kW]	-	-
Tempo di carico [%]	-	-
Tempo a Vuoto [%]	-	-
Potenza media [kW/anno]	-	-
Se compressore V/V		
% di carico	Tempo [%]	
0-20 [%]	4	-
20-40 [%]	14	-
40-60 [%]	34	-
60-80 [%]	42	-
80-100 [%]	6	-
Potenza media [kW/anno]	62	55
Ore medie annue [h/anno]	4160	250
Consumo di Energia [kWh/anno]	258086	13750
Costo energia [€/anno]	38713	2063
TEE	No	No
TEE Conseguibili	25	-
Consumo energetico totale [kWh/anno]	271836	
Costo totale [€/anno]	40775	
Gestione	A cascata	

ENERGIA ELETTRICA

Intervento	Risparmiabile	Equivalente monetario	Risparmiata	Equivalente monetario
	[kWh/anno]	[€/anno]	[kWh/anno]	[€/anno]
Utilizzo V/V	-	-	56272	8441
TEE Consequibili	-	-	25	2500
Riparazione perdite e altri interventi	54367	8155	-	-
Dispacciamento ottimale	-	-	-	-
Totale	54367	8155	56297	10941

ENERGIA TERMICA

Intervento	Risparmiabile	Equivalente monetario	Risparmiata	Equivalente monetario
	[Gcal/anno]	[€/anno]	[Gcal/anno]	[€/anno]
Recupero di calore	175	6525	-	-
Potenza Termica Equivalente [kW]		49		-

OSSERVAZIONI

E' possibile ottenere un risparmio riducendo le perdite di distribuzione.

L'efficienza di generazione può venire aumentata grazie al recupero termico.

Si possono conseguire titoli di efficienza energetica (valore TEE 100€/titolo).

Gli equivalenti monetari sono calcolati supponendo il costo dell'energia di 0,15 €/kWh e del gas di 0,4 €/kg .

AZIENDA 13

Settore merceologico	Lavorazione del ferro
Numero di compressori	3
Numero compressori ad inverter	-
Potenza complessiva installata [kW]	91
Potenza compressori con inverter [kW]	-
Potenza compressori C/V [kW]	91


CARATTERISTICHE COMPONENTI SALA MACCHINE

Modello	RL 40	CSC 40	CSA 15
Marca	CECCATO	CECCATO	CECCATO
Anno di fabbricazione	1999	2008	2004
Regolazione	C/V	C/V	ON/OFF
Pressione di esercizio [bar]	9,2	8,6	8
Potenza nominale [kW]	50	30	11
<i>Se compressore C/V</i>			
Potenza carico [kW]	50	30	-
Potenza vuoto [kW]	13	8	-
Tempo di carico [%]	70	70	-
Tempo a Vuoto [%]	30	30	-
Potenza media [kW/anno]	39	23	11
<i>Se compressore V/V</i>			
% di carico	Tempo [%]		
0-20 [%]	-	-	-
20-40 [%]	-	-	-
40-60 [%]	-	-	-
60-80 [%]	-	-	-
80-100 [%]	-	-	-
Potenza media [kW/anno]	-	-	-
Ore medie annue [h/anno]	3120	1300	1000
Consumo di Energia [kWh/anno]	120900	30225	11000
Costo energia [€/anno]	18135	4534	1650
TEE	No	No	No
TEE Conseguibili	-	-	-
Consumo energetico totale [kWh/anno]	162125		
Costo totale [€/anno]	24319		
Gestione	A Cascata/Manuale		

ENERGIA ELETTRICA

Intervento	Risparmiabile	Equivalente monetario	Risparmiata	Equivalente monetario
	[kWh/anno]	[€/anno]	[kWh/anno]	[€/anno]
Utilizzo V/V*	27144	4072	-	-
TEE Conseguibili	13	1300	-	-
Riparazione perdite e altri interventi	32425	4864	-	-
Dispacciamento ottimale	-	-	-	-
Totale	59582	10235	-	-

ENERGIA TERMICA

Intervento	Risparmiabile	Equivalente monetario	Risparmiata	Equivalente monetario
	[Gcal/anno]	[€/anno]	[Gcal/anno]	[€/anno]
Recupero di calore	105	3892	-	-
Potenza Termica Equivalente [kW]		39		-

OSSERVAZIONI

E' possibile ottenere un risparmio riducendo le perdite di distribuzione.

L'efficienza di generazione può venire aumentata grazie al recupero termico.

Gli equivalenti monetari sono calcolati supponendo il costo dell'energia di 0,15 €/kWh e del gas di 0,4 €/kg .

*-Si è calcolato il risparmio sulla base di un compressore da 75kW regolato in velocità.

AZIENDA 14

Settore merceologico	Produzione di utensili pneumatici
Numero di compressori	2
Numero compressori ad inverter	-
Potenza complessiva installata [kW]	110
Potenza compressori con inverter [kW]	-
Potenza compressori C/V [kW]	110



CARATTERISTICHE COMPONENTI SALA MACCHINE

Modello	DRA 75 B	DRA 75 B
Marca	CECCATO	CECCATO
Anno di fabbricazione	2001	2001
Regolazione	C/V	C/V
Pressione di esercizio [bar]	7	7
Potenza nominale [kW]	55	55
Se compressore C/V		
Potenza carico [kW]	55	55
Potenza vuoto [kW]	13,75	13,75
Tempo di carico [%]	70	70
Tempo a Vuoto [%]	30	30
Potenza media [kW/anno]	42,6	42,6
Se compressore V/V		
% di carico	Tempo [%]	
0-20 [%]	-	-
20-40 [%]	-	-
40-60 [%]	-	-
60-80 [%]	-	-
80-100 [%]	-	-
Potenza media [kW/anno]	-	-
Ore medie annue [h/anno]	1100	1100
Consumo di Energia [kWh/anno]	46888	46888
Costo energia [€/anno]	7033	7033
TEE	No	No
TEE Conseguibili	-	-
Consumo energetico totale [kWh/anno]	93775	
Costo totale [€/anno]	14066	
Gestione	Manuale	

ENERGIA ELETTRICA

Intervento	Risparmiabile	Equivalente monetario	Risparmiata	Equivalente monetario
	[kWh/anno]	[€/anno]	[kWh/anno]	[€/anno]
Utilizzo V/V*	18270	2741	-	-
TEE Conseguibili	9	900	-	-
Riparazione perdite e altri interventi	18755	2813	-	-
Dispacciamento ottimale	-	-	-	-
Totale	37034	6454	-	-

ENERGIA TERMICA

Intervento	Risparmiabile	Equivalente monetario	Risparmiata	Equivalente monetario
	[Gcal/anno]	[€/anno]	[Gcal/anno]	[€/anno]
Recupero di calore	60	2251	-	-
Potenza Termica Equivalente [kW]		32		-

OSSERVAZIONI

E' possibile ottenere un risparmio riducendo le perdite di distribuzione.

