



IMPIANTI A PORTATA VARIABILE

Principi di progettazione e funzionamento

Indice

Principi di funzionamento	04
Tipologie di impianti con serrande a portata variabile (VAV)	06
Controllo dei ventilatori negli impianti dotati di regolatori VAV	10
Aspetti acustici negli impianti VAV	12
Distribuzione dell'aria negli impianti VAV	14
Gamma di prodotti VAV	15
Integrazione dei sistemi VAV nei sistemi di gestione dell'edificio	15

PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO

Una serranda a portata d'aria variabile, nota anche con l'acronimo VAV (Variable Air Volume), è un elemento chiave negli impianti di ventilazione e climatizzazione (HVAC). Il suo compito principale è regolare in modo dinamico la quantità d'aria immessa in un determinato ambiente, adattandola alle esigenze di temperatura e ventilazione di quella zona.

Queste serrande permettono una gestione più precisa ed efficiente del comfort ambientale, modulando la portata d'aria in funzione di variabili come la presenza di persone, la temperatura desiderata e la qualità dell'aria rilevata.

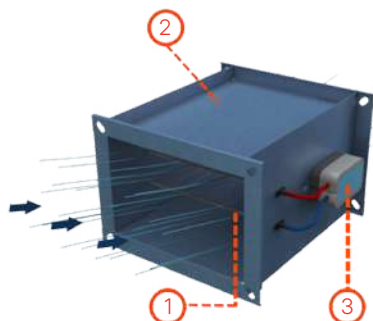
Una serranda a portata variabile integra in un unico dispositivo un attuatore proporzionale, una sonda di misurazione e una pala a tenuta, garantendo un controllo preciso e affidabile dell'aria che passa per il regolatore.

Per assicurare un'erogazione ottimale dell'energia in ogni zona, le serrande VAV impiegano un doppio anello di regolazione che collega la variabile controllata (T, CO₂, ecc.) alla portata d'aria effettivamente misurata, modulando il flusso in modo preciso in base alle reali necessità dell'ambiente controllato.



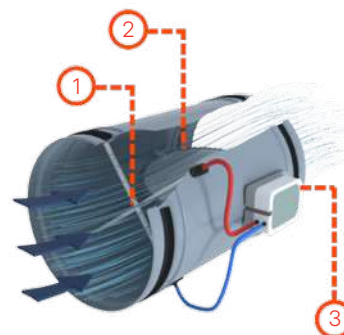
SVA-R

Serranda a portata variabile per canali rettangolari.



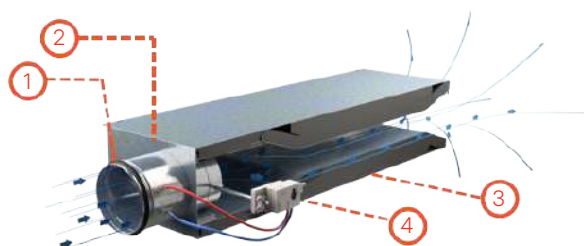
SVA-C

Serranda a portata variabile per canali circolari.

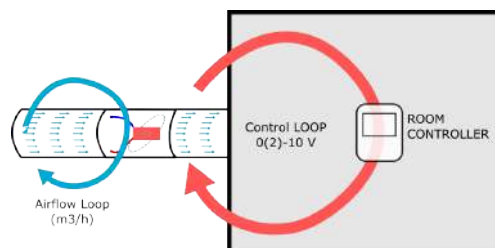


SHH

Regolatori VAV silenziati per impianti con elevate esigenze acustiche.



1. Sonda di misurazione della portata
2. Pala di regolazione a tenuta
3. Attuatore-regolatore compatto
4. Cassa silenziata



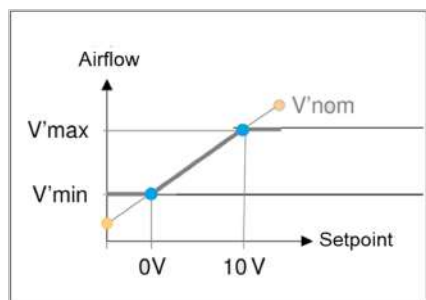
I regolatori VAV sono progettati per funzionare **indipendentemente dalla pressione presente a monte**.

La posizione della pala non è determinata solo dal segnale proveniente dal regolatore di temperatura o CO₂, ma anche dalla pressione effettiva all'ingresso del dispositivo. Di conseguenza, anche se il segnale del regolatore ambiente rimane invariato, la serranda può comunque modificare la propria apertura, ad esempio quando altre serrande VAV si aprono o si chiudono, oppure quando varia la velocità del ventilatore dell'UTA.

PORTATA MINIMA / MASSIMA / NOMINALE

(V_{min} – V_{max} – V_{nom})

Le serrande VAV regolano la portata d'aria con l'obiettivo di raggiungere due risultati fondamentali: mantenere costante la temperatura impostata e/o assicurare un'elevata qualità dell'aria negli ambienti serviti.



V_{nom} : valore raffrontato con il segnale di feedback (U), che consente di monitorare in tempo reale la portata d'aria che attraversa la serranda.

