



la guida  
**ALL'INNOVAZIONE  
PNEUMATICA**



**LA PRIMA GUIDA PRATICA CHE TI SPIEGA,  
PASSO DOPO PASSO, COME AUMENTARE IL RENDIMENTO  
DEL VETTORE ENERGETICO ARIA COMPRESSA,  
RISPARMIANDO DENARO  
E INCREMENTANDO LE PERFORMANCE.**



# Premessa

## Le basi dell'industria 4.0

***"Fare le cose vecchie in modo nuovo – questa è innovazione."***

*(Joseph Schumpeter)*

Imparare dai migliori è sempre una buona pratica, per questo ho deciso di riportare questa frase che è stata di ispirazione per la mia carriera.

Non è facile unire tradizione e innovazione, nella Cy.Pag. di oggi stiamo mescolando i vecchi principi che ci hanno portato al successo, con una visione altamente innovativa necessaria per affrontare le sfide di oggi.

Con questa guida vorrei dare un messaggio a tutti gli imprenditori e vorrei che avessero la possibilità di produrre meglio aumentando i loro profitti.

L'educazione alla produzione sostenibile richiesta oggi alle industrie, è diventata un obiettivo strategico per il presente e per il futuro del nostro pianeta.

La sfida ambientale, legata alla conservazione e gestione etica dell'aria compressa, rappresenta una consapevolezza non più eludibile per gli imprenditori dell'Industria 4.0.

Ci troviamo in un momento storico che impone al mondo intero scelte profondamente diverse da quelle compiute in passato: lontane dal modello produttivo tradizionale, che non generi perdite, ma sappia creare energia mediante il reimpiego e la conservazione delle risorse.

L'obiettivo di questa guida è diffondere delle metodologie per fare in modo che queste pratiche vengano sviluppate, incrementate, messe a sistema e rese patrimonio vivo delle nostre aziende, affinché possano costituire le basi di un nuovo modello di sostenibilità e risparmio economico nelle reti industriali di aria compressa.

**Luca Pagni, General Manager Cy.Pag.**



# Introduzione

## Quanto costa la disinformazione negli sprechi energetici?

Oggi nelle industrie d'Europa, si stima un consumo di elettricità pari a circa 1013 TWh/anno, il 20% di questa spesa sappiamo essere destinato alla produzione di aria compressa. Tuttavia, il 30% dell'aria compressa prodotta, viene disperso in perdite. Praticamente 9 miliardi di euro, in Europa, ogni anno, vengono spesi per nulla.

Questo significa che solo eliminando le perdite legate all'aria compressa nella tua rete, ti porti a casa il 6% della bolletta elettrica.

La bonifica delle perdite però è solo una parte degli interventi che puoi fare. A tua disposizione ci sono diverse tecnologie, alcune di queste con un elevatissimo grado di innovazione, per conoscere quali di queste tecnologie puoi utilizzare, devi innanzitutto fare una diagnosi.

A titolo di esempio vorrei riportare qui sotto i risultati ottenuti da alcune delle aziende che stiamo aiutando in questo processo di innovazione. Infatti, questa guida nasce soprattutto dall'esperienza fatta sul campo, all'interno degli stabilimenti.

Di seguito vengono riportati alcuni degli oltre cento casi di successo dove sono state implementate le tecniche che illustriamo in questa guida:

- **Azienda produttrice di Pneumatici**

Risparmio registrato: 95.000,00 euro/anno

Come sono stati ottenuti i risparmi: efficientamento dei cilindri pneumatici all'interno delle linee produttive.

- **Azienda di trasporti pubblici di una città del nord Italia**

Risparmio registrato: 250.000,00 euro/anno

Come sono stati ottenuti i risparmi: implementando una soluzione di smart-monitoring e power increase performance.

- **Azienda operante nel settore dell'acciaio**

Risparmio registrato: 300.000,00 euro/anno per 15 stabilimenti

Come sono stati ottenuti i risparmi: ottimizzando principalmente la produzione del vuoto e i processi di soffiatura

- **Azienda operante nel comfort termico**

Risparmio registrato: 180.000,00 euro/anno

Come sono stati ottenuti i risparmi: implementando tecnologie per il monitoraggio delle perdite.

