

# Trasporto dell'aria

## I cinque punti principali

- Meno resistenza:** condotte dell'aria corte, grandi, ermetiche e possibilmente a forma circolare, nessuna inutile resistenza dovute a strozzature, variazioni di forma e sezione, scambiatori di calore, ecc.
- Meno aria:** precisa verifica della portata d'aria richiesta, rispettivamente freddo/caldo e umidità, funzionamento in base al fabbisogno (ora del giorno, nessun funzionamento senza utilità).
- Fabbisogno variabile:** presuppone una portata volumetrica variabile e un azionamento controllabile.
- Funzionamento efficiente del ventilatore** e di tutti i componenti nel range di efficienza ottimale.
- Motore efficiente** con trasmissione diretta senza trasmissione e senza riduttore.

Il 30 marzo 2011 l'UE ha pubblicato la direttiva 327/2011 sui requisiti di efficienza dei ventilatori. [1] Definisce i rendimenti minimi per i ventilatori nel campo di potenza compresa tra 0.12 kW e 500 kW. Rilevante è la potenza elettrica assorbita dal motore di azionamento nel punto di efficienza ottimale del ventilatore.

La direttiva UE elenca in appendice i migliori valori di efficienza, che possono essere raggiunti già oggi a seconda del tipo di ventilatore (Tabella 1).

Tipo di ventilatore	Disposizione*	Categoria di efficienza	Efficienza in base alla potenza	
			1 kW	10 kW
Ventilatore assiale	A, C	statico	58.7%	65%
	B, D	totale	68.7%	75%
Ventilatore centrifugo a pale rovesce o pale con estremità radiale	A, C	statico	55.7%	62%
	B, D	totale	58.7%	65%
Ventilatore assiale a pale rovesce senza contenitore	A, C	statico	59.5%	70%
Ventilatore assiale a pale rovesce con contenitore	A, C	statico	61.5%	72%
	B, D	totale	64.5%	75%
Ventilatore diagonale (tipo misto con ventilatore assiale e radiale)	A, C	statico	50.5%	61%
	B, D	totale	54.5%	65%
Ventilatore a flusso trasversale	B, D	totale	29.4%	32%



Tabella 1: Parametri di riferimento indicativi per l'efficienza dei vari tipi di ventilatori secondo la direttiva UE 327/2011, Allegato 5, Tabella 1

\*A: aspirazione libera e mandata libera, B: aspirazione libera, mandata collegata a tubazione  
C: aspirazione collegata a tubazione e mandata libera, D: aspirazione e mandata collegate a tubazione

# Introduzione

## Obiettivi e target

Questa scheda tematica si occupa del trasporto meccanico dell'aria con ventilatori, con lo scopo di contribuire a ridurre il loro consumo elettrico. I ventilatori sono macchine pneumofore che convogliano un fluido gassoso per mezzo di una girante. Per questo hanno bisogno di un motore elettrico, spesso una trasmissione e un riduttore, a volte anche un convertitore di frequenza per regolare la velocità. Ventilatori di piccola e media taglia sono sempre più spesso dotati di motori regolati elettronicamente e direttamente accoppiati all'albero del ventilatore. L'ottimizzazione dell'intero sistema di trasporto dell'aria deve mirare sia agli impianti nuovi sia a quelli esistenti.

I principi di base di questa scheda tematica sono validi per tutti i sistemi di ventilazione. Il contenuto è orientato specialmente verso i sistemi di ventilazione di medie dimensioni con portata volumetrica superiore a 1000 m<sup>3</sup>/h. I campi di applicazione principali sono gli impianti di medie dimensioni per grandi edifici residenziali, gli edifici di servizi e gli impianti di ventilazione industriale.

Non vengono trattati gli impianti di ventilazione per il comfort (ad es. per case unifamiliari), l'aria di scarico dei WC e dei ventilatori da cucina e non vengono trattati gli impianti di grandi dimensioni (ad es. per i tunnel). Il trattamento dell'aria per la climatizzazione degli ambienti (riscaldamento, raffreddamento, umidificazione e deumidificazione) non è un argomento esplicito di questa scheda tematica.

Il target di riferimento sono in prima linea i costruttori di impianti di ventilazione, i progettisti, i tecnici e gli inge-

gnieri nell'ambito della domotica. Inoltre, si rivolge a tutti i committenti del servizio di «trasporto dell'aria»; in particolare, vuole promuovere la competenza nel coordinamento e nella pianificazione delle prestazioni degli architetti e la necessaria competenza nella scelta del sistema adeguato da parte proprietari di edifici.

## Consumo energetico

Il consumo elettrico totale dei ventilatori in Svizzera è di circa 7 500 GWh/a, che corrisponde al 12.5% del consumo totale (2011). L'industria rappresenta la quota dominante.

Uno studio su cinque aziende industriali in Svizzera con un totale di 1 500 azionamenti elettrici (Easy 2012) dimostra l'importanza dei ventilatori: il 26% del consumo elettrico totale è rappresentato da queste utenze (figura 2). In queste aziende i ventilatori sono installati in soffianti per materiali a grana fine, nella ventilazione degli ambienti di lavoro e nei sistemi di riscaldamento e raffreddamento. I 500 ventilatori esaminati hanno una potenza nominale media di 13 kW, funzionano in media 5 400 ore all'anno, in media da 15 anni. Solo il 20% è dotato di un convertitore di frequenza per la regolazione della velocità e quindi per l'adattamento al carico variabile (valore medio).

Con buoni concetti, corretto dimensionamento, componenti efficienti dal punto di vista energetico e funzionamento in base al fabbisogno, si può risparmiare molta energia, soprattutto ottimizzando gli impianti esistenti, ma anche quelli nuovi. Se queste regole vengono rispettate, il consumo elettrico dei ventilatori può essere notevolmente ridotto nonostante una prevedibile espansione del campo di applicazione (ad es. aumento del fabbisogno di

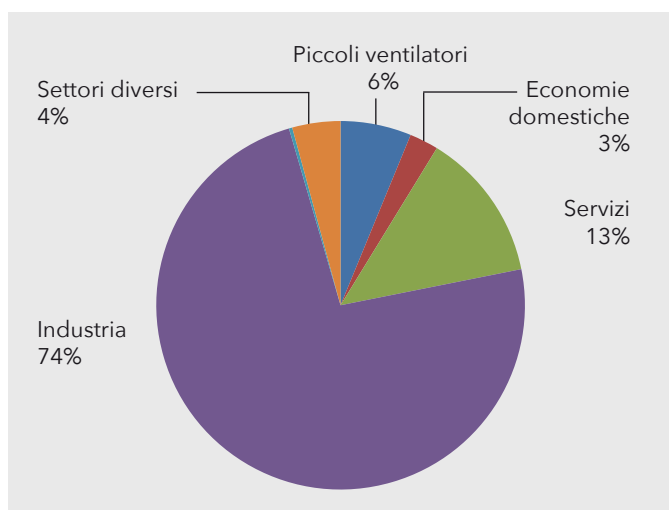


Figura 1: consumo di elettricità dei ventilatori in Svizzera. (fonte: Steinemann 2012)

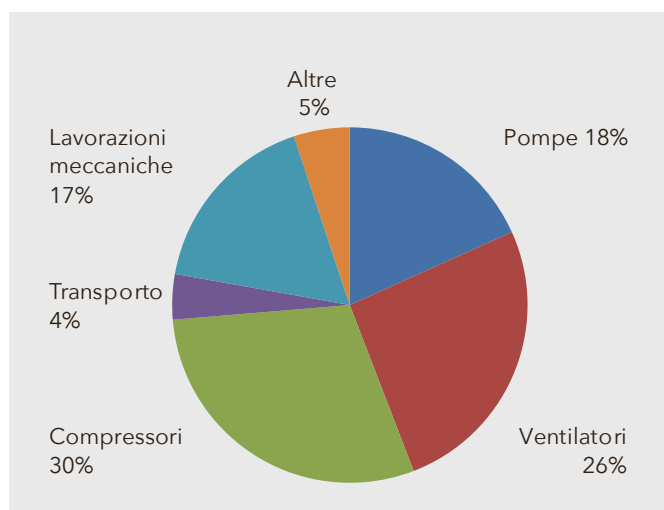


Figura 2: applicazioni di motori elettrici in 5 grandi aziende industriali (fonte: Easy 2012)

raffreddamento nei componenti, negli edifici e nell'industria, aumento della ventilazione meccanica negli edifici).

## Compiti delle istanze coinvolte

Gli esperti nella tecnologia di ventilazione svolgono un ruolo centrale per raggiungere un ottimale trasporto meccanico dell'aria. Allo stesso tempo, è importante che tutte le parti coinvolte, dai proprietari di edifici, ai team di pianificazione, alle aziende e fino ai gestori conoscano ed eseguano bene i loro compiti e applichino le loro competenze. Una delle principali preoccupazioni è che le decisioni giuste vengano prese in una fase iniziale, prima di quanto sia usuale nella pratica attuale.

### Committenti e proprietari di immobili (competenza per l'ordinazione)

- Un chiaro impegno per l'efficienza energetica
- Le decisioni sulle varianti vengono prese sulla base dei costi sul ciclo di vita invece che sui soli costi di investimento.
- Dichiarare i parametri generali richiesti
- Definire requisiti specifici, labels, per es. valori limiti e di riferimento secondo la Norma SIA 2056:2019 o 382/1:2014
- Oltre ai requisiti legali per la messa in circolazione di prodotti, vanno tenute in considerazione le esigenze comunali e cantonali per la costruzione e il funzionamento di impianti.
- Le norme SIA 2056:2019 e 382/1:2014 consentono varie fasi di ottimizzazione. Un buon sistema può essere definito dalle prestazioni specifiche del ventilatore in combinazione con l'obbligo di ottimizzare il fabbisogno, il controllo e il funzionamento. Il consumo specifico di energia elettrica può servire come variabile di controllo per il rispetto di questi requisiti.
- Definire compiti e responsabilità, vale a dire avere la competenza specialistica appropriata anche nella pianificazione strategica e negli studi preliminari, coinvolgendo, se necessario, un consulente al committente. Secondo la norma SIA 108, i servizi di base dell'ingegnere iniziano solo dalla fase di progetto preliminare.