L'efficienza di generazione può venire aumentata grazie al recupero termico.

Gli equivalenti monetari sono calcolati supponendo il costo dell'energia di 0,15 €/kWh e del gas di 0,4 €/kg .

*-Si è calcolato il risparmio sulla base dell'introduzione di un compressore regolato in velocità variabile di 75kW.

AZIENDA 15

Settore merceologico	Batterie d'avviamento ,avvisatori acustici, antenne e batterie industriali
Numero di compressori	3
Numero compressori ad inverter	1
Potenza complessiva installata [kW]	486
Potenza compressori con inverter [kW]	166
Potenza compressori C/V [kW]	320


CARATTERISTICHE COMPONENTI SALA MACCHINE

Modello	RLR 220A7	RLR 220G7	RLR 240V
Marca	WORTHINGTON CREYSSENSAC	WORTHINGTON CREYSSENSAC	WORTHINGTON CREYSSENSAC
Anno di fabbricazione	2006	2006	2013
Regolazione	C/V	C/V	V/V
Pressione di esercizio [bar]	7	7	7
Potenza nominale [kW]	160	160	165,6
<i>Se compressore C/V</i>			
Potenza carico [kW]	160	160	-
Potenza vuoto [kW]	40	40	-
Tempo di carico [%]	94	97	-
Tempo a Vuoto [%]	6	3	-
Potenza media [kW/anno]	153	156	-
<i>Se compressore V/V</i>			
% di carico	<i>Tempo [%]</i>		
0-20 [%]	-	-	0
20-40 [%]	-	-	9
40-60 [%]	-	-	11
60-80 [%]	-	-	50
80-100 [%]	-	-	30
Potenza media [kW/anno]	-	-	116,3
Ore medie annue [h/anno]	1100	1100	6240
Consumo di Energia [kWh/anno]	25212	25806	108811
Costo energia [€/anno]	No	No	No
TEE	-	-	-
TEE Conseguibili	1065527		
Consumo energetico totale [kWh/anno]	159829		
Costo totale [€/anno]	25212		
Gestione	A Cascata/Manuale		

ENERGIA ELETTRICA

<i>Intervento</i>	<i>Risparmiabile</i>	<i>Equivalente monetario</i>	<i>Risparmiata</i>	<i>Equivalente monetario</i>
	<i>[kWh/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>	<i>[kWh/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>
<i>Utilizzo V/V</i>	-	-	-	-
<i>TEE Conseguibili</i>	-	-	-	-
<i>Riparazione perdite e altri interventi</i>	137472	20600	-	-
<i>Dispacciamento ottimale</i>	-	-	-	-
<i>Totale</i>	137472	20600	-	-

ENERGIA TERMICA

<i>Intervento</i>	<i>Risparmiabile</i>	<i>Equivalente monetario</i>	<i>Risparmiata</i>	<i>Equivalente monetario</i>
	<i>[Gcal/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>	<i>[Gcal/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>
<i>Recupero di calore</i>	216	8000	-	-
<i>Potenza Termica Equivalente [kW]</i>	-	-	-	-

OSSERVAZIONI

E' possibile ottenere un risparmio riducendo le perdite di distribuzione.

L'efficienza di generazione può venire aumentata grazie al recupero termico.

Gli equivalenti monetari sono calcolati supponendo il costo dell'energia di 0,15 €/kWh e del gas di 0,4 €/kg .

AZIENDA 16

Settore merceologico	Produzione di articoli in carta
Numero di compressori	1
Numero compressori ad inverter	1
Potenza complessiva installata [kW]	37
Potenza compressori con inverter [kW]	37
Potenza compressori C/V [kW]	-



CARATTERISTICHE COMPONENTI SALA MACCHINE

Modello	R37ne
Marca	INGERSOLL-RAND
Anno di fabbricazione	-
Regolazione	V/V
Pressione di esercizio [bar]	7
Potenza nominale [kW]	37
Se compressore C/V	
Potenza carico [kW]	-
Potenza vuoto [kW]	-
Tempo di carico [%]	-
Tempo a Vuoto [%]	-
Potenza media [kW/anno]	-
Se compressore V/V	
% di carico	Tempo [%]
0-20 [%]	-
20-40 [%]	-
40-60 [%]	-
60-80 [%]	-
80-100 [%]	-
Potenza media [kW/anno]	19
Ore medie annue [h/anno]	2100
Consumo di Energia [kWh/anno]	38850
Costo energia [€/anno]	5828
TEE	No
TEE Conseguibili	-
Consumo energetico totale [kWh/anno]	38850
Costo totale [€/anno]	5828
Gestione	-

ENERGIA ELETTRICA

<i>Intervento</i>	<i>Risparmiabile</i>	<i>Equivalente monetario</i>	<i>Risparmiata</i>	<i>Equivalente monetario</i>
	<i>[kWh/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>	<i>[kWh/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>
<i>Utilizzo V/V</i>	-	-	9013	1352
<i>TEE Consequibili</i>	-	-	-	-
<i>Riparazione perdite e altri interventi</i>	7770	1166	-	-
<i>Dispacciamento ottimale</i>	-	-	-	-
<i>Totale</i>	7770	1166	9013	1352

ENERGIA TERMICA

<i>Intervento</i>	<i>Risparmiabile</i>	<i>Equivalente monetario</i>	<i>Risparmiata</i>	<i>Equivalente monetario</i>
	<i>[Gcal/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>	<i>[Gcal/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>
<i>Recupero di calore</i>	-	-	25	933
<i>Potenza Termica Equivalente [kW]</i>		-		14

OSSERVAZIONI

E' possibile ottenere un risparmio riducendo le perdite di distribuzione.

Gli equivalenti monetari sono calcolati supponendo il costo dell'energia di 0,15 €/kWh e del gas di 0,4 €/kg .