Ognuno dei casi di successo riportati qui sopra ha visto come prima operazione quella dell'analisi.

Questa analisi ti permetterà di prendere delle decisioni le cui conseguenze potrebbero essere:

- aumentare sensibilmente il tuo ritmo di produzione
- risparmiare sulla bolletta elettrica in modo ricorrente tutti i mesi
- diminuire l'impatto ambientale della tua azienda
- conoscere cosa si sta per rompere, cosa ha bisogno di manutenzione e cosa deve
- essere sostituito per evitare un fermo macchina
- monitorare e analizzare i tuoi consumi... dalla spiaggia.

**Buona lettura e buon risparmio!**





# Sommario

Sezione prima: L'analisi	6
Come posso calcolare la quantità di aria compressa prodotta?	7
Quanto mi costa l'aria compressa?	9
Come faccio a sapere in che modo l'aria compressa viene utilizzata e distribuita tra i vari componenti?	10
Distribuzione	10
Utilizzo	11
Come fare a sapere quanta dell'aria compressa che produco viene dispersa in perdite?	14
Stima delle perdite globali del plant	15
Stima delle perdite locali del plant	15
La localizzazione delle perdite	16
Conclusione	17

## Sezione prima: L'analisi

***“Se non si può misurare qualcosa, non si può migliorarla.”***

*Lord William Thomson Kelvin*

Con questa citazione si intende che, se conosci quanta aria compressa consumi, puoi sapere quanta ne puoi risparmiare. Per ottenere un miglioramento del proprio impianto pneumatico, in termini economici e di performance, prima di tutto è necessario essere consapevoli della situazione di partenza, un buon inizio è provare a rispondere a queste domande:

Quanta aria compressa acquisto e/o produco nella sala compressori?

Quanto mi costa l'aria compressa?

Come la sto utilizzando?

Quanta dell'aria prodotta o acquistata si disperde in perdite?

Se non sai come rispondere a queste domande, non ti preoccupare, si tratta di una condizione comune a molti imprenditori.

Seguendo le indicazioni di questa guida riuscirai ad ottenere le risposte alle domande qui sopra.

### Vettore energetico secondario

Un sistema pneumatico di base è costituito da un insieme di tubazioni e valvole, percorse da aria compressa, che collegano una centrale di compressione (comunemente chiamata sala compressori) ad una o più macchine utilizzatrici, capaci di compiere un lavoro grazie all'energia incamerata dall'aria compressa.

Il vettore energetico aria compressa è caratterizzato da 3 fasi:

1. Trasformazione dell'energia elettrica in energia potenziale racchiusa nell'aria compressa
2. Trasporto dell'aria compressa dal luogo di produzione a quello di utilizzo
3. Ri-trasformazione dell'energia potenziale dell'aria compressa in energia meccanica causata per la produzione.



## Come posso calcolare la quantità di aria compressa prodotta?

Saper calcolare la quantità di aria compressa prodotta dalla sala compressori è fondamentale per conoscere i propri consumi.

A meno della quantità di aria accumulata nel serbatoio e nella rete stessa, la quantità di aria compressa prodotta dai compressori equivale a quella consumata.

L'unità di misura della quantità di aria compressa è il Normalmetrocubo [Nm<sup>3</sup>].

La portata invece rappresenta la quantità di aria compressa che passa in una certa sezione nell'unità di tempo, si esprime di solito in [Nm<sup>3</sup>/h].

Ci sono poi svariate equivalenze che trasformano queste due quantità in sottomultipli di m<sup>3</sup> o di h.

$$1 \text{ Nm}^3 = 1000 \text{ NI} = 1000 \text{ Ndm}^3$$

$$1 \text{ Nm}^3/\text{h} = 0.28 \text{ NI/s}$$

### Focus su misure di pressione e volume.

Le molecole dell'aria atmosferica sono soggette alla forza di gravità e quindi esercitano una pressione sulla superficie terrestre: la pressione atmosferica che a livello del mare è pari a **101325 Pa = 1 bar**.