V_{min}

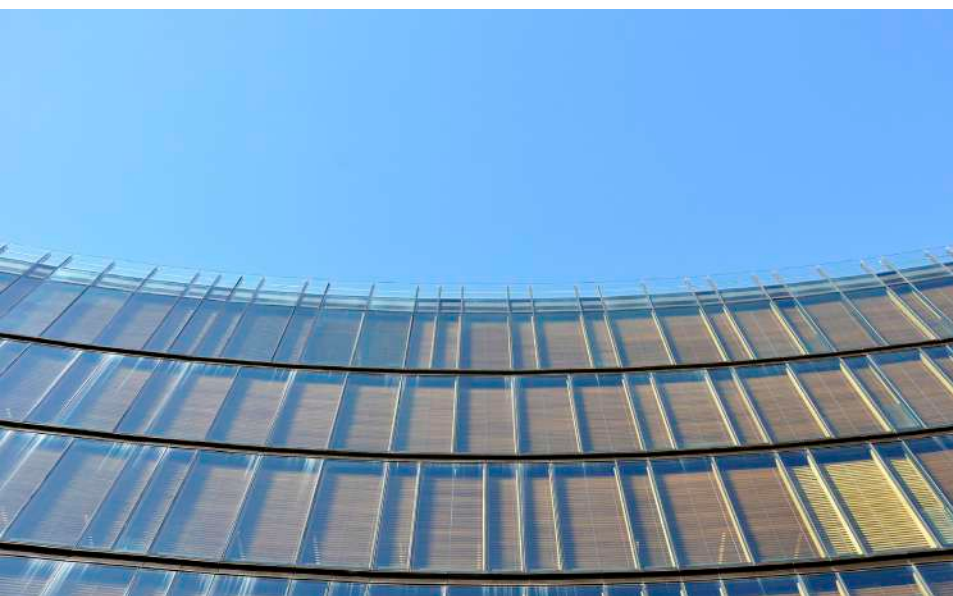
La portata minima viene definita in funzione del ricambio d'aria necessario per garantire un'adeguata qualità ambientale nella zona servita. In genere, corrisponde a un segnale di controllo pari a 0 V.

V_{max}

La portata massima è determinata in base al fabbisogno termico massimo dell'ambiente, solitamente riferito alla potenza di raffreddamento richiesta. Corrisponde a un segnale di controllo pari a 10 V.

V_{nom}

Indica la portata nominale massima che il regolatore è in grado di gestire utilizzata come valore di riferimento per il controllo del sistema. Questo valore è preimpostato dal produttore e non è modificabile in fase di installazione.



REGOLAZIONE DELLA PORTATA D'ARIA E CONFIGURAZIONE STANDARD

Le serrande VAV vengono fornite con i valori di portata V_{min} e V_{max} preimpostati in fabbrica, in base alle indicazioni fornite dal cliente. Qualora si rendesse necessario, questi parametri possono essere facilmente ricalibrati anche dopo l'installazione, purché si disponga degli appositi strumenti di regolazione.

Negli impianti VAV è fondamentale garantire il rispetto delle portate minime previste in fase di progetto. In assenza di tali condizioni, le serrande non riusciranno a modulare correttamente e rimarranno completamente aperte, perdendo così la capacità di regolazione.

CONTATTI IMPERATIVI

Gli attuatori per serrande VAV sono dotati di contatti imperativi che consentono di forzare il funzionamento della serranda, permettendone la chiusura totale, l'apertura completa oppure il posizionamento sui valori di V_{min} o V_{max} , indipendentemente dal segnale di controllo 0–10 V proveniente dal regolatore.

Alcune applicazioni tipiche di questi contatti includono la chiusura totale della serranda in assenza di occupazione degli ambienti, l'apertura completa per raggiungere più rapidamente il setpoint desiderato, l'attivazione della ventilazione massima in modo forzato.



TIPOLOGIE DI IMPIANTI VAV

I regolatori a portata variabile vengono impiegati principalmente in due tipologie di impianto:

CONTROLLO DELLA PORTATA

- Regolazione sulla mandata e sulla ripresa con collegamento in parallelo
- Regolazione sulla mandata e sulla ripresa con configurazione Master-Slave
- Regolazione solo sulla mandata
- Regolazione a portata costante

CONTROLLO DELLA PRESSIONE

- Regolazione della pressione nel canale
- Regolazione della pressione nella stanza

Sono inoltre disponibili configurazioni ibride di controllo della portata e della pressione nei canali, che consentono di razionalizzare l'impiego dei dispositivi VAV e semplificare la gestione degli impianti più complessi.

CONTROLLO COMBINATO DI PRESSIONE E PORTATA

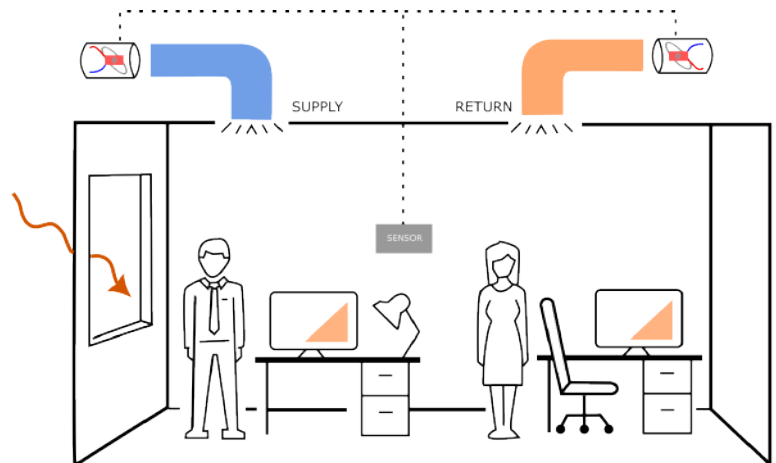
- Regolazione della pressione nel canale di mandata e controllo della portata nel canale di ripresa.

IMPIANTI VAV MANDATA-RIPRESA IN PARALLELO

In questa configurazione, sia la serranda sulla mandata che quella sulla ripresa ricevono lo stesso segnale di controllo (0-10 V) direttamente dal regolatore. Questo consente di impostare e gestire in modo indipendente le portate d'aria in mandata e in ripresa.