AZIENDA 17

Settore merceologico	Cavi e spine
Numero di compressori	1
Numero compressori ad inverter	1
Potenza complessiva installata [kW]	30
Potenza compressori con inverter [kW]	30
Potenza compressori C/V [kW]	-

**CARATTERISTICHE COMPONENTI SALA MACCHINE**

Modello	DRD 40 IVR G7
Marca	CECCATO
Anno di fabbricazione	2006
Regolazione	V/V
Pressione di esercizio [bar]	7
Potenza nominale [kW]	37
Se compressore C/V	
Potenza carico [kW]	-
Potenza vuoto [kW]	-
Tempo di carico [%]	-
Tempo a Vuoto [%]	-
Potenza media [kW/anno]	-
Se compressore V/V	
% di carico	Tempo [%]
0-20 [%]	1
20-40 [%]	78
40-60 [%]	19
60-80 [%]	2
80-100 [%]	0
Potenza media [kW/anno]	13
Ore medie annue [h/anno]	3120
Consumo di Energia [kWh/anno]	39711
Costo energia [€/anno]	5957
TEE	No
TEE Conseguibili	-
Consumo energetico totale [kWh/anno]	39711
Costo totale [€/anno]	5957

Gestione

ENERGIA ELETTRICA

<i>Intervento</i>	<i>Risparmiabile</i>	<i>Equivalente monetario</i>	<i>Risparmiata</i>	<i>Equivalente monetario</i>
	<i>[kWh/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>	<i>[kWh/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>
<i>Utilizzo V/V</i>	-	-	13391	2009
<i>TEE Consequibili</i>	-	-	-	-
<i>Riparazione perdite e altri interventi</i>	7942	1191	-	-
<i>Dispacciamento ottimale</i>	-	-	-	-
<i>Totale</i>	7942	1191	13391	2009

ENERGIA TERMICA

<i>Intervento</i>	<i>Risparmiabile</i>	<i>Equivalente monetario</i>	<i>Risparmiata</i>	<i>Equivalente monetario</i>
	<i>[Gcal/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>	<i>[Gcal/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>
<i>Recupero di calore</i>	26	953	-	-
<i>Potenza Termica Equivalente [kW]</i>		10		-

OSSERVAZIONI

E' possibile ottenere un risparmio riducendo le perdite di distribuzione.

L'efficienza di generazione può venire aumentata grazie al recupero termico.

Gli equivalenti monetari sono calcolati supponendo il costo dell'energia di 0,15 €/kWh e del gas di 0,4 €/kg .

AZIENDA 18

Settore merceologico	Lavorazioni meccaniche di precisione per l'industria navale, energetica, siderurgica, oil & gas e per il settore dello stampaggio e dell'estrusione	
Numero di compressori	2	
Numero compressori ad inverter	-	
Potenza complessiva installata [kW]	52	
Potenza compressori con inverter [kW]	-	
Potenza compressori C/V [kW]	52	
CARATTERISTICHE COMPONENTI SALA MACCHINE		
Modello	CSB 30	CSC 40
Marca	CECCATO	CECCATO
Anno di fabbricazione	2011	2007
Regolazione	C/V	C/V
Pressione di esercizio [bar]	9,7	9,4
Potenza nominale [kW]	22	30
Se compressore C/V		
Potenza carico [kW]	22	30
Potenza vuoto [kW]	5,5	7,5
Tempo di carico [%]	90	70
Tempo a Vuoto [%]	10	30
Potenza media [kW/anno]	20,4	23,3
Se compressore V/V		
% di carico	Tempo [%]	
0-20 [%]	-	-
20-40 [%]	-	-
40-60 [%]	-	-
60-80 [%]	-	-
80-100 [%]	-	-
Potenza media [kW/anno]	-	-
Ore medie annue [h/anno]	4160	4160
Consumo di Energia [kWh/anno]	84656	96720
Costo energia [€/anno]	12698	14508
TEE	No	No
TEE Conseguibili	-	-
Consumo energetico totale [kWh/anno]	181376	
Costo totale [€/anno]	27206	
Gestione	A cascata	

ENERGIA ELETTRICA

Intervento	Risparmiabile	Equivalente monetario	Risparmiata	Equivalente monetario
	[kWh/anno]	[€/anno]	[kWh/anno]	[€/anno]
Utilizzo V/V*	25520	3828	-	-
TEE Conseguibili	13	1300	-	-
Riparazione perdite e altri interventi	36275	5441	-	-
Dispacciamento ottimale	-	-	-	-
Totale	61808	10569	-	-

ENERGIA TERMICA

Intervento	Risparmiabile	Equivalente monetario	Risparmiata	Equivalente monetario
	[Gcal/anno]	[€/anno]	[Gcal/anno]	[€/anno]
Recupero di calore	117	4354	-	-
Potenza Termica Equivalente [kW]		33		-

OSSERVAZIONI

E' possibile ottenere un risparmio riducendo le perdite di distribuzione.

L'efficienza di generazione può venire aumentata grazie al recupero termico.

Gli equivalenti monetari sono calcolati supponendo il costo dell'energia di 0,15 €/kWh e del gas di 0,4 €/kg .

*- Il calcolo è stato eseguito sulla base di un compressore regolato in velocità da 55kW.

AZIENDA 19

Settore merceologico	Produzione di semilavorati in argento
Numero di compressori	1
Numero compressori ad inverter	1
Potenza complessiva installata [kW]	45
Potenza compressori con inverter [kW]	45
Potenza compressori C/V [kW]	0



CARATTERISTICHE COMPONENTI SALA MACCHINE

Modello	GA 45 VSD
Marca	ATLAS COPCO
Anno di fabbricazione	2010
Regolazione	V/V
Pressione di esercizio [bar]	8,5
Potenza nominale [kW]	45
Se compressore C/V	
Potenza carico [kW]	-
Potenza vuoto [kW]	-
Tempo di carico [%]	-
Tempo a Vuoto [%]	-
Potenza media [kW/anno]	-
Se compressore V/V	
% di carico	Tempo [%]
0-20 [%]	2
20-40 [%]	74
40-60 [%]	10
60-80 [%]	5
80-100 [%]	9
Potenza media [kW/anno]	18
Ore medie annue [h/anno]	3120
Consumo di Energia [kWh/anno]	54756
Costo energia [€/anno]	8213
TEE	No
TEE Conseguibili	-
Consumo energetico totale [kWh/anno]	54756
Costo totale [€/anno]	8213
Gestione	-