In pneumatica si deve quindi ricordare che:

$$\text{PRESSIONE ASSOLUTA} = \text{PRESSIONE RELATIVA} + \text{PRESSIONE ATMOSFERICA}$$

Quando si indica la quantità di gas con il volume si deve sempre precisare la pressione e la temperatura a cui si riferisce:

VOLUME NORMALE = volume occupato dall'aria in condizioni normali (a 20°C e alla pressione atmosferica a livello del mare)

$$1 \text{ Normal m}^3 [1 \text{ Nm}^3] = 1 \text{ m}^3 \text{ di aria in condizioni normali}$$

$$1 \text{ Normal litro [1 NI]} = 1 \text{ l di aria in condizioni normali}$$

La densità dell'aria in condizioni normali  $\rho = 1,205 \text{ Kg/m}^3$

Il modo più semplice e veloce per conoscere la quantità di aria compressa prodotta in un dato periodo è utilizzare un flussimetro. Questo strumento permette di misurare sia la portata, sia l'integrale nel tempo della portata (ossia la quantità di aria compressa prodotta in un certo periodo). Installando quindi questa tipologia di strumentazione in uscita dalla sala compressori, è possibile conoscere la portata istantanea prodotta dai compressori (quindi i Normal volumi nell'unità di tempo) e anche i Nm<sup>3</sup> prodotti in un anno, o in un mese, o in un turno produttivo, o come vedremo più avanti anche nel weekend.

Non potendo utilizzare un flussimetro, come posso fare? Puoi ottenere una stima analizzando i dati della sala compressore.

Stimare la quantità di aria compressa prodotta da un compressore (non invertizzato) in un determinato periodo [Qp] è molto semplice, basta servirsi di questo banalissimo calcolo:

### PORTATA ISTANTANEA DEL COMPRESSORE

$Q_i$  [Nm<sup>3</sup>/h]

(dato che solitamente si trova nella documentazione tecnica del compressore)

X

### ORE A CARICO DEL PERIODO DI RIFERIMENTO

$h_c$  [ore]

(questo dato dovrebbe essere disponibile su display a bordo compressore)

*NB: durante il periodo di misura, il compressore non è attivo sempre, ipotizzando quindi che il periodo sia di  $h_t$  ore in totale, solo una frazione di queste ore vedrà il compressore a carico.*

$$h_t = h_c \cdot h_v$$

dove  $h_v$  è il numero di ore del periodo in cui il compressore è a vuoto.

Nel caso ci sia un compressore ad inverter, spesso è possibile disporre del dato già calcolato attraverso l'interfaccia utente del compressore. Nel caso non ci fosse, l'unico modo è installare un flussimetro.

La quantità di aria compressa prodotta da uno stabilimento manifatturiero medio è dell'ordine dei milioni di Nm<sup>3</sup> all'anno. Ovviamente se vogliamo conoscere la quantità di aria compressa prodotta in un anno possiamo calcolarla o misurarla in un periodo più breve e poi proiettare tale risultato nell'anno. Si può scegliere come periodo un turno produttivo, una settimana produttiva o anche un mese produttivo.

## Quanto mi costa l'aria compressa?

Pagare le bollette è necessario, ma pagarle di meno, è doveroso oltre che piacevole.

Nonostante l'emergere di tecnologie elettromeccaniche a basso costo. L'aria compressa resta una soluzione molto semplice per produrre energia meccanica a bordo delle linee produttive o all'interno delle macchine, ma non per questo si deve pensare che sia la più economica o che non si possa utilizzarla meglio.

Infatti, non capita di rado di vedere impianti dove l'aria compressa presenta fortissimi margini di miglioramento.

Dopo aver calcolato, o misurato, la quantità di aria compressa prodotta nella sala compressori è fondamentale conoscere quanto è costato produrla. Normalmente si parla di costo di produzione annuale. Quindi quando sarà noto il valore economico del singolo Nm<sup>3</sup> sarà sufficiente moltiplicarlo per i Nm<sup>3</sup> annuali per conoscere tale voce di costo.