Questa soluzione è particolarmente indicata nei seguenti casi:

- Quando le serrande di mandata e ripresa hanno dimensioni diverse, oppure quando sono richieste portate minime e massime differenti tra i due rami.
- In impianti con più unità di mandata e ripresa.
- Le configurazioni con collegamento in parallelo sono consigliate perché presentano un design più semplice e una messa in servizio più rapida rispetto ad altre soluzioni.



IMPIANTI VAV MANDATA-RIPRESA MASTER-SLAVE

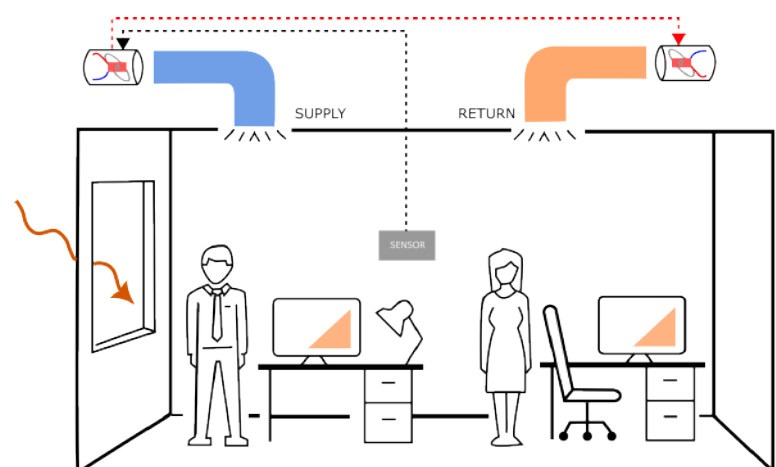
Nel sistema di controllo Master-Slave, il regolatore ambiente invia il segnale di setpoint (0-10 V) alla serranda di mandata (Master), che a sua volta trasmette un segnale di controllo alla serranda di ripresa (Slave). Quest'ultima regola la portata in funzione del segnale ricevuto dalla serranda Master, garantendo un funzionamento coordinato tra mandata e ripresa.

Questa configurazione si utilizza per:

- Impianti in cui la serranda di ripresa opera in modo sequenziale rispetto a quella di mandata.
- Ambienti dove le serrande di mandata e ripresa hanno dimensioni simili.

Svantaggi

- La configurazione Master-Slave richiede un'accurata identificazione e gestione durante tutte le fasi, dalla progettazione alla fornitura, dall'installazione alla messa in servizio, per garantire un funzionamento affidabile e privo di errori.



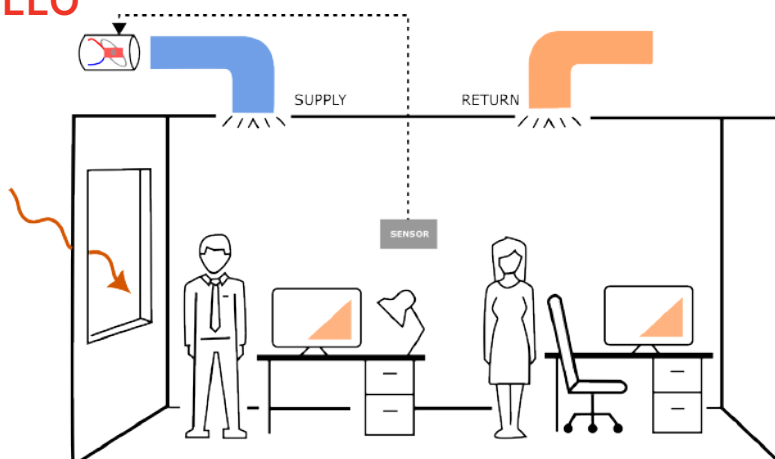


IMPIANTI VAV CON CONTROLLO SOLO SULLA MANDATA

In questa configurazione, il regolatore invia il segnale di controllo solo alla serranda di mandata, mentre le serrande di ripresa non vengono monitorate né regolate.

Questa configurazione si utilizza per:

- Motivi economici, in quanto elimina la necessità di installare serrande di ripresa. Tuttavia, l'assenza di regolazione sulle riprese può causare squilibri di pressione nell'impianto, con alcune zone in sovrappressione e altre in depressione, compromettendo il comfort e l'efficienza complessiva del sistema.

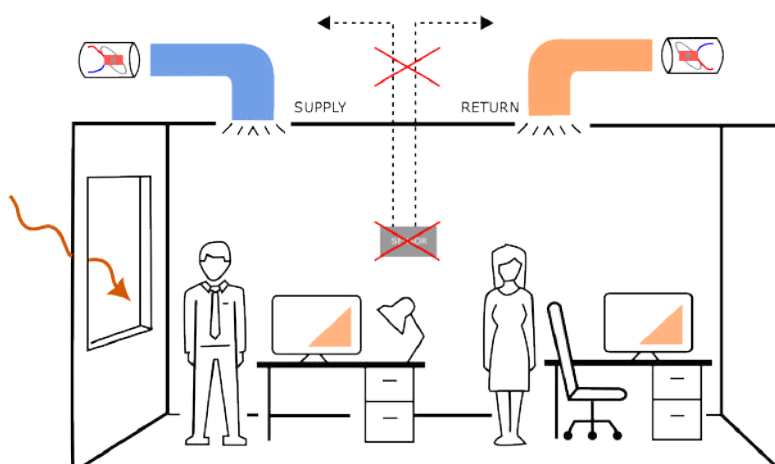


IMPIANTI A PORTATA COSTANTE

Il regolatore di mandata, di ripresa o entrambi sono configurati per operare a portata costante (CAV). In questo caso non è presente NESSUN segnale di controllo 0-10 V che vari la portata d'aria in base ai parametri ambientali della stanza.