### Architetto, Appaltatore generale e totale (MP-AG/AT) (competenza nell'ordinazione e nella pianificazione)

- Richiedere e rispettare le specifiche del committente
- Coordinamento: dal profilo tecnico e degli spazi
- Garantire che i contratti di ingegneria contengano obiettivi chiari
- Coinvolgimento dell'ingegnere nella definizione del concetto di spazio per i servizi dell'edificio (concetto per i vani delle condotte, linee di ventilazione corte, spazio sufficiente)
- In base al contratto, verificare gli obiettivi e garantire l'interfaccia tra il pianificatore e l'imprenditore

### Ingegnere progettista della ventilazione (competenza professionale)

- Richiedere e rispettare le specifiche del committente
- Dimensionamento dei componenti sulla base di un calcolo delle perdite di carico
- Specifiche chiare nelle gare d'appalto relative all'efficienza energetica
- Concetto per la messa in servizio, l'accettazione, la manutenzione e il funzionamento, compreso il concetto di misurazione

### Imprenditore (fornitore di componenti e sistemi)

- Richiedere e rispettare tutte le specifiche
- Messa in servizio, comprese le misurazioni di efficienza energetica
- Piano di manutenzione e istruzioni di funzionamento

### Gestore

- Richiedere e rispettare le istruzioni e i documenti
- Manutenzione regolare
- Contabilità energetica
- Ottimizzazione operativa
- Funzionamento in base al fabbisogno
- Per le modifiche: predisporre l'aggiornamento dei documenti di progettazione e della documentazione dell'impianto

# Componenti per il trasporto dell'aria

## Ventilatore

I ventilatori sono macchine pneumofore che convogliano un fluido gassoso per mezzo di una girante. Si genera un aumento di pressione tra il lato di aspirazione e quello di mandata. Le macchine con un forte aumento di pressione (rapporto di pressione tra 1.1 e 3 sono chiamate soffianti, le macchine con un aumento di pressione molto elevato (rapporto di pressione superiore a 3) sono chiamate compressori.

I design più importanti sono il ventilatore centrifugo e il ventilatore assiale. Il ventilatore assiale aspira l'aria assialmente e la trasporta assialmente. Il ventilatore centrifugo aspira l'aria assialmente e la trasporta radialmente. I migliori dal punto di vista energetico sono i ventilatori centrifughi con pale rovesce.

## Motore

I ventilatori sono generalmente azionati da motori elettrici le cui classi di efficienza sono differenziate secondo la tabella 2. Dal 2012, in Svizzera sono ammessi solo motori elettrici con classe di efficienza IE2 con convertitore di frequenza (o IE3 e IE4). Dal 1° luglio 2021, i requisiti di efficienza energetica per i motori elettrici in Svizzera sono stati gradualmente aumentati adattando l'OEEne al regolamento (UE) 2019/1781. A partire dal 1° luglio 2021 vale:

■ per i motori con una potenza nominale da 0.12 kW a meno di 0,75 kW, è obbligatoria almeno la classe di efficienza IE2.

■ per i motori con una potenza nominale da 0.75 kW a meno di 1 000 kW è obbligatoria almeno la classe di efficienza IE3. In questa gamma di potenza, la combinazione precedentemente consentita di un motore IE2 con un convertitore di frequenza non è più ammessa.

Dal 1° luglio 2023, i motori con una potenza nominale di almeno 75 kW fino a un massimo di 200 kW devono avere anche la classe di efficienza IE4 (o IE5).

I convertitori di frequenza progettati per funzionare con motori da 0.12 kW a 1 000 kW devono anche soddisfare i requisiti minimi di efficienza energetica (almeno la classe

di efficienza IE2) dal 1° luglio 2021.

In base alla velocità dell'azionamento necessaria possono essere utilizzati motori asincroni con il seguente numero di poli (velocità sincrona nominale in giri al minuto):

2 poli con 3 000 g/min

4 poli con 1 500 g/min

6 poli con 1 000 g/min

8 poli con 750 g/min

Le classi di rendimento dei motori con potenze comprese tra 0.12 kW e 1 000 kW si basano sulla norma IEC 60034-30-1 (figura 2). Per le basse potenze fino a 10 kW, gli incrementi di efficienza da IE1 a IE4 sono molto elevati in termini percentuali. Per potenze maggiori, da 100 kW a 1 000 kW, i miglioramenti percentuali sono minimi, ma la riduzione delle perdite in kW è molto significativa. I massimi livelli di efficienza possono essere raggiunti con i motori a magneti permanenti a commutazione elettronica e a riluttanza, così come con i motori a rotore esterno.

**Attenzione:** i motori più efficienti (IE3) hanno meno slittamento rispetto ai vecchi motori inefficienti (IE1 o IE2) e ciò comporta una maggiore velocità da 1% al 5%. Questo può portare all'effetto indesiderato che la sostituzione del motore si traduce in una portata volumetrica maggiore. A parità di sezione, la velocità del flusso aumenta. Siccome

### Confronto tra velocità e consumi

Aumento della Velocità	Aumento dei consumi energetici
1%	3%
2%	6%
3%	9%
4%	12%
5%	16%

Tabella 3: una velocità maggiore, senza misure aggiuntive, causa un maggiore consumo di energia elettrica.

Classe di efficienza		Efficienza minima (4 poli, 1500 giri/min) con potenza meccanica di:		
		4 kW	15 kW	90 kW
IE4	Super premium	91.1%	93.9%	96.1%
IE3	Premium	88.6%	92.1%	95.2%
IE2	Alta efficienza	86.6%	90.6%	94.2%
IE1	Efficienza standard	83.1%	88.7%	93.0%
Miglioramento percentuale tra IE1 e IE4		8.0%	5.2%	3.1%

Tabella 2: requisiti di efficienza dei motori (IEC 60034-30-1 2014)

il fabbisogno di potenza elettrica aumenta con la terza potenza della portata, senza la compensazione di questo effetto, l'incremento di efficienza può essere vanificato. Questo effetto negativo può essere facilmente annullato scegliendo meglio il ventilatore di ricambio o regolando il rapporto di trasmissione.

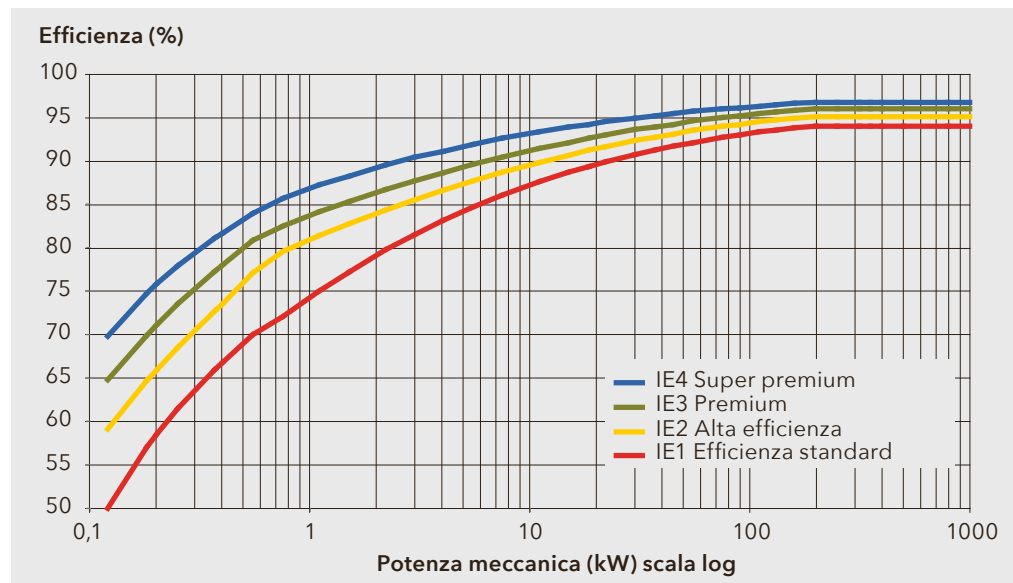


Figura 3: efficienza dei motori elettrici (4 poli, 50 Hz), secondo la norma IEC 60034-30-1 (2014)

## Trasmissione

La potenza del motore viene trasmessa al ventilatore tramite trasmissione diretta, cinghia piatta, cinghia trapezoidale e, raramente, cinghia dentata (tabella 4).



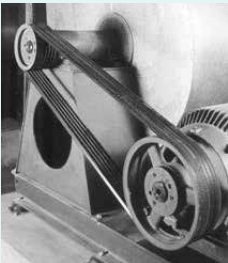
	<p><b>Azionamento diretto</b></p> <p>L'accoppiamento diretto tra l'albero motore e l'albero del ventilatore è privo di perdite e quindi ha il miglior rendimento (100%). Un altro vantaggio è che questa trasmissione non richiede manutenzione e non è sporcata dall'abrasione della cinghia. Questo elimina la eventuale necessità di un secondo stadio di filtraggio dopo il ventilatore. Per motori a corrente alternata con una potenza dell'albero fino a 5 kW, va preferita, se possibile, questa soluzione.</p>
	<p><b>Cinghie piatte</b></p> <p>L'efficienza è in genere da 2 a 5 punti percentuali superiore a quella delle cinghie trapezoidali. Ulteriori vantaggi sono una minore manutenzione (minor numero di sostituzioni della cinghia) e una minore usura. Questo elimina la eventuale necessità di un secondo stadio di filtraggio dopo il ventilatore. Anche se le cinghie piatte non devono essere sostituite con la stessa frequenza delle cinghie trapezoidali, il controllo di tensione della cinghia è più impegnativo.</p>
	<p><b>Cinghie trapezoidali</b></p> <p>A basse potenze e carichi parziali l'efficienza della trasmissione può scendere sotto l'80%. Un altro svantaggio è il frequente cambio della cinghia. A causa dell'usura, è necessario un secondo stadio di filtraggio dopo il ventilatore. In considerazione di questi svantaggi, le cinghie trapezoidali dovrebbero essere evitate. Per gli impianti di piccole dimensioni sono da preferire gli azionamenti diretti. Per gli impianti grandi dovrebbero essere preferite le cinghie piatte.</p>

Tabella 4: tipi di trasmissione

La figura 4 mostra esempi di efficienza di trasmissione di cinghie trapezoidali e cinghie piatte a carico parziale. Il diagramma si applica alle trasmissioni con una sola cin-

ghia. Quando si utilizzano più cinghie, l'efficienza per ogni cinghia aggiuntiva si riduce di 1%.