ENERGIA ELETTRICA

<i>Intervento</i>	<i>Risparmiabile</i>	<i>Equivalente monetario</i>	<i>Risparmiata</i>	<i>Equivalente monetario</i>
	<i>[kWh/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>	<i>[kWh/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>
<i>Utilizzo V/V</i>	-	-	16286	2443
<i>TEE Conseguibili</i>	-	-	-	-
<i>Riparazione perdite e altri interventi</i>	10951	1643	-	-
<i>Dispacciamento ottimale</i>	-	-	-	-
<i>Totale</i>	10951	1643	16286	2443

ENERGIA TERMICA

<i>Intervento</i>	<i>Risparmiabile</i>	<i>Equivalente monetario</i>	<i>Risparmiata</i>	<i>Equivalente monetario</i>
	<i>[Gcal/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>	<i>[Gcal/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>
<i>Recupero di calore</i>	35	1314	-	-
<i>Potenza Termica Equivalente [kW]</i>		13		-

OSSERVAZIONI

E' possibile ottenere un risparmio riducendo le perdite di distribuzione.

L'efficienza di generazione può venire aumentata grazie al recupero termico.

Gli equivalenti monetari sono calcolati supponendo il costo dell'energia di 0,15 €/kWh e del gas di 0,4 €/kg .

AZIENDA 20

Settore merceologico	Cavi elettrici
Numero di compressori	2
Numero compressori ad inverter	1
Potenza complessiva installata [kW]	82
Potenza compressori con inverter [kW]	55
Potenza compressori C/V [kW]	27



CARATTERISTICHE COMPONENTI SALA MACCHINE

Modello	CSD 105	CDC RL37
Marca	KAESER	CECCATO
Anno di fabbricazione	-	-
Regolazione	V/V	C/V
Pressione di esercizio [bar]	8	8
Potenza nominale [kW]	55	27
Se compressore C/V		
Potenza carico [kW]	-	27
Potenza vuoto [kW]	-	6,75
Tempo di carico [%]	-	94
Tempo a Vuoto [%]	-	6
Potenza media [kW/anno]	-	25,8
Se compressore V/V		
% di carico	Tempo [%]	
0-20 [%]	-	-
20-40 [%]	-	-
40-60 [%]	-	-
60-80 [%]	-	-
80-100 [%]	-	-
Potenza media [kW/anno]	28	-
Ore medie annue [h/anno]	3120	2100
Consumo di Energia [kWh/anno]	85800	52149
Costo energia [€/anno]	12870	8122
TEE	No	No
TEE Conseguibili	-	-
Consumo energetico totale [kWh/anno]	139949	
Costo totale [€/anno]	20992	
Gestione	A Cascata	

ENERGIA ELETTRICA

<i>Intervento</i>	Risparmiabile	<i>Equivalente monetario</i>	Risparmiata	<i>Equivalente monetario</i>
	[kWh/anno]	[€/anno]	[kWh/anno]	[€/anno]
<i>Utilizzo V/V</i>	-	-	19906	2986
<i>TEE Conseguibili</i>	-	-	-	-
<i>Riparazione perdite e altri interventi</i>	27990	4198	-	-
<i>Dispacciamento ottimale</i>	-	-	-	-
Totale	27990	4198	19906	2986

ENERGIA TERMICA

<i>Intervento</i>	Risparmiabile	<i>Equivalente monetario</i>	Risparmiata	<i>Equivalente monetario</i>
	[Gcal/anno]	[€/anno]	[Gcal/anno]	[€/anno]
<i>Recupero di calore</i>	72	2679	-	-
<i>Potenza Termica Equivalente [kW]</i>		27		-

OSSERVAZIONI

E' possibile ottenere un risparmio riducendo le perdite di distribuzione.

L'efficienza di generazione può venire aumentata grazie al recupero termico.

Gli equivalenti monetari sono calcolati supponendo il costo dell'energia di 0,15 €/kWh e del gas di 0,4 €/kg .

AZIENDA 21

Settore merceologico	Alimentare
Numero di compressori	5
Numero compressori ad inverter	-
Potenza complessiva installata [kW]	351
Potenza compressori con inverter [kW]	-
Potenza compressori C/V [kW]	351


CARATTERISTICHE COMPONENTI SALA MACCHINE

Modello	CS 120	CS 120	CS 120	DS 200	-
Marca	KAESER	KAESER	KAESER	KAESER	-
Anno di fabbricazione	-	-	-	-	-
Regolazione	C/V	C/V	C/V	C/V	C/V
Pressione di esercizio [bar]	7	7	7	7	7
Potenza nominale [kW]	75	75	75	110	16
Se compressore C/V					
Potenza carico [kW]	75	75	75	110	16
Potenza vuoto [kW]	23	23	23	34	5
Tempo di carico [%]	70	70	70	70	70
Tempo a Vuoto [%]	30	30	30	30	30
Potenza media [kW/anno]	60	60	60	87	13
Se compressore V/V					
% di carico	Tempo [%]				
0-20 [%]	-	-	-	-	-
20-40 [%]	-	-	-	-	-
40-60 [%]	-	-	-	-	-
60-80 [%]	-	-	-	-	-
80-100 [%]	-	-	-	-	-
Potenza media [kW/anno]	-	-	-	-	-
Ore medie annue [h/anno]	3200	3200	60	3200	3200
Consumo di Energia [kWh/anno]	192000	192000	3600	278400	41600
Costo energia [€/anno]	28800	28800	540	41760	6200
TEE	no	no	no	no	no
TEE Conseguibili	-	-	-	-	-
Consumo energetico totale [kWh/anno]	707600				
Costo totale [€/anno]	106140				
Gestione	A Cascata				

ENERGIA ELETTRICA

Intervento	Risparmiabile	Equivalente monetario	Risparmiata	Equivalente monetario
	[kWh/anno]	[€/anno]	[kWh/anno]	[€/anno]
Utilizzo V/V*	85840	12876	-	-
TEE Conseguibili	43	4300	-	-
Riparazione perdite e altri interventi	106140	15921	-	-
Totale	191980	33097	-	-

ENERGIA TERMICA

Intervento	Risparmiabile	Equivalente monetario	Risparmiata	Equivalente monetario
	[Gcal/anno]	[€/anno]	[Gcal/anno]	[€/anno]
Recupero di calore	687	25578	-	-
Potenza Termica Equivalente [kW]		128		-

OSSERVAZIONI

E' possibile ottenere un risparmio riducendo le perdite di distribuzione.