Questa configurazione si utilizza per:

- Garantire il corretto ricambio d'aria nelle aree comuni oppure assicurare i flussi d'aria di rinnovo conformi alle normative vigenti.

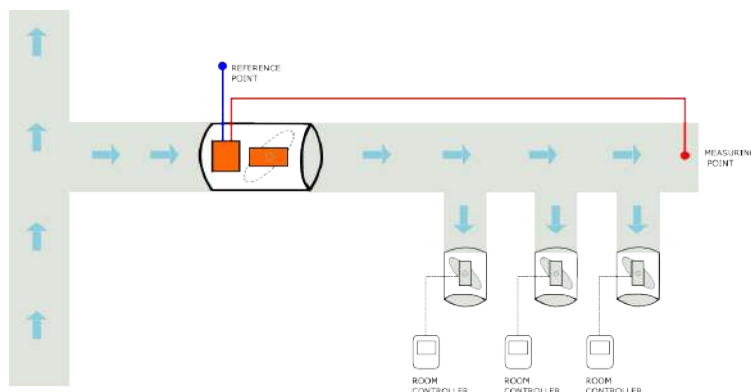


CONTROLLO DELLA PRESSIONE NEL CANALE

Il dispositivo di controllo VRU, in combinazione con l'attuatore LM, gestisce la pressione nel canale al fine di garantire il bilanciamento ottimale dei rami di mandata.

Questo tipo di installazione è utilizzato per:

- Bilanciare la pressione tra i rami principali e secondari, garantendo che le unità terminali operino alla pressione di progetto e prevenendo sovrappressioni che possono causare rumori e fastidiose correnti d'aria.



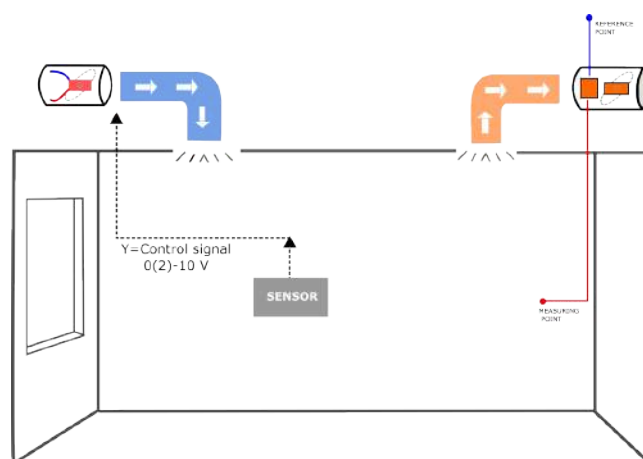
Controller:
Belimo VRU-D3-BAC or VRU-M1-BAC
Attuator:
Belimo LM(Q)24A-VST or NM(Q)24A-VST

CONTROLLO DELLA PRESSIONE IN AMBIENTE

Il dispositivo di controllo VRU, insieme all'attuatore LM, regola la pressione all'interno di una stanza. La sonda differenziale integrata nel controller misura la sovrappressione o la depressione rispetto a un punto di riferimento, agendo su una serranda per mantenere costante il valore di pressione impostato dal controllore.

Questo tipo di installazione è utilizzato per:

- Il controllo della pressione in ambienti quali camere bianche, sale operatorie o laboratori.
- Si tratta di una soluzione semplice per gestire sovrappressione o depressione in modo indipendente dalle portate di mandata e ripresa, che possono essere sia costanti sia variabili.
- La pressione positiva o negativa della stanza può inoltre essere invertita con facilità.



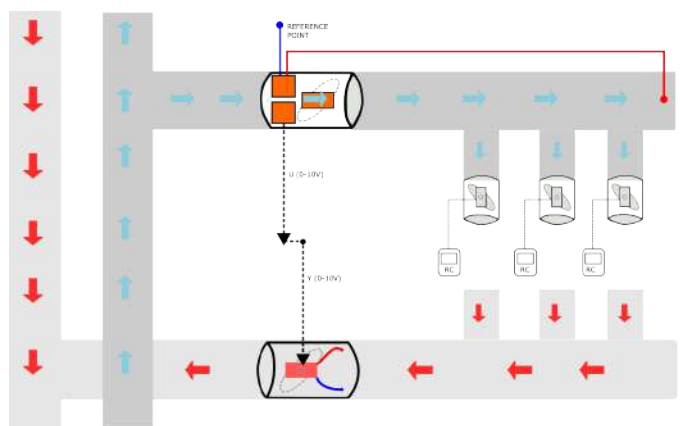
Controller:
Belimo VRU-M1R-BAC
Attuator:
Belimo LM(Q)24A-VST
Belimo NM(Q)24A-VST

CONTROLLO COMBINATO DI PORTATA E PRESSIONE

La combinazione di due controller universali e un attuatore compatto consente di realizzare applicazioni integrate per il controllo simultaneo di portata e pressione. Un'applicazione tipica prevede la misurazione della pressione nei rami secondari di mandata e l'equilibratura della portata nel ramo di ripresa.

Questo tipo di installazione è utilizzato per:

- Edifici a più piani con condotti principali di mandata posizionati nelle colonne montanti, la pressione viene controllata sui rami di mandata di ogni piano per prevenire sovrappressioni nelle unità terminali. Contemporaneamente, il bilanciamento dei rami di ciascun piano avviene tramite la misurazione delle portate nel sistema di ripresa.