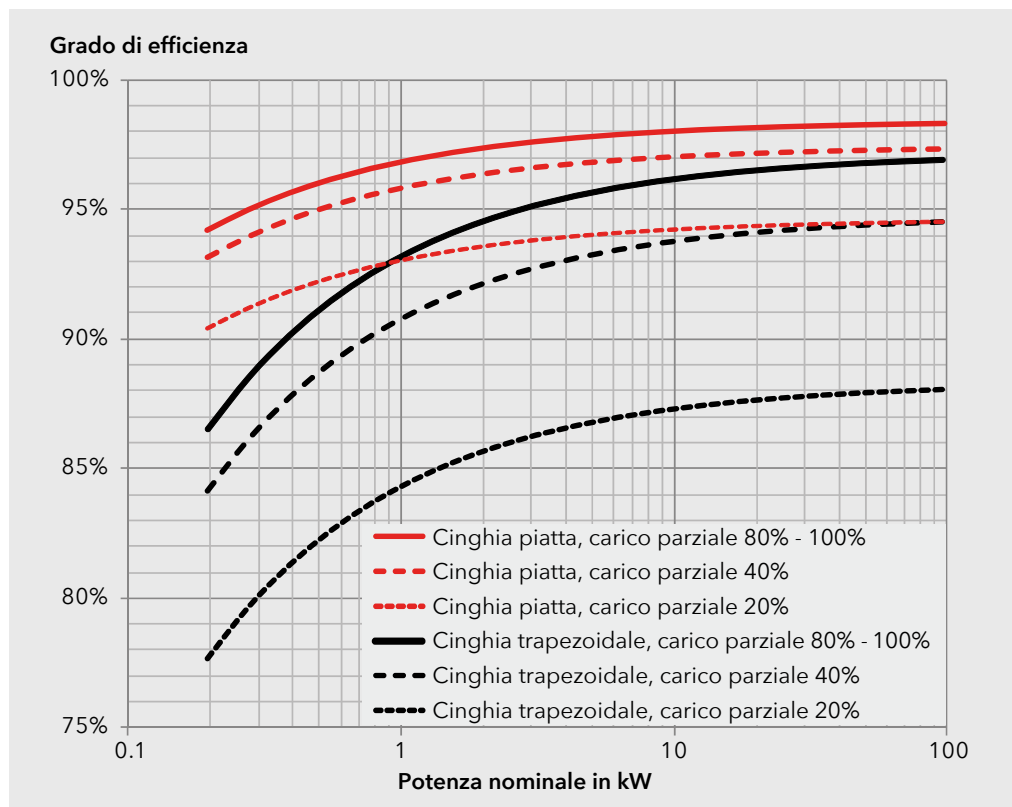


Figura 4: efficienza di trasmissione di cinghie trapezoidali e cinghie piatte a seconda della potenza nominale del motore e della percentuale di carico (azionamenti con 1 cinghia)

## Regolazione del carico con il convertitore di frequenza

Un convertitore di frequenza converte elettronicamente la corrente di rete con una frequenza di 50 Hz corrente trifase (anche monofase per le basse potenze) in una corrente trifase a frequenza variabile. In questo modo è pos-

sibile programmare un rapporto variabile di tensione e frequenza adatto all'applicazione. Per il trasporto dei fluidi, la tensione (decisiva per la magnetizzazione) si riduce in modo eccessivo con la diminuzione della velocità, perché il carico di una macchina pneumofora in un circuito chiuso diminuisce con la terza potenza della velocità (figura 5).

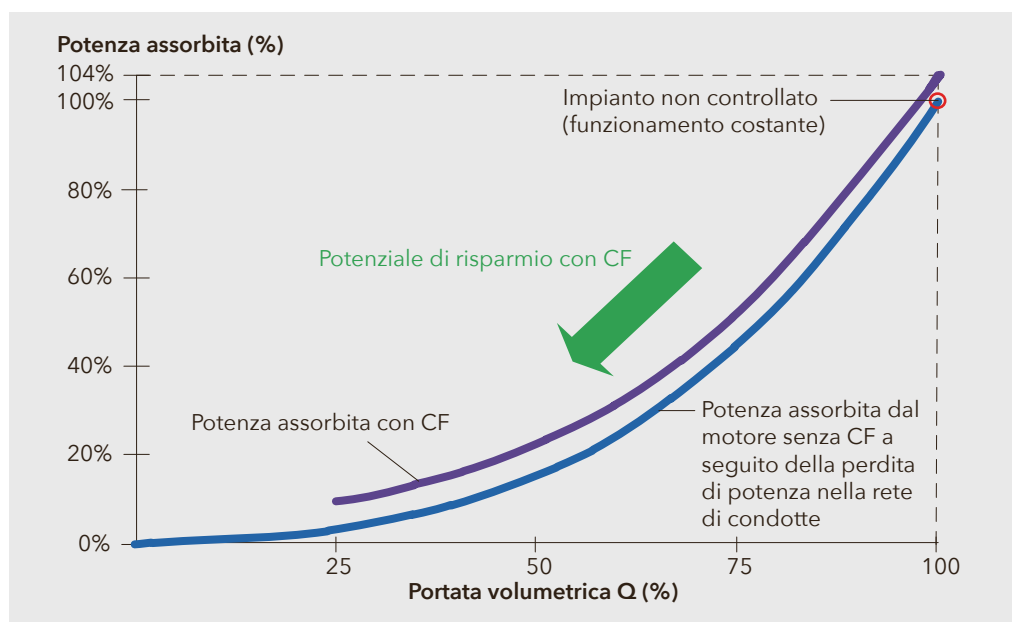


Figura 5: Potenziale di risparmio per i ventilatori con convertitori di frequenza (CF) o motori a commutazione elettronica.

## Svantaggi dei convertitori di frequenza

La conversione di frequenza ha le sue esigenze (figura 6):

- Un convertitore di frequenza costa circa quanto il motore a cui è applicato.
- Il livello di rendimento al carico nominale è compreso tra il 95% e il 98%.
- Le onde sinusoidali dell'alimentazione dei CF possono ridurre l'efficienza del motore da 1% al 2%.
- Con carichi parziali inferiori al 20% il rendimento diminuisce al di sotto del 70% e fino al 20% a seconda della potenza del motore o del CF. Siccome la potenza di uscita dei convertitori di frequenza non è completamente sinusoidale (anche con filtri), le restanti armoniche causano ulteriori perdite nel motore. Questo effetto deve essere sempre considerato nel calcolo della redditività.

**Raffreddamento del motore:** a basse velocità l'auto-raffreddamento del motore (ventola) potrebbe non essere sufficiente, perché a causa delle onde sinusoidali le perdite nell'avvolgimento possono essere ancora piuttosto elevate. Un motore che funziona per un periodo di tempo prolungato a una velocità inferiore al 50% richiede un raffreddamento indipendente dalla velocità (ad es. ventilatore ausiliario o raffreddamento ad acqua).

**Il funzionamento del motore tramite CF** è conveniente solo se la potenza e la velocità variabile sono effettivamente necessarie per una quota sostanziale del tempo di funzionamento. Se ciò è richiesto solo per l'avviamento della macchina, è possibile trovare altre soluzioni. In alcuni casi potrebbe anche essere conveniente bypassare il CF quando il motore funziona a una velocità prevalentemente costante e avviare il motore tramite il CF solo quando è necessario.

## Particolare attenzione deve essere prestata alla regolazione di velocità

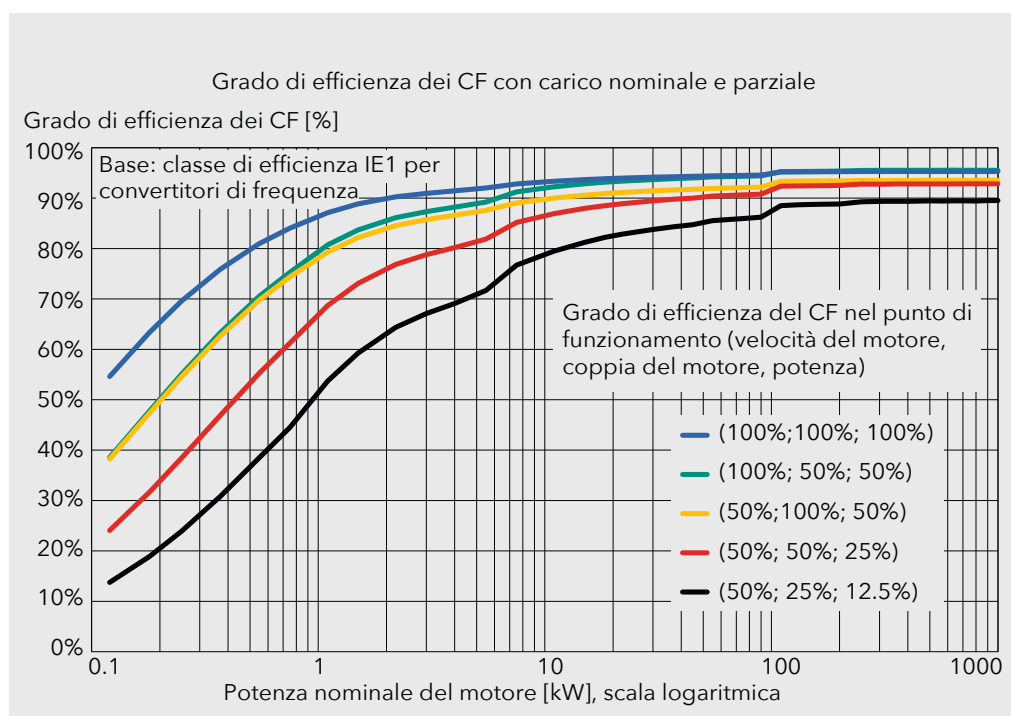
Campi elettromagnetici (EMF): i CF causano campi elettromagnetici relativamente forti. Per evitare interferenze con altre apparecchiature e per rispettare le normative, sono necessari filtri o schermi adeguati. Quanto più vicini sono assemblati il motore e il convertitore di frequenza, tanto più facile è controllare i campi elettromagnetici. Per questo motivo, i convertitori di frequenza sono spesso installati vicino al motore invece di essere disposti separatamente negli armadi elettrici.

## Informazioni sulle gare di appalto

### Principi fondamentali

- Pianificazione professionale con il concetto di canalizzazione e calcolo delle perdite di pressione come base per la gara d'appalto.
- Determinare o esaminare l'efficienza dei componenti nel punto di funzionamento ottimale e in quelli previsti.
- Definire la procedura di valutazione delle offerte per quanto riguarda l'efficienza.
- Determinare le misure di controllo e le penali in caso di non conformità.

Per un funzionamento efficiente dal punto di vista energetico, è essenziale che i punti di funzionamento effettivi dei ventilatori siano vicini al punto di funzionamento ottimale. Per la gara d'appalto devono quindi essere determinati e dichiarati i punti di lavoro previsti per un calcolo affidabile delle perdite di pressione. Per le applicazioni con funzionamento variabile, è utile specificare i punti operativi tipici con la loro frequenza. Su questa base è possibile confrontare e valutare le diverse offerte.