Per sapere il costo del Nm<sup>3</sup> bisogna conoscere il costo del kWh della propria azienda e conoscere quanti kWh sono stati consumati dai compressori in un determinato periodo, per produrre i Nm<sup>3</sup> del periodo stesso.

Il modo più semplice per conoscere il numero di kWh consumati in un periodo, bisogna installare un contatore elettrico in sala compressori.

In assenza di contatore, è possibile stimare il consumo elettrico di un compressore in un dato periodo, moltiplicando la sua taglia (espressa in kW) per il numero di ore a carico nel periodo.

Di seguito la formula del costo dell'aria compressa nel periodo Cp [euro/periodo]:

$$C_p = C_kWh \times (kWc \cdot hc + 0.1kWc \cdot hv)$$

*Significato dei simboli riportati nella formula:*

*kWc [kW] = taglia del compressore*

*hc [ore] = ore a carico del compressore durante il periodo*

*hv [ore] = ore a vuoto del compressore durante il periodo*

*CkWh [euro] = Costo del kWh*

Nel caso si abbia un compressore ad inverter, anche in questo caso, il dato dovrebbe essere disponibile già calcolato attraverso l'interfaccia utente del compressore. In caso contrario bisogna installare un contatore elettrico.

Dividendo il costo del periodo per la quantità di aria prodotta nello stesso periodo (Qp), si ottiene il costo specifico dell'aria compressa Cu [euro/Nm<sup>3</sup>]

Normalmente: 0.01 < CU < 0.03

## Come faccio a sapere in che modo l'aria compressa viene utilizzata e distribuita tra i vari componenti?

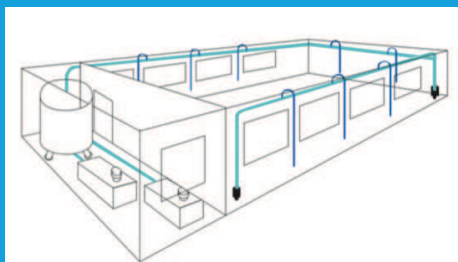
### DISTRIBUZIONE

La rete principale dell'aria compressa è un sistema di distribuzione installato permanentemente per portare l'aria compressa ai vari utilizzatori. La rete di distribuzione deve essere ben dimensionata e in buona salute, possibilmente realizzata in materiali non ferrosi e dotata di valvole di sezionamento e punti di spurgo.

Esistono due configurazioni di reti principali: linea a fondo cieco e rete ad anello.

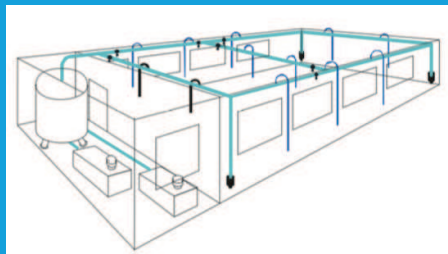
### Linea a fondo cieco

Perché ci sia drenaggio, la condotta deve avere una pendenza di circa 10 mm ogni metro nella direzione del flusso e deve essere adeguatamente drenata ad intervalli opportuni, la linea può essere riportata alla sua altezza di partenza mediante due curve ad angoli retti e installando una estremità di drenaggio al punto più basso.



## Linea ad anello

In una rete ad anello, l'aria può essere alimentata da due lati ad un punto di elevato consumo. Ciò consente di minimizzare la caduta di pressione. L'acqua di condensa è trasportata in tutte le direzioni. Deve essere installato un adeguato sistema di prelievo dell'acqua di condensa mediante scaricatori automatici.



## UTILIZZO

Dopo aver appreso quale sia il costo globale legato all'aria compressa del proprio stabilimento è fondamentale conoscere in che modo essa viene utilizzata, questo perché in funzione del modo in cui viene utilizzata l'aria compressa è possibile scegliere diverse soluzioni tecnologiche per minimizzare i consumi, e quindi risparmiare denaro.