L'efficienza di generazione può venire aumentata grazie al recupero termico.

Gli equivalenti monetari sono calcolati supponendo il costo dell'energia di 0,15 €/kWh e del gas di 0,4 €/kg .

*-Il calcolo è stato eseguito sulla base di un compressore regolato in velocità di potenza superiore a 110kW combinato tramite sistema centralizzato alle unità in C/V.

AZIENDA 22

<i>Settore merceologico</i>	Concessionario
<i>Numero di compressori</i>	1
<i>Numero compressori ad inverter</i>	-
<i>Potenza complessiva installata [kW]</i>	12
<i>Potenza compressori con inverter [kW]</i>	-
<i>Potenza compressori C/V [kW]</i>	12


CARATTERISTICHE COMPONENTI SALA MACCHINE

<i>Modello</i>	AIRBLOK 15
<i>Marca</i>	-
<i>Anno di fabbricazione</i>	-
<i>Regolazione</i>	ON/OFF
<i>Pressione di esercizio [bar]</i>	8
<i>Potenza nominale [kW]</i>	12
<i>Se compressore C/V</i>	
<i>Potenza carico [kW]</i>	-
<i>Potenza vuoto [kW]</i>	-
<i>Tempo di carico [%]</i>	-
<i>Tempo a Vuoto [%]</i>	-
<i>Potenza media [kW/anno]</i>	-
<i>Se compressore V/V</i>	
<i>% di carico</i>	<i>Tempo [%]</i>
0-20 [%]	-
20-40 [%]	-
40-60 [%]	-
60-80 [%]	-
80-100 [%]	-
<i>Potenza media [kW/anno]</i>	-
<i>Ore medie annue [h/anno]</i>	1300
<i>Consumo di Energia [kWh/anno]</i>	15600
<i>Costo energia [€/anno]</i>	2340
<i>TEE</i>	No
<i>TEE Conseguibili</i>	-
<i>Consumo energetico totale [kWh/anno]</i>	15600
<i>Costo totale [€/anno]</i>	2340
<i>Gestione</i>	-

ENERGIA ELETTRICA

<i>Intervento</i>	<i>Risparmiabile</i>	<i>Equivalente monetario</i>	<i>Risparmiata</i>	<i>Equivalente monetario</i>
	<i>[kWh/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>	<i>[kWh/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>
<i>Utilizzo V/V</i>	-	-	-	-
<i>TEE Consequibili</i>	-	-	-	-
<i>Riparazione perdite e altri interventi</i>	3120	468	-	-
<i>Dispacciamento ottimale</i>	-	-	-	-
<i>Totale</i>	-	-	-	-

ENERGIA TERMICA

<i>Intervento</i>	<i>Risparmiabile</i>	<i>Equivalente monetario</i>	<i>Risparmiata</i>	<i>Equivalente monetario</i>
	<i>[Gcal/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>	<i>[Gcal/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>
<i>Recupero di calore</i>	-	-	-	-
<i>Potenza Termica Equivalente [kW]</i>		-		-

OSSERVAZIONI

E' possibile ottenere un risparmio riducendo le perdite di distribuzione.

Gli equivalenti monetari sono calcolati supponendo il costo dell'energia di 0,15 €/kWh e del gas di 0,4 €/kg .

AZIENDA 23

Settore merceologico	Floccatura
Numero di compressori	3
Numero compressori ad inverter	1
Potenza complessiva installata [kW]	354
Potenza compressori con inverter [kW]	90
Potenza compressori C/V [kW]	264


CARATTERISTICHE COMPONENTI SALA MACCHINE

Modello	ALUP LARGO 132	MARK RMF 132	MARK RME 90 IVR
Marca	-	-	-
Anno di fabbricazione	-	-	-
Regolazione	C/V	C/V	V/V
Pressione di esercizio [bar]	7	7	7
Potenza nominale [kW]	132	132	90
<i>Se compressore C/V</i>			
Potenza carico [kW]	160	160	-
Potenza vuoto [kW]	40	40	-
Tempo di carico [%]	94	10	-
Tempo a Vuoto [%]	6	90	-
Potenza media [kW/anno]	153	52	-
<i>Se compressore V/V</i>			
% di carico	<i>Tempo [%]</i>		
0-20 [%]	-	-	6
20-40 [%]	-	-	16
40-60 [%]	-	-	33
60-80 [%]	-	-	44
80-100 [%]	-	-	2
Potenza media [kW/anno]	-	-	49,1
Ore medie annue [h/anno]	4200	80	4200
Consumo di Energia [kWh/anno]	641760	4160	206010
Costo energia [€/anno]	96264	624	30902
TEE	No	No	No
TEE Conseguibili	-	-	-
Consumo energetico totale [kWh/anno]	851930		
Costo totale [€/anno]	127790		
Gestione	-		

ENERGIA ELETTRICA

<i>Intervento</i>	<i>Risparmiabile</i>	<i>Equivalente monetario</i>	<i>Risparmiata</i>	<i>Equivalente monetario</i>
	<i>[kWh/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>	<i>[kWh/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>
<i>Utilizzo V/V</i>	-	-	43848	6577
<i>TEE Consequibili</i>	-	-	-	-
<i>Riparazione perdite e altri interventi</i>	170386	25558	-	-
<i>Dispacciamento ottimale</i>	-	-	-	-
<i>Totale</i>	170386	25558	43848	6577

ENERGIA TERMICA

<i>Intervento</i>	<i>Risparmiabile</i>	<i>Equivalente monetario</i>	<i>Risparmiata</i>	<i>Equivalente monetario</i>
	<i>[Gcal/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>	<i>[Gcal/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>
<i>Recupero di calore</i>	549	20450	0	0
<i>Potenza Termica Equivalente [kW]</i>		152		0

OSSERVAZIONI

E' possibile ottenere un risparmio riducendo le perdite di distribuzione.

L'efficienza di generazione può venire aumentata grazie al recupero termico.