**Figura 6: Efficienza di convertitori di frequenza a carico nominale e carico parziale in funzione della potenza nominale del motore, secondo IEC 61800-9-2, edizione 1, Base: classe di efficienza IE1 per convertitori di frequenza. La figura mostra che un CF subisce un calo significativo dell'efficienza a bassa velocità o a bassa coppia rispetto all'efficienza alla potenza nominale.**

# Fabbisogno energetico per il trasporto dell'aria

Il fabbisogno energetico per il trasporto dell'aria con ventilatori ad azionamento elettrico viene calcolato secondo la seguente formula:

$$E = \frac{q_v \cdot \Delta p \cdot t}{\eta_v \cdot \eta_{Tr} \cdot \eta_M \cdot \eta_R}$$

E	Fabbisogno di energia elettrica in Wh
$q_v$	Portata volumetrica in m <sup>3</sup> /s
$\Delta p$	Differenza di pressione totale in Pa
t	Tempo di funzionamento in h
$\eta_v$	Efficienza del ventilatore
$\eta_{Tr}$	Efficienza della trasmissione (cinghia trapezoidale o cinghia piatta)
$\eta_M$	Efficienza del motore
$\eta_R$	Efficienza della regolazione (convertitore di frequenza)

Il prodotto delle quattro efficienze parziali viene spesso combinato per ottenere l'efficienza complessiva  $\eta_{ges}$ . Nel caso di sistemi multistadio e sistemi con portata volumetrica infinitamente variabile, i diversi stati di funzionamento devono essere considerati separatamente. Per un basso consumo energetico, devono essere minimizzati i valori  $q_v$ ,  $\Delta p$  e t, per massimizzare l'efficienza.

## Portate d'aria adeguate

### Principi fondamentali

- Per gli impianti di ventilazione che riguardano le persone (abitazione, lavoro), la portata viene misurata in base al volume d'aria esterna da immettere per persona.
- Ridurre i carichi di calore, sostanze inquinanti e umidità che si accumulano nell'ambiente o aspirarli alla fonte.
- Non dissipare grandi carichi termici attraverso il sistema di ventilazione, ma valutare l'uso di un sistema di raffreddamento ad acqua o di un sistema di raffreddamento a convezione locale. Gli impianti di ventilazione per edifici residenziali e uffici devono essere dimensionati per le portate di aria esterna da immettere per persona conformemente all'allegato A della norma SIA 382/1. Nei locali in cui la ventilazione interna è usata principalmente per le persone (ad es. uffici, edifici residenziali, scuole), le portate d'aria sono dimensionate secondo la norma SIA 382/1:2014. Inoltre, i valori standard si trovano nella norma SIA 2024:2015. A seconda degli usi, i valori sono compresi tra 15 e 36 m<sup>3</sup>/h per persona. I dati che riguardano il numero di presenze giornaliere si trovano nella scheda tecnica SIA 2024.

La portata d'aria di mandata (aria immessa) necessaria per la dissipazione del calore con l'impianto di ventilazione dipende dal carico termico e dalla differenza di temperatura tra l'aria ambiente e l'aria immessa. Per la media svizzera si applica:

$$q_{v,IMM} = \frac{\Phi}{0,32(\theta_{a,i} - \theta_{IMM})}$$

$q_{v,IMM}$	Portata d'aria di immessa in m <sup>3</sup> /h
$\Phi$	Carico termico in W
$\theta_{a,i}$	Temperatura dell'aria ambiente in °C
$\theta_{IMM}$	Temperatura dell'aria di mandata al diffusore in °C

## Piccole perdite di pressione

### Principi fondamentali

- Rete di condotte dell'aria corte
- Basse velocità dell'aria
- Design aerodinamico favorevole (condotte dell'aria a sezione circolare, pochi raccordi e ottimizzati per il flusso d'aria).

La disposizione delle prese d'aria esterna, locali tecnici, delle aperture per l'aria di scarico e del camino di ventilazione influenzano fortemente la lunghezza della rete delle condotte dell'aria. La loro pianificazione deve avvenire in una fase molto precoce. Impianti decentralizzati richiedono più manutenzione e, nel caso di apparecchiature per facciate, sono limitati anche dagli aspetti igienici. Per ridurre al minimo le perdite di pressione devono essere usate basse velocità dell'aria. I seguenti valori indicativi si trovano nella norma SIA 382/1:2014, ai punti 5.7.2.6 e 5.7.2.7. Le esigenze della Norma UE 1353/2014 possono eventualmente dare come risultato velocità dell'aria minori:

- Velocità massima dell'aria nelle applicazioni (rispetto alle superfici nette): 2 m/s. Questo valore guida viene osservato per le unità di trattamento aria di classe V1 (massimo 1,6 m/s), V2 (> 1,6 fino a 1,8 m/s) e V3 (> 1,8 fino a 2,0 m/s) secondo la norma EN 13 053.

- Velocità massime nelle condotte in funzione della portata volumetrica massima

fino a 40 m <sup>3</sup> /h:	2.5 m/s
fino a 1 000 m <sup>3</sup> /h:	3.0 m/s
fino a 2 000 m <sup>3</sup> /h:	4.0 m/s
fino a 4 000 m <sup>3</sup> /h:	5.0 m/s
fino a 10 000 m <sup>3</sup> /h:	6.0 m/s
oltre 10 000 m <sup>3</sup> /h:	7.0 m/s

Qui si raccomanda di applicare i valori indicativi sopra citati per condotte a sezione circolare con funzionamento



a pieno carico fino a 2000 h/a. A pieno carico di 4000 h/a e portate d'aria superiori a 4000 m<sup>3</sup>/h, come pure a pieno carico di 8000 h/a e portate d'aria superiori a 1000 m<sup>3</sup>/h, si raccomandano i valori ridotti mostrati nella figura 7.

Le velocità dell'aria qui raccomandate possono essere giustificate anche da un punto di vista economico (investimenti e funzionamento di oltre 30 anni) ai prezzi attuali; da un punto di vista energetico complessivo (energia grigia ed energia di esercizio), velocità dell'aria inferiori da 1 a 2 m/s sarebbero ancora migliori.

Nel caso di sistemi di condotte d'aria ramificate, questi valori guida devono essere osservati nella condotta con la maggiore perdita di pressione. Negli altri tratti, le velocità dell'aria più elevate sono consentite sfruttando il livello di pressione già disponibile. Tuttavia, devono essere consi-

derate le conseguenze acustiche. Con un design aerodinamico favorevole, le perdite di pressione sono notevolmente inferiori rispetto a un design sfavorevole.

■ Con la stessa superficie, la stessa velocità di flusso e rugosità, le condotte dell'aria a sezione circolare generano le perdite di pressione più basse. I canali rettangolari diventano più sfavorevoli all'aumentare del rapporto larghezza/altezza (figura 8). Con la stessa velocità dell'aria, cioè con la stessa sezione trasversale, una struttura rettangolare con un formato di 1:5, ad esempio, genera una perdita di pressione maggiore di circa il 50% rispetto ad una condotta dell'aria a sezione circolare. Nella stessa misura anche il consumo di materiale (per la costruzione) e quindi il prezzo è più alto. Possibilmente, devono essere utilizzate condotte d'aria a sezione circolare o quadrata. Quando si devono utilizzare condotte rettangolari,

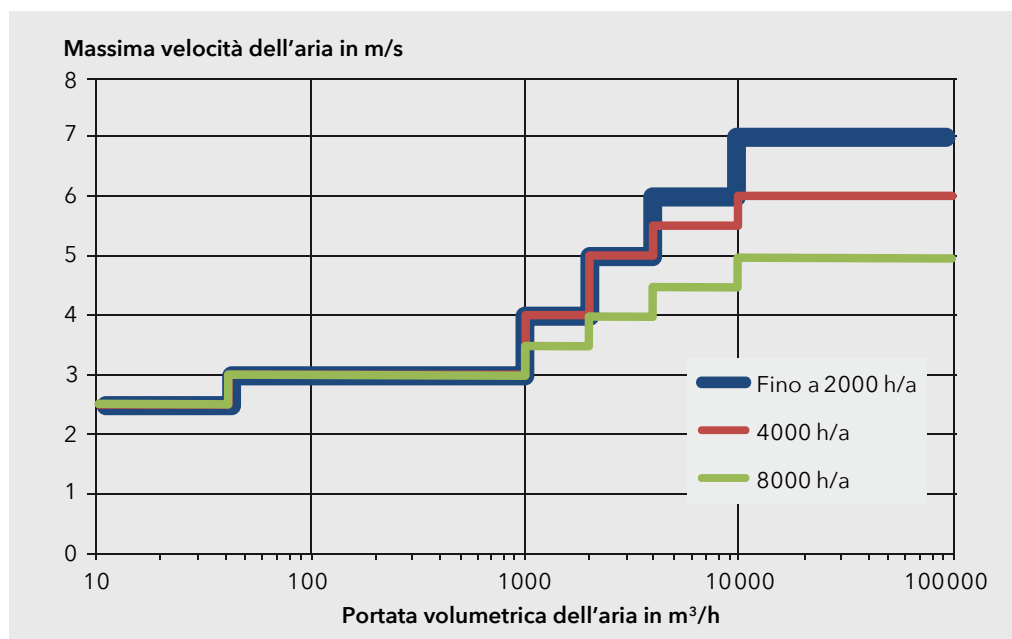


Figura 7: velocità massime nelle condotte dell'aria a sezione circolare

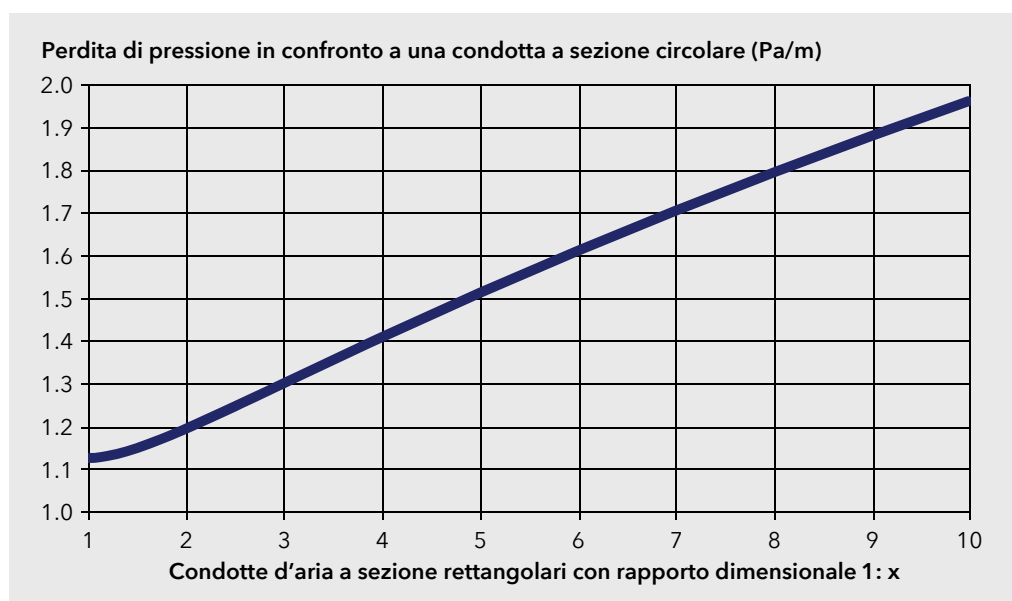


Figura 8: perdita di pressione di una condotta a sezione rettangolare dell'aria a seconda del formato rispetto a una condotta a sezione circolare con la stessa velocità dell'aria.

le velocità dell'aria devono essere ridotte di un fattore, rispetto ai valori guida sopra citati, come indicato nella figura 9.