Per configurazioni diverse di controllo combinato di portata e pressione, si consiglia di consultare il reparto tecnico.

CONTROLLO DEI VENTILATORI NEGLI IMPIANTI CON REGOLATORI TIPO VAV

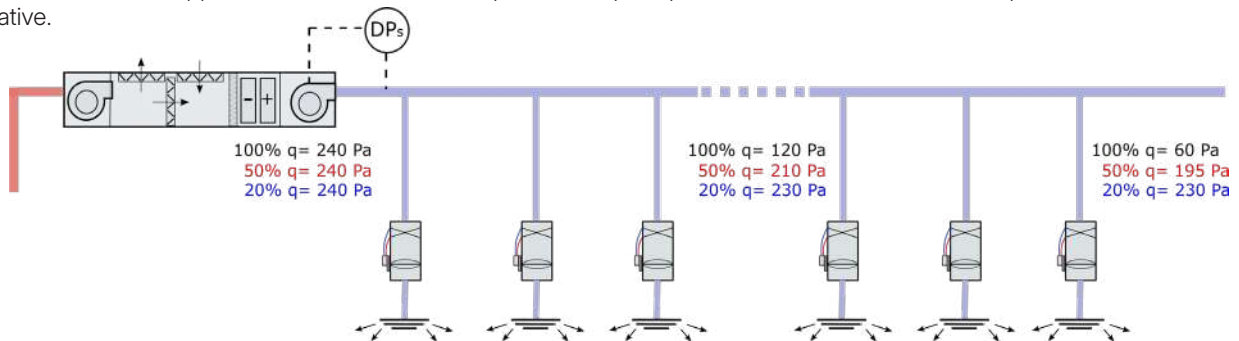
Negli impianti VAV, le variazioni continue e autonome delle serrande di ciascuna zona o ramo provocano fluttuazioni di pressione nei vari rami di distribuzione dell'impianto. È quindi fondamentale che i ventilatori di mandata e di ripresa siano regolabili, in modo da poter adattare in tempo reale la prevalenza fornita in base alle esigenze operative.

Le tre posizioni più comuni per il posizionamento del sensore di pressione, responsabile del controllo dei ventilatori, sono le seguenti:

1. All'uscita del ventilatore
2. Nel punto più distante dell'impianto
3. In un punto intermedio (regola dei 2/3)

USCITA DEL VENTILATORE

Questa collocazione rappresenta una delle soluzioni più comuni per il posizionamento del sensore, ma presenta alcune limitazioni operative.



VANTAGGI

- La pressione è garantita in tutti i rami dell'impianto
- Ubicazione semplice

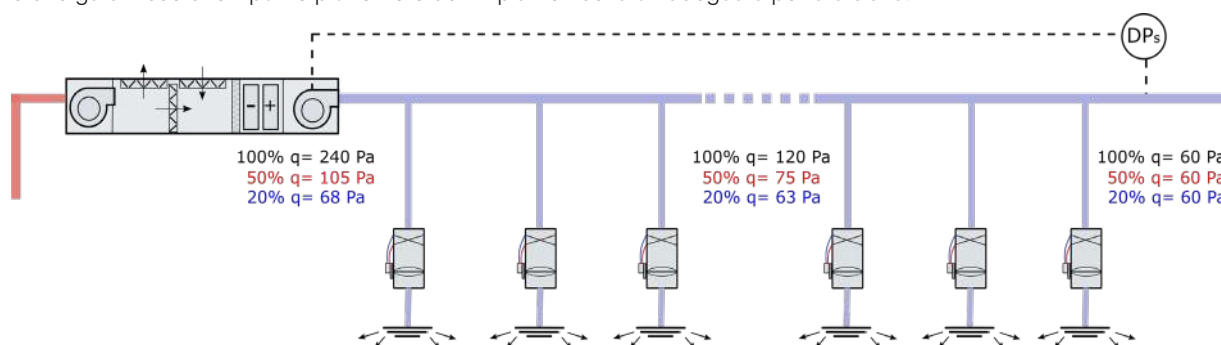
SVANTAGGI

- Efficienza energetica: il ventilatore lavorerà sempre su regimi elevati
- Le serrande lavorano tendenzialmente chiuse generando sovrappressioni e rumore



PUNTO PIU' DISTANTE DELL'IMPIANTO

Posizione che garantisce che il punto più remoto dell'impianto riceva un'adeguata portata d'aria.



VANTAGGI

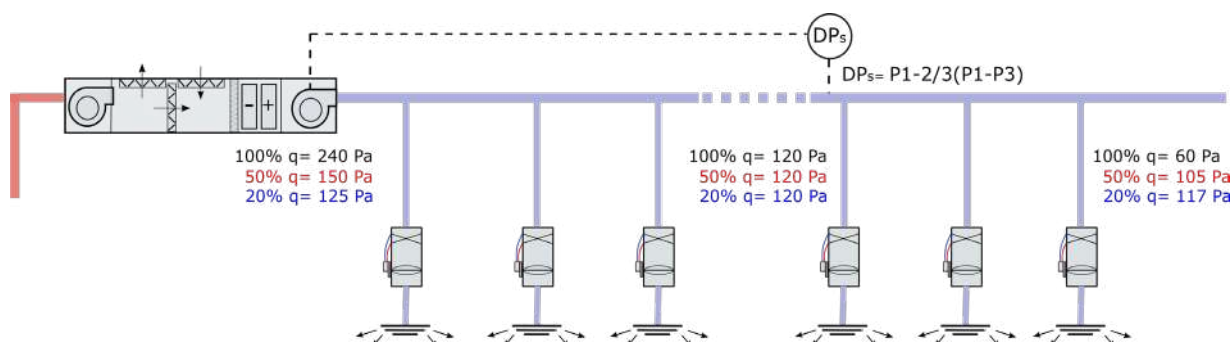
- Consumi ridotti del ventilatore
- Bassa rumorosità
- È la soluzione migliore quando tutte le serrande VAV richiedono una pressione simile

SVANTAGGI

- In alcuni rami potrebbe non esser garantita la portata nominale
- Difficoltà nel posizionare il sensore di pressione a causa della sua distanza dal ventilatore

PUNTO INTERMEDIO (REGOLA DEI 2/3)

Soluzione intermedia che bilancia i vantaggi e gli svantaggi delle due soluzioni precedenti.