Gli equivalenti monetari sono calcolati supponendo il costo dell'energia di 0,15 €/kWh e del gas di 0,4 €/kg .

AZIENDA 24

Settore merceologico	Lavorazione argento
Numero di compressori	1
Numero compressori ad inverter	0
Potenza complessiva installata [kW]	45
Potenza compressori con inverter [kW]	0
Potenza compressori C/V [kW]	45



CARATTERISTICHE COMPONENTI SALA MACCHINE

Modello	GA 45
Marca	ATLAS COPCO
Anno di fabbricazione	-
Regolazione	C/V
Pressione di esercizio [bar]	8
Potenza nominale [kW]	45
Se compressore C/V	
Potenza carico [kW]	45
Potenza vuoto [kW]	11,25
Tempo di carico [%]	70
Tempo a Vuoto [%]	30
Potenza media [kW/anno]	34,875
Se compressore V/V	
% di carico	Tempo [%]
0-20 [%]	-
20-40 [%]	-
40-60 [%]	-
60-80 [%]	-
80-100 [%]	-
Potenza media [kW/anno]	-
Ore medie annue [h/anno]	3120
Consumo di Energia [kWh/anno]	108810
Costo energia [€/anno]	16322
TEE	No
TEE Conseguibili	-
Consumo energetico totale [kWh/anno]	108810
Costo totale [€/anno]	16322
Gestione	

ENERGIA ELETTRICA

<i>Intervento</i>	<i>Risparmiabile</i>	<i>Equivalente monetario</i>	<i>Risparmiata</i>	<i>Equivalente monetario</i>
	<i>[kWh/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>	<i>[kWh/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>
<i>Utilizzo V/V</i>	19906	2986	-	-
<i>TEE Consequibili</i>	10	1000	-	-
<i>Riparazione perdite e altri interventi</i>	21762	3264	-	-
<i>Dispacciamento ottimale</i>	-	-	-	-
<i>Totale</i>	41677	7250	-	-

ENERGIA TERMICA

<i>Intervento</i>	<i>Risparmiabile</i>	<i>Equivalente monetario</i>	<i>Risparmiata</i>	<i>Equivalente monetario</i>
	<i>[Gcal/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>	<i>[Gcal/anno]</i>	<i>[€/anno]</i>
<i>Recupero di calore</i>	70	2612	-	-
<i>Potenza Termica Equivalente [kW]</i>		26		-

OSSERVAZIONI

E' possibile ottenere un risparmio riducendo le perdite di distribuzione.

L'efficienza di generazione può venire aumentata grazie al recupero termico.

Gli equivalenti monetari sono calcolati supponendo il costo dell'energia di 0,15 €/kWh e del gas di 0,4 €/kg .

AZIENDA 25

<i>Settore merceologico</i>	Lavorazione del legno
<i>Numero di compressori</i>	1
<i>Numero compressori ad inverter</i>	1
<i>Potenza complessiva installata [kW]</i>	75
<i>Potenza compressori con inverter [kW]</i>	75
<i>Potenza compressori C/V [kW]</i>	-


CARATTERISTICHE COMPONENTI SALA MACCHINE

<i>Modello</i>	GA 75
<i>Marca</i>	ATLAS COPCO
<i>Anno di fabbricazione</i>	2010
<i>Regolazione</i>	C/V
<i>Pressione di esercizio [bar]</i>	8,5
<i>Potenza nominale [kW]</i>	75
<i>Se compressore C/V</i>	
<i>Potenza carico [kW]</i>	-
<i>Potenza vuoto [kW]</i>	-
<i>Tempo di carico [%]</i>	-
<i>Tempo a Vuoto [%]</i>	-
<i>Potenza media [kW/anno]</i>	-
<i>Se compressore V/V</i>	
<i>% di carico</i>	<i>Tempo [%]</i>
0-20 [%]	1
20-40 [%]	81
40-60 [%]	18
60-80 [%]	0
80-100 [%]	0
<i>Potenza media [kW/anno]</i>	25
<i>Ore medie annue [h/anno]</i>	3120
<i>Consumo di Energia [kWh/anno]</i>	78156
<i>Costo energia [€/anno]</i>	11723
<i>TEE</i>	No
<i>TEE Conseguibili</i>	-
<i>Consumo energetico totale [kWh/anno]</i>	78156
<i>Costo totale [€/anno]</i>	11723
<i>Gestione</i>	

ENERGIA ELETTRICA

Intervento	Risparmiabile	Equivalente monetario	Risparmiata	Equivalente monetario
	[kWh/anno]	[€/anno]	[kWh/anno]	[€/anno]
Utilizzo V/V	-	-	27144	4072
TEE Conseguibili	-	-	-	-
Riparazione perdite e altri interventi	15631	2345	-	-
Dispacciamento ottimale	-	-	-	-
Totale	15631	2345	27144	4072

ENERGIA TERMICA

Intervento	Risparmiabile	Equivalente monetario	Risparmiata	Equivalente monetario
	[Gcal/anno]	[€/anno]	[Gcal/anno]	[€/anno]
Recupero di calore	50	1876	-	-
Potenza Termica Equivalente [kW]		19		-

OSSERVAZIONI

E' possibile ottenere un risparmio riducendo le perdite di distribuzione.

L'efficienza di generazione può venire aumentata grazie al recupero termico.

Gli equivalenti monetari sono calcolati supponendo il costo dell'energia di 0,15 €/kWh e del gas di 0,4 €/kg .