■ Le deviazioni devono essere realizzate con elementi curvi o deflettori il più possibile ampi. Se ad esempio si costruisce una curva a 90° con un rapporto di raggio medio  $R$  al diametro  $D$  uguale a 1.0 invece di 0.5 (senza raggio interno), la perdita di pressione si riduce di circa un terzo. Con  $R/D = 3$  invece di 1 si ottiene un ulteriore dimezzamento. Le curve delle condotte devono essere composte dal maggior numero possibile di segmenti e devono avere un rapporto  $R/D$  il più ampio possibile. Con sezioni rettangolari, i condotti piatti sono molto meno adatti dei condotti quadrati o in posizione verticale. Degli esempi mostrati nella figura 10 con deviazioni a 90°, la soluzione peggiore con  $\zeta = 2.1$  ha una perdita 14 volte maggiore della perdita di pressione della soluzione migliore con  $\zeta = 0,15$ .

Informazioni dettagliate sulle perdite di pressione degli elementi della condotta dell'aria si trovano, ad esempio, nel manuale per la tecnologia di riscaldamento e condizionamento dell'aria di Recknagel, Sprenger e Schramek.

[2] La considerazione di queste interrelazioni richiede una progettazione professionale e tempestiva della rete di condotte dell'aria con calcolo delle perdite di pressione. Negli impianti con unità di trattamento dell'aria, le perdite di pressione interne sono spesso dello stesso ordine di grandezza di quelle esterne. Anche in questo caso si dovrebbe puntare sulle basse velocità dell'aria (valore massimo legato alla superficie netta: 2 m/s), cosa che influisce sul fabbisogno di spazio.

## Tempi di funzionamento adattati alle esigenze

### Principi fondamentali

- Regolare la portata in base al fabbisogno effettivo.
- Adeguare i tempi di funzionamento alle effettive esigenze.

In molte applicazioni, ad esempio in ambienti con numero di presenze giornaliere variabile, il fabbisogno di aria dipende dall'uso. In questi casi, il consumo energetico viene notevolmente ridotto adeguando la portata dell'aria in base al fabbisogno effettivo. Quando il numero di presenze è variabile, è consigliabile una regolazione basata sulle emissioni di CO<sub>2</sub> o sulla concentrazione di gas misti

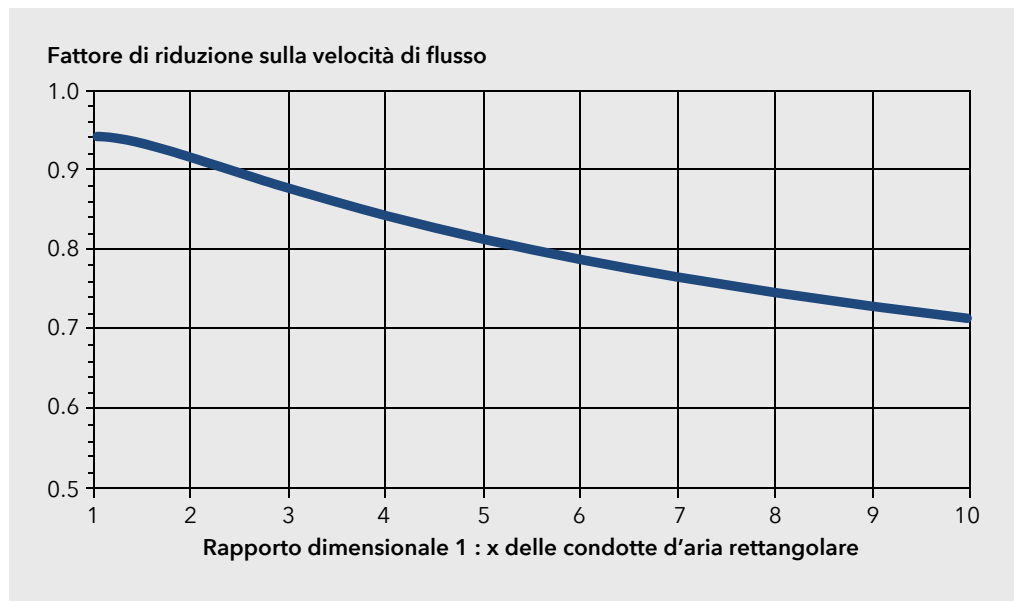


Figura 9: riduzione della velocità nelle condotte rettangolari per ottenere perdite di pressione comparabili a quelle delle condotte a sezione circolare.

Bogen		1		2	
$R/D = 0,5$	$R/D = 1,0$	$R/D = 1,5$	$R/D = 2$	$R/D = 3$	$R/D = 4$
$\zeta = 0,9$	$\zeta = 0,43$	$\zeta = 0,33$	$\zeta = 0,24$	$\zeta = 0,19$	$\zeta = 0,15$
		3 Segm. $\zeta = 1,3$		5 Segm. $\zeta = 1,1$	
		0,8		0,5	
		0,3		0,2	
		0,4		0,25	
		0,2			
$h/b = 0,25$	$h/b = 0,5$	$h/b = 1,0$	$h/b = 2,0$	$R/W = 0$	$R/W = 0,2$
$\zeta = 2,1$	$\zeta = 1,7$	$\zeta = 1,2$	$\zeta = 0,6$	$\zeta = 0,4$	$\zeta = 0,6$
				$\zeta = 0,6$	$\zeta = 0,8$
				$\zeta = 0,7$	$\zeta = 1,1$

Figura 10: esempi di resistenze singole delle deviazioni di 90°. Fonte [2]

nel locale. Il concetto dell'impianto con la suddivisione in zone o con i regolatori di portata deve tenere conto di questi requisiti. Per le altre applicazioni, può essere utile una regolazione in base alla temperatura, all'umidità o alla concentrazione di sostanze nocive, oppure utilizzare un interruttore orario. Gli impianti devono essere messi in funzione solo se i locali serviti sono effettivamente utilizzati. Per impianti, locali o edifici con un alto tasso di occupazione (ad esempio uffici, scuole), si raccomanda un tempo di pre e post funzionamento di circa un'ora. È quindi sempre necessario fornire un sistema di controllo corrispondente all'impianto.

## Elevata efficienza

### Principi fondamentali

- Alta grado di efficienza del ventilatore, trasmissione, motore e convertitore di frequenza
- Considerare l'efficienza per gli effettivi punti di funzionamento previsti
- Considerare il sistema nel suo complesso

Per l'efficienza complessiva dei ventilatori si applicano i requisiti europei e i regolamenti di dichiarazione (pag. 1). Per i nuovi impianti, devono essere utilizzati solo i ventilatori che soddisfano i requisiti di efficienza dell'UE che entreranno in vigore. Da notare che i requisiti di efficienza dell'UE dipendono dal tipo di ventilatore. Si consiglia quindi di utilizzare solo i ventilatori assiali o centrifughi con pale rovesce. Per gli altri tipi, l'efficienza del ventilatore è peggiore a causa del design.

Per le applicazioni con un punto di funzionamento costante, assicurarsi che questo sia vicino al punto di funzionamento ottimale del ventilatore. Per le applicazioni con funzionamento multistadio o variabile, la soluzione migliore dovrebbe essere determinata sulla base dei punti di funzionamento disponibili e della loro frequenza.

Classe	SFP W per m <sup>3</sup> /s	SFP W per m <sup>3</sup> /h
SFP 1+	< 300	< 0.083
SFP 1	300 - 500	0.083 - 0.14
SFP 2	500 - 750	0.14 - 0.20
SFP 3	750 - 1250	0.20 - 0.35
SFP 4	1250 - 2000	0.35 - 0.56
SFP 5*	2000 - 3000	0.56 - 0.83
SFP 6*	3000 - 4500	0.83 - 1.25
SFP 7*	> 4500	> 1.25

Tabella 5: classi di efficienza secondo le potenze specifiche dei ventilatori (vedere pagina 12)

## Potenze specifiche dei ventilatori (SFP)

### Principi fondamentali

- Classe SFP bassa predefinita (W per m<sup>3</sup>/h, tabella 5)
- Osservare i requisiti secondo la norma SIA 382/1 (Tabella 6)

### Definizione

Le potenze specifiche del ventilatore quantificano la potenza elettrica richiesta da un ventilatore per convogliare una determinata portata di aria e permette la valutazione combinata di efficienza e perdita di pressione.

$$SFP = \frac{P}{q_v} = \frac{\Delta p}{\eta_{tot} \cdot 3600}$$

- SFP Potenza specifica del ventilatore in W per m<sup>3</sup>/h
- P Potenza elettrica assorbita dal motore del ventilatore compreso un CF in W
- q<sub>v</sub> Portata in m<sup>3</sup>/h
- Δp Aumento della pressione del ventilatore in Pa
- η<sub>tot</sub> Efficienza complessiva del ventilatore

Nelle applicazioni con unità di trattamento dell'aria (monoblocco), l'aumento di pressione richiesto nel ventilatore è causato da perdite di pressione interna ed esterna, ovvero

$$\Delta p = \Delta p_{interna} + \Delta p_{esterna}$$

Nella norma SIA 382/1 sono definite le seguenti classi di prestazioni specifiche del ventilatore. Questa classificazione si applica a ciascun ventilatore separatamente. Va notato che SFP<sub>int</sub> tiene conto solo delle perdite di pressione interne definite delle unità di trattamento dell'aria e lo SFP<sub>int</sub> deve essere dichiarato ai sensi del Regolamento UE 1253/2014.

\* La Norma EN 13779 è stata nel frattempo ritirata e sostituita dalla EN 16798-3:2017.