Come abbiamo già accennato in precedenza, in Europa si stima che il 20% dei consumi di energia elettrica industriale sia destinato alla produzione di aria compressa.

Lo studio in questione descrive anche che l'aria compressa in Europa venga utilizzata negli stabilimenti produttivi secondo questa suddivisione:

- Il 10% viene consumata dagli azionamenti meccanici (ossia dai cilindri)
- Il 40% viene consumata dai soffi (quindi per pulizia raffreddamento o asciugatura)
- Il 20% viene consumata nella produzione di vuoto (ossia dagli eiettori)
- Il 30% viene consumata dalle perdite (ossia da guarnizioni rovinate tubi rotti raccordi che perdono et cetera)



E tu sai come è utilizzata l'aria compressa nella tua azienda? Chi è il principale responsabile del consumo di aria compressa? Cosa devo pensare di ottimizzare per primo?

Per poter intraprendere delle azioni di saving, è necessario riuscire ad individuare le percentuali di utilizzo dell'aria compressa rispetto alle varie tipologia di utenze. Ossia ri- calcolare, per la propria azienda, il diagramma a torta riportato sopra.

Tale suddivisione può essere riferita all'intera azienda oppure riferita ai diversi reparti. Una best practice è proprio quella di partire dalle diverse aree fisiche del plant:

- aree specifiche dipendenti dalla tipologia di produzione
- reparti o sottoreparti produttivi

Innanzitutto, se si analizza un reparto bisogna conoscerne la quantità di aria compressa consumata. Il modo più veloce e semplice è usare dei flussimetri installandoli sulle discese pneumatiche, che alimentano il reparto stesso. Eseguendo questa prima suddivisione dei consumi è possibile evidenziare quale sia il reparto produttivo più energivoro e quindi approfondire l'analisi all'interno di esso.

Una volta misurati i consumi delle diverse aree del plant, è necessario approfondire, suddividendo il valore di consumo del reparto nelle voci di consumo specifiche, a seconda della tipologia di utenze pneumatiche:

- cilindri
- soffi
- generazione del vuoto (eiettori)
- perdite
- e/o altre

Conoscere il consumo relativo alle suddette tipologie impone uno sforzo notevole in quanto bisogna conoscere i consumi di targa dei dispositivi installati nel reparto. Se questo dato non fosse disponibile bisognerà procedere alla misurazione puntuale dei consumi di ogni famiglia di dispositivo pneumatico.

**Tale procedimento richiede un po' di esperienza ed è facile commettere errori, è tuttavia molto importante perché ti permetterà di prendere le decisioni ottimali per il miglioramento del tuo business. Ricorda che i nostri esperti sono a tua disposizione per aiutarti a prendere le decisioni giuste e scegliere quali tecnologie e quali soluzioni dovrai adottare per massimizzare il risparmio.**

Tuttavia, c'è una cosa che potrai fare in completa autonomia e che ti permetterà di ottenere un beneficio economico immediato, scoprire quanti soldi stai sprecando, scoprire quanta aria compressa finisce in atmosfera senza produrre nulla, scoprire le perdite.

## Come fare a sapere quanta dell'aria compressa che produco viene dispersa in perdite?

Prima di mettere il fertilizzante alla pianta è necessario rimuovere i rami e le foglie secche, lo stesso principio vale per la pneumatica: prima di ottimizzare i consumi è necessario intervenire sulle perdite.

Quante perdite hai nel tuo stabilimento? Quale percentuale della bolletta elettrica potresti non pagare?

Per definire le percentuali di perdita (globali e/o della singola zona del plant), bisogna fare riferimento alle seguenti procedure, ma prima è necessario definire cosa intendiamo per "Plant in fermo produttivo".

### Plant in fermo produttivo

#### DEFINIZIONE DELLO STATO

Intendiamo un Plant in fermo Produttivo quando la produzione è ferma, ma le macchine e le linee sono alimentate e settate in modo che siano pronte a produrre.

NB: ricordati di chiudere eventuali ugelli di soffiaggio però! Quelli non sono perdite sono solo consumi che possono essere ottimizzati!