VANTAGGI

- Punto di lavoro del ventilatore intermedio

SVANTAGGI

- Difficoltà nel posizionamento del sensore di pressione in reti di distribuzione altamente ramificate



ASPETTI ACUSTICI NEGLI IMPIANTI VAV

L'acustica negli impianti a volume d'aria variabile (VAV) riveste un ruolo cruciale nell'assicurare un adeguato comfort sonoro all'interno degli edifici.

GENERAZIONE DI RUMORE (SUONO INDESEATO)

La vibrazione di un oggetto genera un'onda meccanica che si propaga attraverso il mezzo circostante.

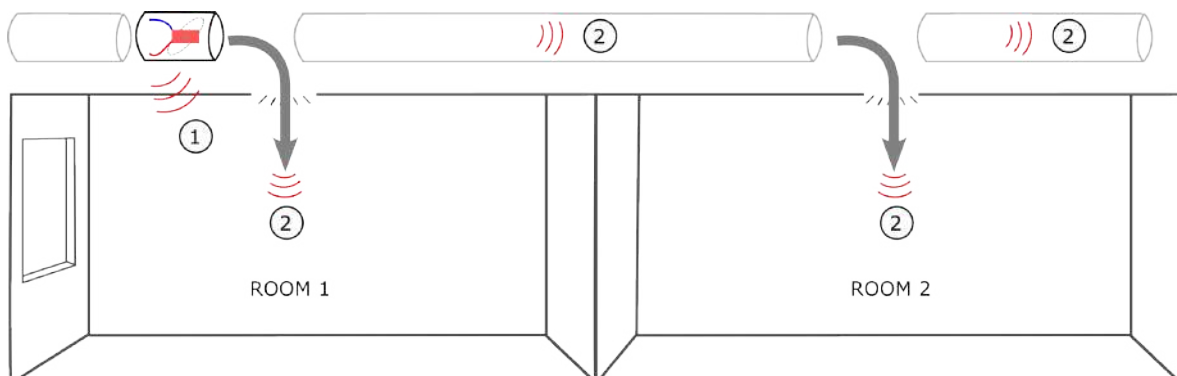
- **L_w** = La potenza sonora rappresenta l'energia sonora emessa da una fonte indipendentemente dalla posizione in cui si trova. È il rumore generato direttamente dalla sorgente.
- **L_p** = Il livello di pressione sonora è la misura dell'intensità del suono percepito in un punto specifico, corrispondente al rumore che effettivamente arriva al nostro orecchio.



RUMORE TRASMESSO E RUMORE IRRADIATO

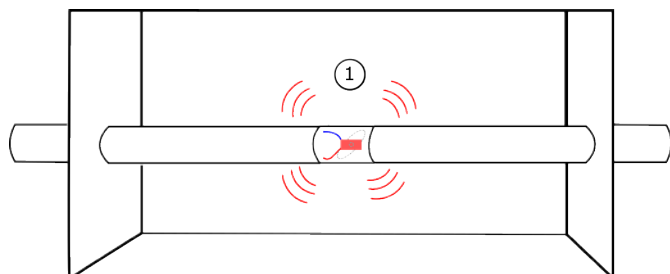
Il **rumore irradiato (1)** è il suono emesso direttamente dai componenti del sistema di climatizzazione verso gli ambienti occupati. Questo tipo di rumore deriva principalmente dalle vibrazioni delle pareti dei canali e dalle apparecchiature come ventilatori e unità terminali. A differenza del rumore trasmesso, il rumore irradiato si propaga attraverso le strutture dell'edificio ed è percepibile anche nelle stanze adiacenti.

Il **rumore trasmesso (2)**, invece, si genera all'interno dei condotti d'aria a causa del flusso d'aria che attraversa elementi del sistema quali serrande, diffusori e silenziatori. Questo rumore è prodotto dall'interazione dell'aria in movimento con le superfici interne dei componenti, che genera turbolenze e vibrazioni sonore. Il rumore trasmesso si propaga lungo la rete di canali e può essere percepito nelle stanze vicine o adiacenti.

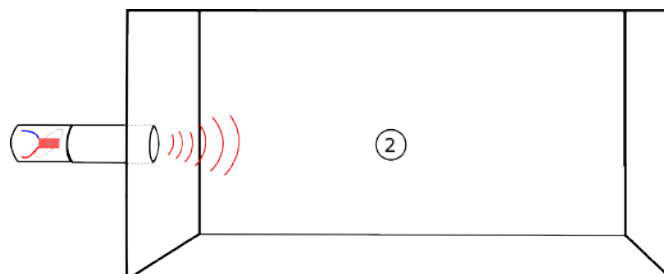


DATI ACUSTICI DELLE SERRANDE VAV

I dati acustici presentati nei documenti tecnici e nel software di selezione Madel sono determinati attraverso prove in camera riverbante, eseguite secondo la norma EN 3741 e conformi ai requisiti della normativa EN 5135.