AZIENDA 26

Settore merceologico	Produzione di articoli in filo di acciaio
Numero di compressori	3
Numero compressori ad inverter	0
Potenza complessiva installata [kW]	110
Potenza compressori con inverter [kW]	0
Potenza compressori C/V [kW]	110


CARATTERISTICHE COMPONENTI SALA MACCHINE

Modello	ROLLAIR 75	ROLLAIR 40	ROLLAIR 40
Marca	WORTINGTON CREYSSENSAC	WORTINGTON CREYSSENSAC	WORTINGTON CREYSSENSAC
Anno di fabbricazione	2003	1997	1997
Regolazione	C/V	C/V	V/V
Pressione di esercizio [bar]	8	8	8
Potenza nominale [kW]	50	30	30
Se compressore C/V			
Potenza carico [kW]	50	30	30
Potenza vuoto [kW]	13	8	8
Tempo di carico [%]	70	70	70
Tempo a Vuoto [%]	30	30	30
Potenza media [kW/anno]	39	23	23
Se compressore V/V			
% di carico	Tempo [%]		
0-20 [%]	-	-	-
20-40 [%]	-	-	-
40-60 [%]	-	-	-
60-80 [%]	-	-	-
80-100 [%]	-	-	-
Potenza media [kW/anno]	-	-	-
Ore medie annue [h/anno]	3120	3120	0
Consumo di Energia [kWh/anno]	120900	72540	0
Costo energia [€/anno]	18135	10881	0
TEE	No	No	No
TEE Conseguibili	-	-	-
Consumo energetico totale [kWh/anno]	193440		
Costo totale [€/anno]	29016		
Gestione	Manuale		

ENERGIA ELETTRICA

Intervento	Risparmiabile	Equivalente monetario	Risparmiata	Equivalente monetario
	[kWh/anno]	[€/anno]	[kWh/anno]	[€/anno]
Utilizzo V/V*	32573	4886	-	-
TEE Conseguibili	16	1600	-	-
Riparazione perdite e altri interventi	38688	5803	-	-
Dispacciamento ottimale	-	-	-	-
Totale	71277	12289	0	0

ENERGIA TERMICA

Intervento	Risparmiabile	Equivalente monetario	Risparmiata	Equivalente monetario
	[Gcal/anno]	[€/anno]	[Gcal/anno]	[€/anno]
Recupero di calore	125	4643	-	-
Potenza Termica Equivalente [kW]		47		-

OSSERVAZIONI

E' possibile ottenere un risparmio riducendo le perdite di distribuzione.

L'efficienza di generazione può venire aumentata grazie al recupero termico.

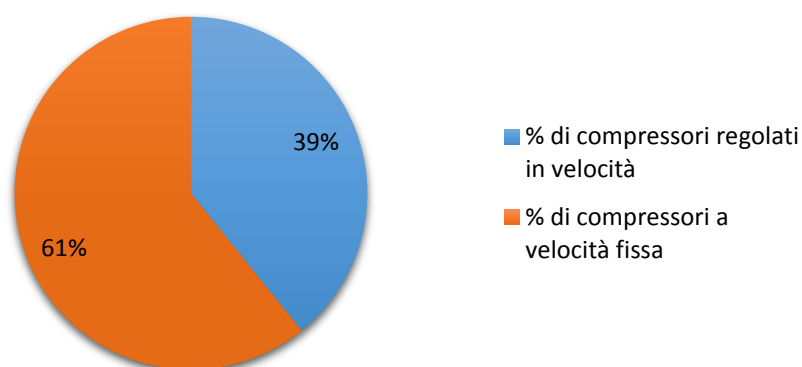
Gli equivalenti monetari sono calcolati supponendo il costo dell'energia di 0,15 €/kWh e del gas di 0,4 €/kg .

*-Il calcolo è stato eseguito sulla base di un compressore regolato in velocità da 75-90 kW.

CONCLUSIONI

Il progetto si è concluso con l'analisi di 26 aziende operanti nel territorio Veneto.

Il sistema industriale si è dimostrato molto attento alla tematica di risparmio energetico nella produzione di aria compressa con una percentuale di macchine regolate in velocità installate del 40% sul totale.



E' molto frequente l'utilizzo di macchine regolate in velocità di taglia attorno ai 40 kW e 90kW, coordinate da sistemi centralizzati, o di taglie pari o superiori ai 90 kW operanti singolarmente. Per quanto riguarda i compressori a velocità fissa, le piccole taglie sono percentualmente rilevanti perché utilizzate nei periodi di non produzione o in impianti isolati in modo da risparmiare energia, mentre le taglie più grosse, fino ai 132 kW, affrontano il carico di base.

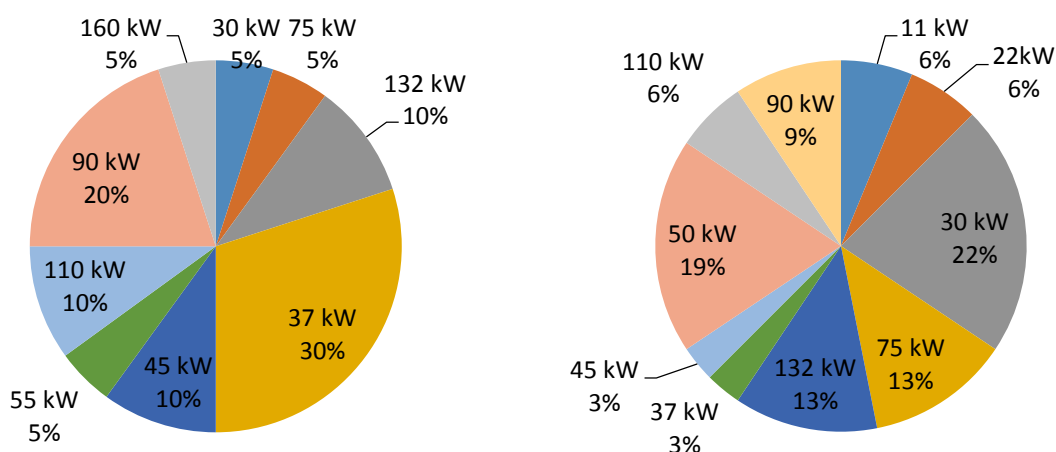


Figura 10 : distribuzione delle macchine regolate in velocità (a sinistra) e delle macchine a velocità fissa (a destra) secondo la potenza.

Nonostante l'elevata percentuale di macchine regolate in velocità e la costante attenzione, è possibile ridurre il fabbisogno di energia (5,474 GWh) del 23.4% .

La quota parte imputabile all'aumento dell'efficienza della sala compressori è del 5,6% . Il 17,8 % rimanente, lo rende disponibile la riduzione degli sprechi, soprattutto di quelli legati alle perdite nel sistema di distribuzione.