Come è facile intuire se tutto il plant fosse in fermo produttivo la sala compressori non dovrebbe produrre aria compressa. Ciò non accade mai. Infatti

La sala compressori produrrà una quantità di aria compressa pari alle perdite presenti nel plant.



## STIMA DELLE PERDITE GLOBALI DEL PLANT

Come? Utilizzando lo stesso calcolo (eventualmente il flussimetro) che abbiamo descritto prima, per calcolare  $Q_p$  in uscita dalla sala compressori, calato su un periodo limitato di tempo in cui tutto il plant sia in fermo produttivo. In pratica bisogna lasciare accesi i compressori durante il fermo produzione del week end (con tutte le linee alimen-

tate!) e quantificare la portata prodotta in quel periodo.

Nota la quantità di  $Nm^3$  prodotti nel periodo è possibile calcolare i  $Nm^3/h$  (dividendo i  $Nm^3$  per le ore in cui il plant è stato in fermo produttivo) consumati dalle perdite. Questo valore è una portata istantanea che esiste sempre anche quando produci.

## STIMA DELLE PERDITE LOCALI DEL PLANT

Utilizzando un flussimetro è possibile anche misurare le perdite delle singole aree, eseguendo una misura della portata in condizioni non produttive, ossia quando l'area in oggetto è in fermo produttivo.

Tali misure possono quindi poi essere paragonate ai consumi precedente-

mente misurati in modo da identificare la percentuale di perdita.

Grazie a queste analisi, sarai in grado di quantificare il consumo di aria compressa e conseguentemente di quantificare il risparmio che otterresti una volta bonificate le perdite. Normalmente la percentuale di perdite è il 30% del totale!

## La localizzazione delle perdite

Ovviamente sapere a quanto ammonta il valore complessivo delle perdite non mi serve a nulla se non le bonifico, ma per bonificarle devo scoprire dove sono.

Uno strumento molto utile per rilevare le perdite è il fonometro, un microfono direzionale oggi ancora poco diffuso. Questo strumento è in grado di quantificare le perdite e localizzarle in maniera molto precisa.

È composto da un corpo che ricorda una pistola e termina con una campana e due cuffie, puntando il fonometro in direzione dei componenti o delle tubazioni è possibile rilevare il rumore della perdita, localizzarla e quantificarla.

In particolare, quando c'è una perdita, l'aria produce ultrasuoni, il valore in decibel misurato dal fonometro viene confrontato con il valore della distanza dal punto di misura e con il valore della pressione di rete, quindi tradotto in denaro.

Il costo medio di un fonometro è di circa € 3.000, uno sforzo economico che tutte le aziende dovrebbero sostenere, perché possedere questo strumento, è il primo passo verso l'ottimizzazione del vettore aria compressa.

## Conclusione

In questa prima sezione della guida vi abbiamo descritto le attività di analisi propedeutiche alle attività di efficientamento che verranno descritte nelle sezioni successive. Queste attività di analisi, svolte anche dai nostri tecnici, hanno messo dimostrato che mediamente uno stabilimento manifatturiero consuma diversi milioni di Nm<sup>3</sup> all'anno, che il costo medio dell'aria compressa è dell'ordine delle centinaia di migliaia di euro all'anno, che bonificare le perdite genera un beneficio economico immediato di diverse decine di migliaia di euro all'anno.

Nelle prossime sezioni vi daremo l'occasione di conoscere quali tecnologie implementare per ottenere un risparmio totale che supera il 50% della vostra attuale spesa legata all'utilizzo dell'aria compressa.

Per non perderti le sezioni della guida o per ottenere una consulenza da parte di un nostro tutor, contattaci allo **0342.60.50.28** o scrivici una mail a [info@cypag.com](mailto:info@cypag.com)





LABORATOIRES  
**TAN100X/MA**

LABORATOIRES  
**TPO100X/M**



CY.PAG. S.r.l.

Via del Commercio, 13 - 23017 - Morbegno (SO) - Italia

**tel:** +39 0342 605011    **fax:** +39 0342 614971    **mail:** [info@cypag.com](mailto:info@cypag.com)