Va notato che l'SFP<sub>int</sub>, che deve essere dichiarato secondo la la Norma EN 1253/2014, tiene conto solo delle perdite di pressione interne definite delle unità di trattamento dell'aria.

## Requisiti

Secondo la norma SIA 382/1, gli impianti di ventilazione e condizionamento progettati devono soddisfare i requisiti SFP di cui alla tabella 6.

## Unità di ventilazione residenziale

Secondo il regolamento UE N. 1253/2014 i ventilatori con una portata massima di 250 m<sup>3</sup>/h vengono definiti Unità di ventilazioni residenziali, anche se non vengono impiegati in abitazioni. Facoltativamente, un fornitore può definire come unità di ventilazione residenziale un ventilatore con portata fino a 1000 m<sup>3</sup>/h. Per le unità di ventilazione residenziali vanno indicate le classi di efficienza energetica, da A+ (la migliore) a G (la peggiore).

La tabella 7 mostra le esigenze della norma SIA 382/5 per impianti con unità di ventilazione residenziali.

Tipo di impianto	Classe SFP (Potenza specifica del ventilatore)			
	Ventilatore di mandata		Ventilatore di scarico	
	Valore limite	Valore target	Valore limite	Valore target
Impianto di mandata semplice	SFP 1	SFP 1+	-	-
Impianto di mandata con riscaldamento, unità di ricircolo con recupero di calore	SFP 1	SFP 1+	-	-
Impianto di mandata semplice			SFP 1	SFP 1+
Impianto di scarico con recupero di calore			SFP 1	SFP 1+
Impianto di mandata semplice	SFP 1	SFP 1+	SFP 1	SFP 1+
Impianto di mandata con riscaldamento	SFP 2	SFP 1	SFP 1	SFP 1+
Impianto di mandata con riscaldamento e umidificatore	SFP 2	SFP 1	SFP 1	SFP 1+
Impianto di climatizzazione	SFP 3	SFP 2	SFP 2	SFP 1
Impianto di climatizzazione con riscaldamento	SFP 3	SFP 2	SFP 2	SFP 1
Impianto di climatizzazione con umidificatore e deumidificatore	SFP 3	SFP 2	SFP 2	SFP 1

Tabella 6: requisiti SFP per gli impianti di ventilazione e condizionamento dell'aria (SIA 382/1)

Tipo di impianto	Classe di efficienza energetica minima	Perdita massima pressione esterna	
		Valore limite	Obbiettivo
Impianto di ventilazione semplice	A <sup>1)</sup>	150 Pa <sup>2)</sup>	100 Pa <sup>2)</sup>
Impianto di ventilazione per locale singolo	A <sup>1)</sup>	(0 Pa)	(0 Pa)
Impianto di ventilazione per funzionamento continuo	C	70 Pa	50 Pa
Impianto di ventilazione con gestione fabbisogno on/off	C	100 Pa	70 Pa

Tabella 7: Esigenze della norma SIA 382/5 per impianti con unità di ventilazione residenziali.

<sup>1)</sup> Per le unità con scambiatori entalpici con un rapporto di umidità > 60%, si applica la classe B.

<sup>2)</sup> Può essere diviso tra il lato dell'aria di mandata/lato aria estratta; ad es. valori limite 80 Pa/70 Pa

# Pianificazione del trasporto dell'aria ad alta efficienza energetica

L'implementazione delle informazioni descritte alle pagine da 4 a 12 è necessaria per la costruzione e il funzionamento di impianti efficienti in termini di potenza e di energia per il trasporto dell'aria con ventilatori. I requisiti essenziali vengono stabiliti in una fase molto precoce. È quindi importante che questi aspetti siano affrontati in una fase iniziale del progetto. Si raccomanda inoltre vivamente di effettuare, al termine del lavoro, un controllo del successo e una periodica verifica e ottimizzazione.

## I quattro ostacoli più comuni a un trasporto dell'aria efficiente

- Spazio insufficiente, condotte dell'aria con percorsi lunghi o complicati
- Dimensionamento errato o mancante, sovradimensionamento
- Insufficiente possibilità di adattamento alle condizioni d'uso variabili
- Selezione di componenti energeticamente svantaggiosi per scarsa conoscenza o per l'esclusiva considerazione dei costi di investimento

## Condizioni di spazio insufficiente

Per il trasporto dell'aria con basse perdite di pressione, le velocità dell'aria devono essere basse e le distanze brevi. Velocità dell'aria basse significano grandi superfici trasversali (sezione della condotta). Per garantire lo spazio necessario a tal fine è necessaria una pianificazione tempestiva. Per le centrali, occorre tener conto anche dello spazio necessario per una buona accessibilità all'apparecchiatura. Le prime indicazioni sui requisiti di spazio per gli impianti di ventilazione e condizionamento sono riportate nell'Appendice E della norma SIA 382/1. L'esigenza di brevi distanze richiede una disposizione ponderata delle centrali, delle prese d'aria esterna e delle aperture per l'aria di scarico, oltre che di un concetto di camino ad hoc. Anche queste condizioni possono essere soddisfatte solo con una pianificazione tempestiva.

## Dimensionamento errato o carente

Ventilatori, motori, trasmissioni a cinghia e convertitori di frequenza raggiungono i loro migliori rendimenti all'interno di un range ben definito. È quindi importante che questi componenti siano correttamente selezionati. Un dimensionamento errato o carente può comportare notevoli perdite di efficienza.

## Insufficiente adattabilità a condizioni d'uso variabili

Molte applicazioni presentano condizioni d'uso variabili. Il funzionamento in base al fabbisogno consente un notevole risparmio energetico. Ciò presuppone che le condizioni d'uso siano chiarite in tempo utile e che i sistemi, comprese la suddivisione in zone e la regolazione, siano progettati di conseguenza.

## Scelta dei componenti svantaggiosa dal punto di vista energetico

In base al tipo e alla qualità della produzione, vi sono talvolta notevoli differenze nell'efficienza e nel comportamento a carico parziale dei componenti per il trasporto dell'aria. Si raccomanda pertanto di esaminare seriamente diverse varianti. Alle pagine da 14 a 16 si presenta la procedura concreta per il rilevamento e la valutazione dei ventilatori in considerazione dei costi del ciclo di vita nelle condizioni operative previste.

# Verifica e ottimizzazione dei impianti esistenti

Negli impianti esistenti, l'efficienza energetica del trasporto dell'aria può essere determinata e valutata mediante misurazioni. Se si riscontrano deviazioni dalle norme attualmente in vigore, occorre esaminare caso per caso se sono possibili gli adeguamenti e se questi sono convenienti.

## Le cinque principali carenze degli impianti esistenti

- Tempi di funzionamento troppo lunghi
- Portate volumetriche troppo elevate
- Azionamenti e controlli obsoleti
- Assenza regolazione del fabbisogno
- Manutenzione inadeguata, piani di installazione non aggiornati

## Tempi di funzionamento troppo lunghi

Spesso i tempi di funzionamento impostati non corrispondono all'utilizzo attuale. Gli adeguamenti delle impostazioni di regolatori e timer possono essere implementate molto rapidamente e non costano praticamente nulla. Si raccomanda vivamente di controllare periodicamente i parametri delle impostazioni.

## Portata troppo alta

Molti sistemi di ventilazione sono sovradimensionati. Le ragioni di ciò risiedono nella pianificazione originale (riserva di capacità esagerata) e nelle mutate condizioni d'uso. Nel caso di impianti di ventilazione che alimentano più locali, il controllo e la regolazione devono essere effettuati locale per locale. Le nuove impostazioni devono essere effettuate da esperti. Se la portata viene ridotta di oltre il 20%, è necessario verificare contemporaneamente la sostituzione del ventilatore.

## Azionamenti e controlli obsoleti

Le cinghie trapezoidali hanno una scarsa efficienza, specialmente con ventilatori di piccole e medie dimensioni. Nei vecchi impianti ci sono ancora controlli di velocità con trasformatori tecnicamente obsoleti.

Nei nuovi modelli, i motori a commutazione elettronica a magneti permanenti o a riluttanza sono montati direttamente sull'albero motore dei ventilatori. Oltre alle perdite di trasmissione meccanica (attrito), anche le perdite elettriche sono notevolmente inferiori rispetto alle vecchie soluzioni con controllo a trasformatore o motori asincroni. Per i ventilatori di piccole e medie dimensioni, il passaggio dalla vecchia alla nuova tecnologia può far risparmiare dal 30% al 50% di energia elettrica.

## Assenza regolazione del fabbisogno

La regolazione del fabbisogno (qualità dell'aria ambiente, temperatura ambiente, pressione) che utilizzano flussi d'aria a volume variabile, dieci anni fa erano molto più complessi e costosi rispetto ad oggi. In caso di presenze e carichi variabili (calore, umidità, sostanze inquinanti), l'ammodernamento dovrebbe essere valutato per gli impianti di medie e grandi dimensioni.

## Manutenzione inadeguata

Il funzionamento dei ventilatori e dei loro sistemi richiede una manutenzione professionale. Ciò include lavori periodici di pulizia e manutenzione, sostituzione dei filtri, sostituzione di parti difettose, ecc. Un sistema di contabilità energetica è molto utile. Con esso è possibile identificare rapidamente i cambiamenti nei consumi e nell'efficienza energetica. Devono essere presi in considerazione anche gli adeguamenti dovuti a variazioni d'uso. Ciò richiede il controllo e l'adeguamento dei piani di installazione e di tutta la documentazione del sistema.

## Quando si dovrebbe controllare un impianto?

Si raccomanda di controllare il concetto di base e l'efficienza energetica di un impianto di ventilazione ogni 10 anni circa. Durante questo periodo, le condizioni d'uso possono cambiare o l'efficienza può deteriorarsi a causa dell'invecchiamento dei componenti. Un'altra ragione è che nel giro di un decennio la tecnologia si è sviluppata in modo significativo, rendendo disponibili componenti e sottosistemi più efficienti.

Un altro momento per controllare l'impianto di ventilazione è quando si riscontra un consumo energetico inesplicitamente elevato dell'impianto stesso o dell'edificio.



Figura 11: l'uso di ventilatori sporchi riduce la portata e aumenta il consumo energetico

## Come procedere?

Gli impianti esistenti vengono valutati con una procedura in più fasi:

- Nella prima fase, l'impianto viene valutato approssimativamente con un'ispezione visiva.
- Se viene identificato un significativo potenziale di miglioramento energetico, viene effettuata una seconda fase di analisi energetica, che si basa essenzialmente sulla documentazione dell'impianto.
- In caso di dati mancanti o poco chiari nella documentazione dell'impianto, in una terza fase possono essere effettuate delle misurazioni.