Prova di rumore irradiato in camera riverbante



Prova di rumore trasmesso in camera riverbante

ATTENUAZIONE ACUSTICA

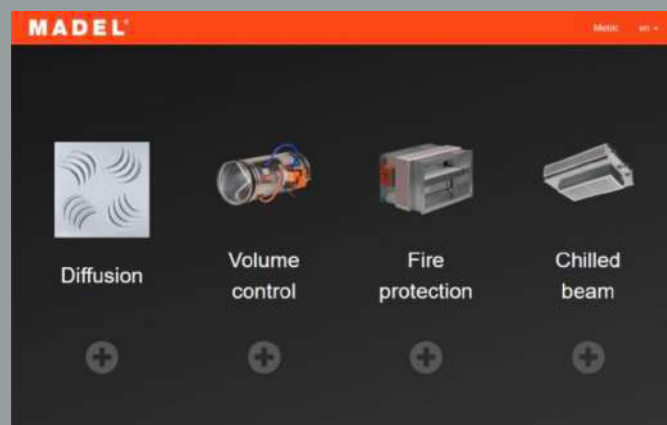
I valori di potenza acustica L_w (irradiata e trasmessa) rilevati in laboratorio si riferiscono esclusivamente al rumore prodotto direttamente dalla sorgente, cioè dalla serranda.

La pressione acustica (L_p) che percepiamo con l'orecchio è il risultato della potenza acustica (L_w) emessa dalla sorgente, attenuata da vari fattori quali la distanza e la posizione della fonte sonora, l'assorbimento dei materiali, le diramazioni dei condotti, la riflessione da parte dei terminali e altri elementi dell'impianto.

La norma **VDI 2081** (Noise generation and noise reduction in air conditioning) fornisce indicazioni dettagliate sulle attenuazioni acustiche per ciascuna banda di ottava. In linea generale, gli elementi che contribuiscono all'attenuazione del rumore negli impianti VAV sono i seguenti:

- Canali
- Curve
- Derivazioni e biforcazioni dei canali
- Plenum ed elementi terminali (diffusori)

Per semplificare i calcoli, nel settore HVAC è comune adottare un valore medio di attenuazione pari a -8 dB, valido sia per il rumore irradiato sia per quello trasmesso.



<https://application.madel.com/en/home/index/1>

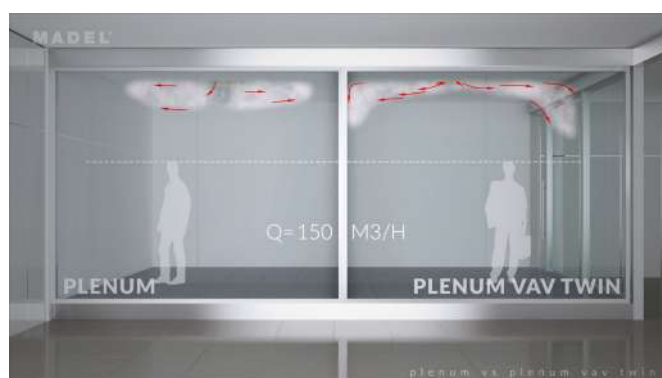
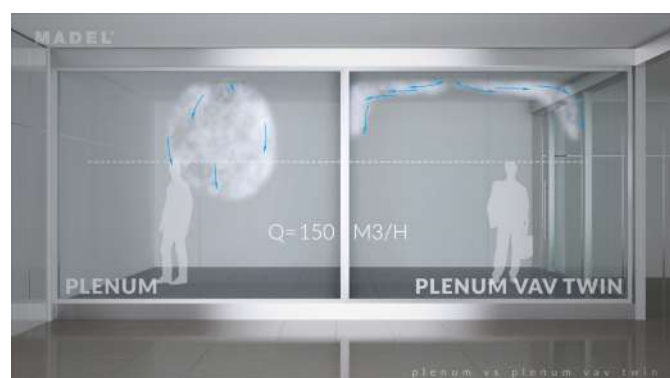
Questo software calcola i livelli di rumore a diverse pressioni disponibili nel regolatore e consente di modificare le attenuazioni acustiche in modo generico. Inoltre, offre la possibilità di esportare i dati in formato Excel, permettendo al consulente acustico di applicare le attenuazioni specifiche e personalizzate per ogni singolo progetto.

DIFFUSIONE DELL'ARIA NEGLI IMPIANTI VAV

Uno dei principali problemi negli impianti a portata variabile (VAV) è la scarsa qualità della diffusione dell'aria, causata dalle variazioni di portata che si verificano durante il funzionamento dell'impianto.

- **Portate basse:** durante il funzionamento in modalità raffreddamento si verifica la perdita dell'effetto Coanda, con conseguente caduta del getto d'aria, mentre in modalità riscaldamento la bassa densità dell'aria calda favorisce la formazione di stratificazioni, riducendo l'efficienza del sistema.
- **Portate elevate:** l'aumento della velocità di emissione dell'aria può provocare livelli elevati di rumorosità e fastidiose correnti d'aria nell'area occupata, compromettendo il comfort ambientale.

Le immagini seguenti illustrano le problematiche tipiche a basse portate, ovvero i principali fenomeni di caduta del getto d'aria in raffreddamento e di stratificazione dell'aria in riscaldamento.