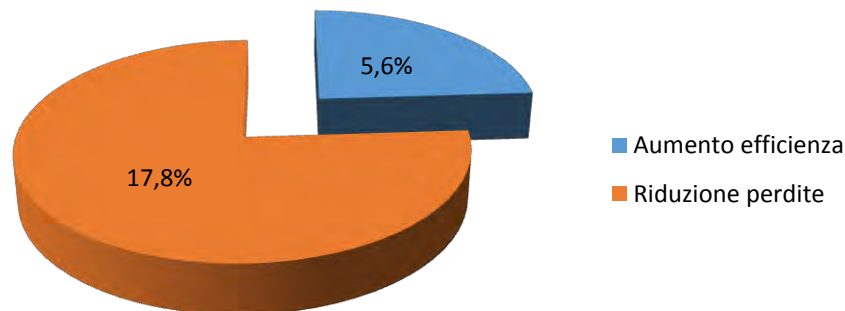


Figura 11: margine di miglioramento del consumo di energia nel territorio Veneto.

Mentre il beneficio apportato dai sistemi regolabili in velocità è ben compreso, manca la consapevolezza dell'importanza che gli sprechi d'aria rivestono nel panorama energetico ed economico. Il basso tempo di ritorno per gli interventi di riparazione rappresenterà un'importante leva nella riduzione del consumo.

APPENDICE A: I MOTORI ELETTRICI NELLA PRODUZIONE DI ARIA COMPRESSA

In passato sono state definite 3 classi di raggruppamento per i motori asincroni ad induzione trifase, con rotore a gabbia di scoiattolo e alimentazione a 400 V e 50 Hz, a 2 poli e 4 poli che si trovano tipicamente installati nei compressori industriali. Si distinguevano grazie a due curve che delimitavano il campo di appartenenza per i motori classificati come EFF1 per le alte efficienze, EFF2 per le medie ed EFF3 le basse.

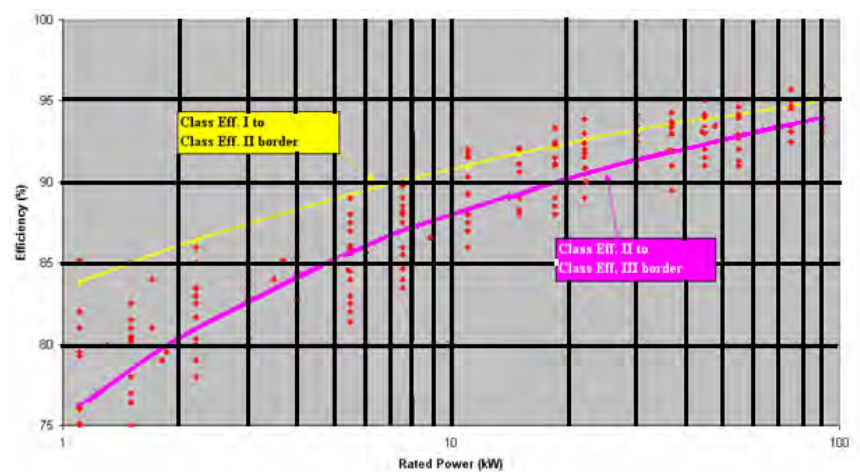


Figura 12: classificazione per motori a 4 poli ad induzione trifase e rotore a gabbia alimentato a 400 V e 50 Hz

Mediamente, rispetto ad un motore EFF3, un motore EFF2 riduce le perdite di un buon 20%, mentre un motore EFF1 le riduce del 40%. Ciò significa che un motore da 15 kW funzionante per 3000 h/a può risparmiare circa 1 MWh/annose di classe EFF2 (l'efficienza aumenta del 2-3%) o 4 MWh/a se di classe EFF1 (l'efficienza aumenta del 5%).

Attualmente è stato definito un nuovo standard IEC 60034-30 che ha modificato la precedente classificazione. Le novità introdotte sono state l'estensione della classificazione a motori con taglie di potenza che arrivano fino ai 375 kW e una nuova definizione delle classi che sono state rinominate con le sigle IE1, IE2 e IE3 partendo dalla IE1 che identifica i motori con le efficienze più basse per arrivare alla classe IE3 che identifica i motori più efficienti.

APPENDICE B: FATTORI DI EQUIVALENZA

Per quantificare il beneficio apportato da una maggiore efficienza occorre la conoscenza dei fattori di equivalenza, ovvero di quei valori che permettono di risalire nella filiera energetica .

Potenza specifica

Attraverso la conoscenza di tale fattore è possibile ottenere quanta potenza è necessaria per generare 1NI/min di aria compressa.

$$P_s = 6,5 \frac{W}{\frac{NI}{min}}$$

Fattore petrolio

Permette di ricavare quanti litri di petrolio occorrono per produrre 1 NI/min di aria compressa

$$(f = 0,254 \frac{l_{petrolio}}{kWh})$$

$$f_p = 1,651 * 10^{-3} \frac{l_{petrolio}}{\frac{NI}{min} h}$$

Fattore CO₂

Permette di ricavare quanta CO₂ è emessa dalla produzione per un'ora di 1 NI/min di aria compressa ($f = 0,702 \frac{kg_{CO_2}}{kWh}$)

$$f_{CO_2} = 0,00456 \frac{kg_{CO_2}}{\frac{NI}{min} h}$$

Fattore di Costo

Permette di ricavare quanto costa un litro normale (t = 0°C p = 1 atm) di aria compressa per un'ora di produzione:

$$f_c = 0,00065 \frac{€}{\frac{NI}{min} h}$$

Per ricavare quanto costa un m³ normale di aria compressa per un'ora di produzione basta moltiplicare tale fattore per 1000/60 ottenendo:

$$f_{c,m^3} = 0,01 \frac{€}{Nm^3}$$

BIBLIOGRAFIA

Atlas Copco, Manuale dell'aria compressa, Maggio 2000, Available at <http://www.atlascopco.com>.

Kaeser compressori, Tecnica pneumatica, Available at <http://www.kaeser.com> .

I quaderni dell'aria compressa, N° 8-9-10 del 2014, N°5-7-11 del 2010.

Anglani N, Mura P., Opportunità di ottimizzazione dei consumi nella produzione, distribuzione, utilizzo dell'aria compressa nei settori industriali più sensibili. Available at <http://www.enea.it> .

Cavallini A., Mattarolo L., Termodinamica applicata, Cleup, Padova, 1992.

Martinelli G.,Andriollo M., Morini A., Macchine elettriche rotanti, Cortina, Padova, 2009.

Radgen P, Blaustein E, Compressed Air systems in the European Union: energy, emissions, savings potential and policy actions, 2001.

Ventrone G., Macchine per allievi ingegneri, Cortina, Padova, 2006.