## Controllo visivo

### Manutenzione

Una manutenzione impropria - sporczia, invecchiamento e interventi manuali (ad es. regolazione errata di serrande e regolatori) - può causare forti perdite di carico o altre condizioni operative sfavorevoli.

I filtri devono essere sempre sostituiti prima di un'analisi energetica. Se si osserva che i filtri non vengono sostituiti o non vengono sostituiti abbastanza spesso, il servizio di assistenza deve esserne informato.

Per garantire una qualità dell'aria perfetta dal punto di vista igienico, si raccomanda un'ispezione igienica regolare. La SWKI VA 104-01 prevede un'ispezione ogni due o tre anni, a seconda del tipo di trattamento dell'aria.

Se si stabilisce che è necessaria un'ispezione igienica, questa deve essere organizzata prima dell'analisi energetica.

### Osservazioni durante il funzionamento

I ventilatori di un oggetto (edificio, fabbrica, ecc.) vengono valutati qualitativamente. Questo avviene tramite un'ispezione con il personale operativo (ad es. elettricista o servizio domestico). Le cinque carenze più importanti servono come griglia per la valutazione (vedere a pagina 14).

### Risultati del controllo visivo e interventi da prevedere

Il controllo visivo è documentato in un registro. Per ogni impianto vengono proposti i passi successivi, ad esempio:

- Nessun intervento: l'impianto è energeticamente in buone condizioni e non ha difetti evidenti.
- Interventi immediati: controllare la regolazione dei tempi di funzionamento e della tensione della cinghia, ecc.
- Ulteriori analisi energetiche: l'impianto sarà oggetto di ulteriori controlli. Ciò può essere fatto analizzando la documentazione dell'impianto o mediante misurazioni.
- Altre misure non energetiche: a causa di evidenti

carenze, l'analisi energetica viene interrotta e vengono avviate le misure per porvi rimedio.

## Analisi della documentazione dell'impianto

Nella seconda fase, gli impianti selezionati vengono valutati in base alla documentazione:

- SFP (prestazioni specifiche del ventilatore)
- Portata d'aria (per persona; in relazione a carichi termici o inquinanti)
- Controllo e regolazione del fabbisogno (qualità dell'aria, temperatura ambiente, pressione differenziale)

Inoltre, si controlla se sono presenti componenti palesemente inefficienti:

- Grado di efficienza del ventilatore (in base alla scheda tecnica o all'esperienza)
- Trasmissione
- Motore (classe energetica scadente, sovradimensionamento)
- Parametri di controllo e regolazione (strozzatura, controllo del trasformatore)

Esistono condizioni chiaramente sfavorevoli, quando:

- $SFP > 0,5 \text{ W/m}^3/\text{h}$
- Portata superiore del 30% al fabbisogno
- nessun controllo o regolazione del fabbisogno
- Azionamenti a cinghia trapezoidale per ventilatori con potenza dell'albero inferiore a 2 kW

L'analisi è documentata in un registro. Per ogni impianto vengono suggerite ulteriori fasi di lavoro. In generale, sono possibili le seguenti varianti:

- Non sono necessari altri interventi
- Avvio di misure, ad es. nuova impostazione della portata
- Inizio di misurazioni
- Pianificare un intervento di risanamento dell'impianto

## Misurazioni

### Principi di base per le misurazioni

Prima di iniziare le misurazioni è necessario considerare:

- Impostazioni rilevanti (fasi operative, carichi)
- Durante la misurazione il controllo o la regolazione devono essere impostati sui parametri di dimensionamento. Ad esempio, in un impianto per la regolazione della qualità dell'aria, la concentrazione di  $\text{CO}_2$  deve essere impostata sul valore minimo.
- L'eventuale aggiunta di aria di ricircolo deve essere regolata in modo che la proporzione di aria di ricircolo corrisponda ai parametri di dimensionamento.
- Esistono componenti speciali come regolatori di portata o regolatori di pressione costante?

■ Per gli impianti con ventilatori di mandata e di aspirazione, si deve decidere se il consumo di energia elettrica di ciascun ventilatore viene misurato separatamente o se viene misurato il consumo di energia dell'intera unità di trattamento dell'aria.

■ L'importanza delle misurazioni aumenta significativamente se vengono effettuate anche misurazioni a carico parziale e non solo sui parametri di dimensionamento. Da non dimenticare: durante le misurazioni devono essere osservate le norme di sicurezza (corrente ad alta tensione, rischio di lesioni a causa dei ventilatori).

### **Consumo di energia elettrica**

La potenza elettrica assorbita (potenza attiva) viene misurata nello stato di funzionamento in cui vengono misurate anche la portata e la pressione di mandata.

Le misurazioni sugli impianti con corrente ad alta tensione devono essere eseguite solo da persone autorizzate (elettricisti autorizzati).

### **Portata e pressione di mandata**

Nei sistemi più grandi, la portata viene di solito misurata alla massima distanza possibile prima o dopo l'unità di trattamento dell'aria (monoblocco). Il punto di misura non deve essere posizionato direttamente dopo raccordi come curve o componenti in direzione del flusso. Un anemometro viene utilizzato per registrare il profilo di flusso (velocità dell'aria). Moltiplicandolo poi con la sezione trasversale si ottiene la portata. Se la temperatura nel punto di misura si discosta di oltre 10 K dal valore di riferimento (spesso 20 °C), nella valutazione si deve tener conto dell'influenza della densità.

Negli impianti di piccole e medie dimensioni, la portata può essere misurata anche sui diffusori d'aria. Per ottenere una precisione sufficiente, è opportuno utilizzare a tal fine strumenti di misurazione a imbuto.

Per valutare i ventilatori e l'impianto, oltre alla portata d'aria deve essere effettuata anche la misurazione della pressione. Per determinare i punti di funzionamento dei ventilatori, è necessario misurare le pressioni sui raccordi dei ventilatori. Per valutare la distribuzione dell'aria, devono essere effettuate misurazioni della pressione sui raccordi dell'unità di trattamento dell'aria.

Se per la misurazione di differenza di pressione le sezioni trasversali dei due punti di misurazione non sono le stesse, occorre tener conto delle differenze di pressione dinamica.



# Conseguenze energetiche delle diverse soluzioni (esempio)

Le informazioni contenute in questa scheda tematica mostrano che il consumo può essere significativamente ridotto con un sistema efficiente dal punto di vista energetico e basato sul fabbisogno. Questo aspetto è illustrato dall'esempio delle misurazioni su sei impianti reali e dall'esempio matematico di un impianto di mandata con 10000 m<sup>3</sup>/h.

## Misurazioni

La figura 12 mostra il risultato delle potenze specifiche assorbite misurate di sei impianti in caso di progettazione con una portata d'aria da 4000 a 25000 m<sup>3</sup>/h. È stato aggiunto il consumo elettrico dei ventilatori di mandata e di aspirazione e diviso per il valore medio della portata volumetrica dell'aria di mandata e dell'aria di aspirazione.

I quattro impianti guardaroba, scuola, palazzetto dello sport e sala sono sistemi di ventilazione con riscaldamento dell'aria. Tutti gli impianti (ad eccezione del palazzetto dello sport di 25000 m<sup>3</sup>/h) hanno una portata volumetrica compresa tra 4000 e 6000 m<sup>3</sup>/h.

■ L'impianto dei «guardaroba» è dotato di efficienti ventilatori ad azionamento diretto. A causa delle elevate perdite di carico esterno (somma di 900 Pa lato mandata e lato aspirazione), il consumo specifico di energia elettrica è quasi 2 volte superiore al valore limite.

■ L'impianto «scuola» è caratterizzato da basse velocità di flusso nella distribuzione dell'aria (circa 2 m/s) e quindi ha una perdita di carico esterna di soli 320 Pa. Nonostante la tecnologia di azionamento convenzionale con cinghie trapezoidali, si ottiene un buon valore SFP.

■ Per il «palazzetto dello sport» la portata è di 25000 m<sup>3</sup>/h. Con questo impianto più grande, la perdita di carico esterna relativamente elevata di 920 Pa ha il suo effetto. Pertanto, nonostante la buona efficienza del ventilatore e del motore, il valore limite viene superato.

■ «Sala»: sebbene l'unità di ventilazione abbia una bassa perdita di pressione esterna di 370 Pa grazie a una rete di condotte corte, l'unità di ventilazione vecchia di 10 anni non soddisfa più i requisiti odierni in termini di perdita di pressione interna e di efficienza.

■ «Piscina coperta»: entrambi i sistemi di ventilazione sono impianti di condizionamento parziale. Le due piscine coperte hanno una distribuzione dell'aria corta con corrispondenti piccole perdite di carico esterno di 350 Pa (piscina coperta 1) e 260 Pa. Nella piscina coperta 1 è disponibile una nuova unità di ventilazione con ventilatori ad azionamento diretto. L'unità di ventilazione nella piscina coperta 2 ha ben 10 anni ed è dotata di trasmissione a cinghia trapezoidale.

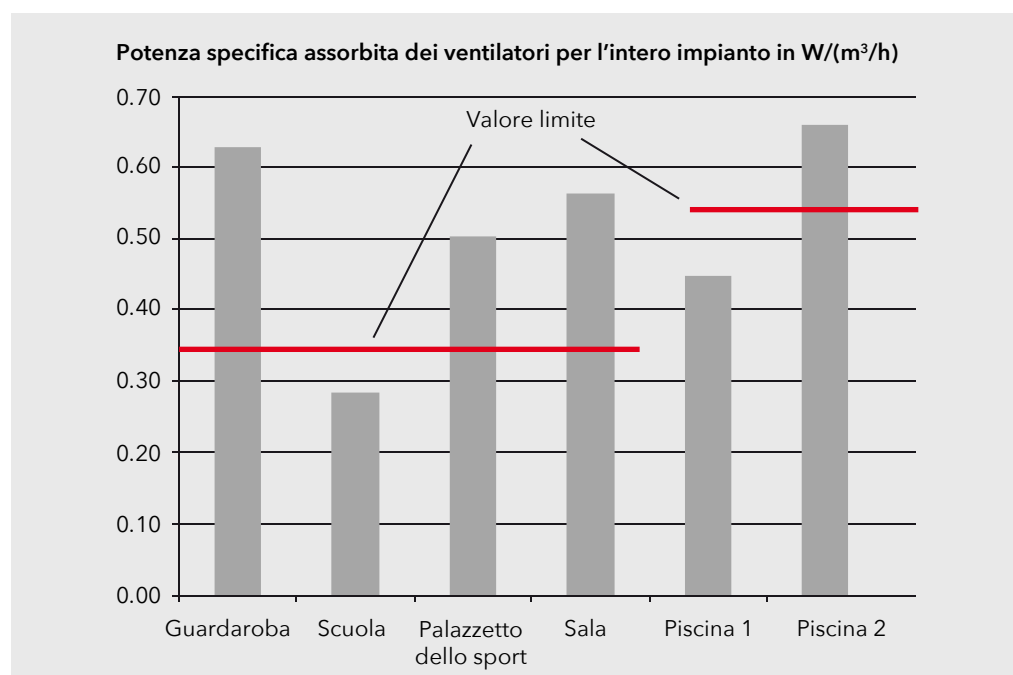


Figura 12: esempi di potenze specifiche assorbite dei ventilatori misurati

## Esempio matematico semplice dell'impianto di condizionamento

Ai sensi della norma SIA 382/1:2014, il termine «semplice impianto di condizionamento» definisce un sistema con recupero di calore, filtraggio, riscaldamento e raffreddamento.