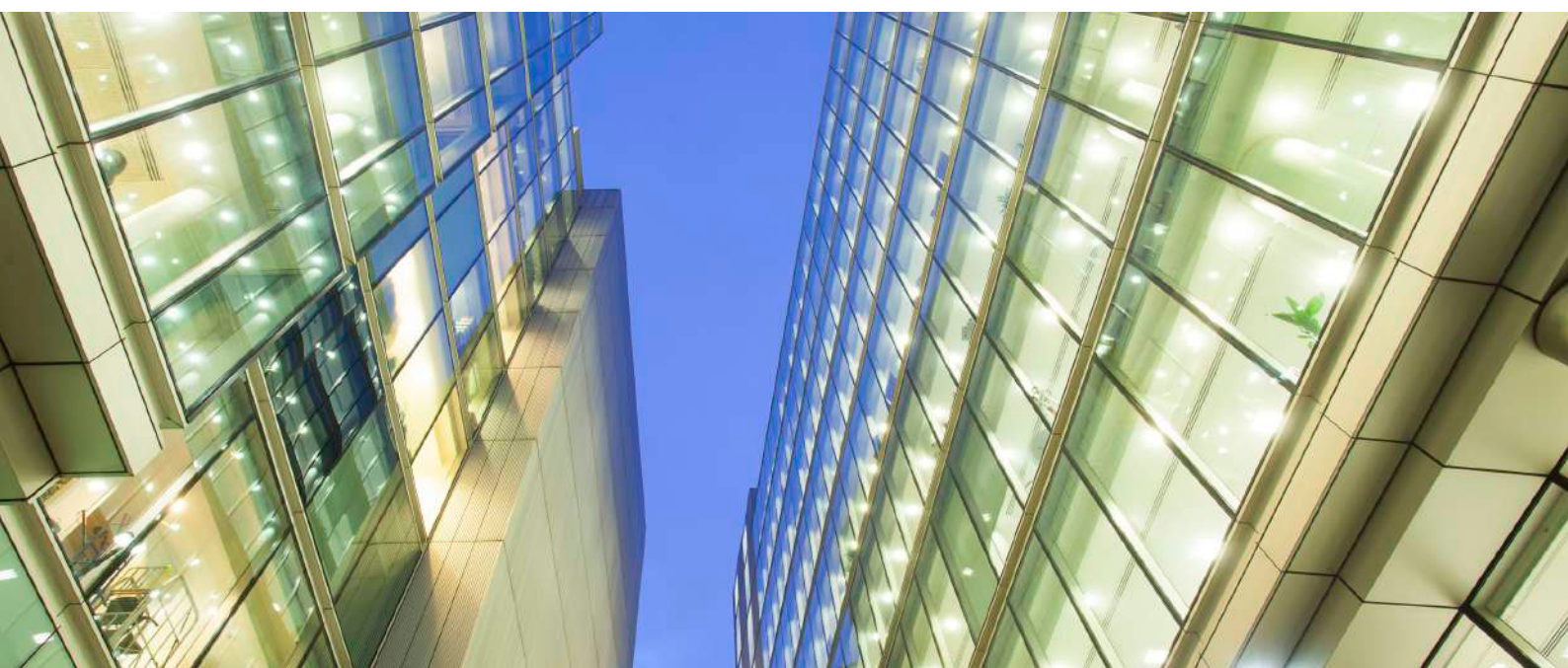
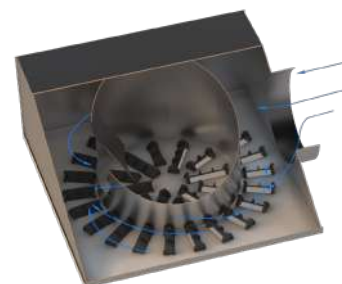


AXO-TWIN. Soluzione innovativa per una diffusione dell'aria ottimale

Il sistema TWIN si basa su un plenum di distribuzione a due camere, collegate da una membrana autoregolante che regola il flusso d'aria tra le due sezioni.

La camera primaria riceve la portata d'aria spinta a una pressione adeguata. Quando la portata aumenta, la membrana reagisce all'incremento di pressione, aprendosi verso la seconda camera. Questo meccanismo mantiene stabile la pressione interna e assicura che la velocità dell'aria in uscita dal diffusore non scenda mai al di sotto della soglia necessaria per preservare l'effetto Coanda.

Grazie a questa innovativa tecnologia, il sistema TWIN garantisce una diffusione dell'aria efficiente e costante anche in presenza di variazioni di portata, migliorando il comfort ambientale e le prestazioni complessive dell'impianto di climatizzazione.



GAMMA PRODOTTI VAV

MADEL offre un'ampia gamma di prodotti VAV per condotti circolari e rettangolari, oltre a modelli per elevate esigenze acustiche.

MADEL produce anche regolatori Constant Air Volume (CAV) per mantenere la portata costante bilanciare l'impianto.

SVA-C

Regolatori VAV per condotti circolari



- Portate: 45–5500 m³/h
- Pressione: 50–1000 Pa
- Dimensioni: da 100 a 400 mm
- Versioni standard o isolate

SVA-CXL

Regolatori VAV circolari di grande diametro



- Portate: 850–13500 m³/h
- Pressione: 50–1000 Pa
- Dimensioni: da 450 a 630 mm

SVA-R

Regolatori VAV per condotti rettangolari



- Portate: 100–25000 m³/h
- Pressione: 50–1000 Pa
- Dimensioni: da 200×100 a 1200×1000 mm
- Versioni standard o isolate

SHH

Regolatori VAV silenziati per impianti con elevate esigenze acustiche.



- Portate da 45 a 5500 m³/h
- Pressione: 50–1000 Pa
- Dimensioni: da 100 a 400 mm
- Versioni standard o isolate (/PLUS)
- Batterie di post-riscaldamento opzionali

INTEGRAZIONE DEI SISTEMI VAV NEI BMS

Tutti i controller VAV MADEL sono disponibili con attuatori dotati di comunicazione, permettendo l'integrazione completa nei sistemi di gestione dell'edificio (BMS).





MADEL®
we shape the air