La combinazione di modalità operative, differenze di pressione e rendimenti complessivi determina i valori caratteristici indicati nelle figure 13 e 14. Nel caso di funzionamento continuo di un impianto monostadio, scadente dal punto di vista energetico, il fabbisogno di energia è di 8 volte superiore, mentre il fabbisogno energetico annuale è 60 volte superiore a quello di un impianto ad alta efficienza con basse perdite di carico e portata variabile. Nel caso di un inutile funzionamento continuo, è possibile ottenere notevoli risparmi energetici semplicemente installando un interruttore orario. Al fine di sfruttare appieno il potenziale di risparmio indicato, vanno installate componenti aggiuntive ad alta efficienza energetica e la portata d'aria va adeguata al fabbisogno, ad esempio con una misurazione della concentrazione di CO<sub>2</sub> come variabile principale per il dimensionamento in base al numero persone.

Se si confrontano nell'esempio a pagina 19 i casi B3/D3/D3/W3 (funzionamento di un impianto a due stadi energeticamente buono per 12 ore/giorno nei giorni lavorativi) e B4/D4/W4 (funzionamento di un impianto energeticamente molto buono con portata variabile in linea con il fabbisogno), la differenza è ancora di un fattore 1,9 per il fabbisogno di potenza e di un fattore 2,4 per il fabbisogno energetico.

Esempio 1	Esempio 2	Esempio 3	Esempio 4
Funzionamento continuo di un impianto mono-stadio energeticamente scadente	Funzionamento di un impianto mono-stadio energeticamente medio per 12 ore al giorno nei giorni infrasettimanali	Funzionamento di un impianto a due stadi energeticamente buono per 12 ore al giorno nei giorni infrasettimanali	Funzionamento di un impianto energeticamente molto efficiente con portata d'aria variabile (VAV)

Esempio di un ventilatore di mandata con 10000 m<sup>3</sup>/h (semplice impianto di aria condizionata per uso ufficio misto)

Potenza specifica assorbita in W pro m<sup>3</sup>/h

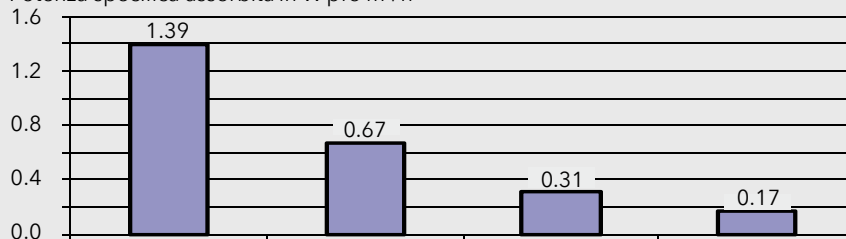


Figura 13: potenza specifica richiesta per il ventilatore di mandata nell'impianto in esempio. Valore limite secondo SIA 382/1: 0.35 W per m<sup>3</sup>/h, valore di riferimento 0.21 W per m<sup>3</sup>/h

Fabbisogno energetico annuale in MWh/a

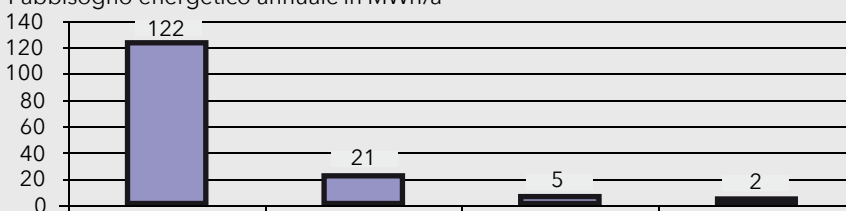


Figura 14: fabbisogno energetico annuo per il ventilatore di mandata degli impianti in esempio

Tipo di funzionamento	B1	B2	B3	B4
Portata volumetrica di aria in m <sup>3</sup> /h				
Stadio 4	10000	10000	10000	10000
Stadio 3	-	-	5000	8000
Stadio 2	-	-	-	6000
Stadio 1	-	-	-	4000
Ore di funzionamento giornaliero su 24 ore				
Stadio 4	24	12	6	2
Stadio 3	-	-	6	4
Stadio 2	-	-	-	4
Stadio 1	-	-	-	2
Totale	24	12	12	12
Giorni di funzionamento annuali in giorni/anno				
Totale	365	260	220	220
Differenza di pressione in Pa	D1	D2	D3	D4
Stadio 4	2000	1200	700	460
Stadio 3	-	-	175	294
Stadio 2	-	-	-	166
Stadio 1	-	-	-	74
Grado di efficienza totale	W1	W2	W3	W4
Stadio 4	0,40	0,50	0,63	0,77
Stadio 3	-	-	0,58	0,72
Stadio 2	-	-	-	0,67
Stadio 1	-	-	-	0,62

#### Indicazioni

Secondo la norma SIA 382/1:2014

■ Somma delle perdite di carico parte mandata (esterne ed interne) massimo 500 Pa fino a 700 Pa

#### Secondo la direttiva UE

Secondo la direttiva UE, il rendimento massimo ottenibile dipende dalla potenza assorbita a carico nominale. Per 3.1 kW (W3) il miglior valore oggi raggiungibile è 0.72, per 1.7 kW (W4) è 0.70.

# Maggiori informazioni

## Parametri e unità di misura

Designazione	Simbolo	Unità	Spiegazione
Tempo di funzionamento	t	h	
Fabbisogno di energia elettrica	E	Wh	
Differenza di pressione totale	$\Delta p$	Pa	Delta p
Efficienza totale	$\eta_{ges}$	-	Eta global
Velocità dell'aria	v	m/s	
Temperatura dell'aria ambiente	$\theta_{RAL}$	°C	Theta air ambient
Potenza specifica assorbita di apparecchi compatti per aria	SPI	W per m <sup>3</sup> /h	
Potenza specifica dei ventilatori	SFP	W per m <sup>3</sup> /h	
Temperatura dell'aria di mandata	$\theta_{ZUL}$	°C	Theta mandata
Efficienza del motore	$\eta_M$	-	Eta
Efficienza di regolazione	$\eta_R$	-	Eta, CF
Efficienza della Trasmissione	$\eta_{Tr}$	-	Età cinghia piatta o trapezoidale
Efficienza del ventilatore	$\eta_V$	-	Eta

## Nota editoriale

La scheda tematica è stata redatta come parte del programma di implementazione per i sistemi di azionamento efficienti di Topmotors. Redazione a cura di Conrad U. Brunner, Bruno Hari, Bürgi Schärer, Prof. Heinrich Huber, FHNW, e Urs Steinemann, Ing. US.; attualizzazione parziale nel marzo 2021 (normative, leggi, fonti) Redazione e realizzazione grafica: Faktor Journalisten AG.

La scheda tematica è disponibile all'indirizzo [www.topmotors.ch](http://www.topmotors.ch) in lingua francese, tedesca e italiana. Topmotors è supportata da SvizzeraEnergia.

## Norme, leggi e fonti

### Ordinanza sull'efficienza energetica, OEEne

- Allegato 2.6: Esigenze per l'efficienza energetica, la commercializzazione e la cessione di ventilatori a motore con raccordo alla rete
- Allegato 2.7: Esigenze per l'efficienza energetica, la commercializzazione e la cessione di motori e convertitori di frequenza
- Allegato 1.17: Esigenze per l'efficienza energetica, la commercializzazione e la cessione di unità di ventilazione

## Norme in Svizzera

- SIA 108:2020 Norme che disciplinano le prestazioni e gli onorari degli ingegneri meccanici ed elettrici e degli ingegneri specializzati in installazioni edilizie
- SIA 382/1:2014 Impianti di ventilazione e condizionamento dell'aria: principi di base e requisiti generali
- SIA 2056:2019: Elettricità negli edifici - Fabbisogno di energia e di potenza
- SIA 382/5:2021 Ventilazione meccanica negli edifici residenziali (disponibile in tedesco e francese)

## Requisiti legislativi in Europa (UE)

Direttiva sulla progettazione ecocompatibile, Regolamenti:

- n. 1781 (2019): motori elettrici da 0.12 kW a 1 000 kW, convertitori di frequenza progettati per funzionare con motori da 0.12 kW a 1 000 kW e circolatori senza premi-stoppa.
- n. 327 (2011): ventilatori con potenza elettrica di ingresso compresa tra 0,12 kW e 500 kW [1]
- n. 1253 (2014): Specifiche per la progettazione ecocompatibile delle unità di ventilazione

## Norme internazionali

- IEC 60034-30-1:2014 Rotating electrical machines - Part 30-1, Efficiency classes (IE code)

## Fonti

- Recknagel, Sprenger, Schramek: manuale per riscaldamento + climatizzazione 2017/2018, Oldenbourg Industrieverlag GmbH [2]
- Scheda tecnica SIA 2023: ventilazione in edifici residenziali [4]
- Scheda tecnica SIA 2024: Dati d'utilizzo di locali per l'energia e l'impiantistica degli edifici [5]
- Libretto tematico Motor: edizione 28, ottobre 2010, Faktor Verlag [6] (fuori stampa)
- Modelli di regolamentazione dei Cantoni nel settore energetico, MUKEn, EnDK 2014
- Aiuto all'esecuzione EN-105 (Impianti di ventilazione, 2018) e EN-142 (Ottimizzazione energetica in funzionamento, 2017)
- Rita Werle, Conrad U. Brunner, Rolf Tieben: Swiss motor efficiency program EASY, results 2010 - 2014, in: ACEEE Industrial Summer Study, Buffalo, NY, USA, 2015
- Conrad U. Brunner, Jürg Nipkow, Rolf Tieben, Rita Werle: azionamenti elettrici ad alta efficienza energetica; in: Bulletin electrosuisse/VSE, Nr. 8/2012