

**CONTROLLO E BILANCIAMENTO IN
IMPIANTI A VENTILCONVETTORI**
26/10/2023



RISPARMIO E COMFORT: IL RUOLO DI UN CORRETTO BILANCIAMENTO

COMFORT ED EFFICIENZA

Obiettivo

Garantire l'efficienza del sistema ottimizzando la distribuzione della potenza termica secondo i dati di progetto e, possibilmente, secondo la reale domanda.

Mantenere condizioni di funzionamento ottimali, evitando vibrazioni e rumorosità.

Punti chiave per progettare e gestire il sistema

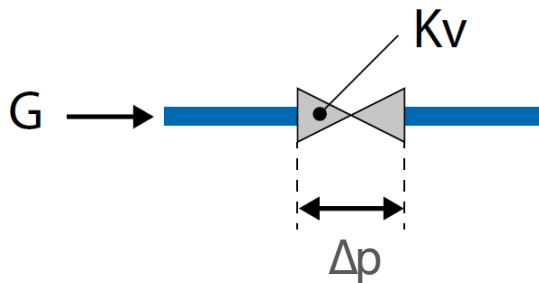
- **Comfort**

Potenza termica di progetto ad ogni ventilconvettore;
Modulazione della potenza secondo reale necessità;
Preciso controllo umidità;
Assenza di rumorosità.

- **Efficienza**

Ottimizzazione dell'uso dell'energia termica;
Controllo a carico parziale;
Assenza di influenze reciproche tra gli elementi;
Minimizzazione della portata complessiva;

PARAMETRI BASE DI UN ELEMENTO IDRAULICO



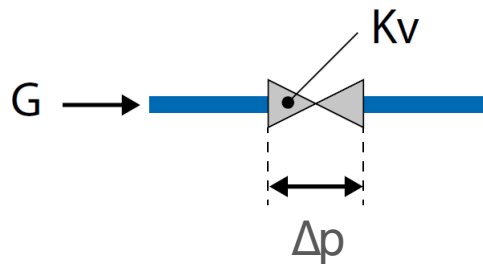
$$G = K_v * \sqrt{\Delta p}$$

Qualsiasi elemento di un circuito idraulico, attraversato da una generica portata G , **offre una resistenza e genera una conseguente perdita di carico (Δp)**, misurabile come la differenza di pressione tra ingresso e uscita dell'elemento stesso.

La perdita di carico Δp non è altro che l'energia spesa perché G attraversi l'elemento.

La capacità di un elemento di farsi attraversare da una portata generica G è noto come K_v e corrisponde alla **portata che attraversa l'elemento [m^3/h] con una perdita di carico di 1 bar.**

PARAMETRI BASE – Come utilizzare il Kv



$$G = Kv * \sqrt{\Delta p}$$

Se noto il Kv di un elemento (una valvola ad esempio), è possibile:

- **Calcolare le perdite di carico Δp** generate dalla valvola ad una data portata G (necessario per dimensionare le pompe di circolazione)

$$\Delta p = (G/Kv)^2$$

- **Calcolare il valore di portata G** ad una misurata pressione differenziale Δp

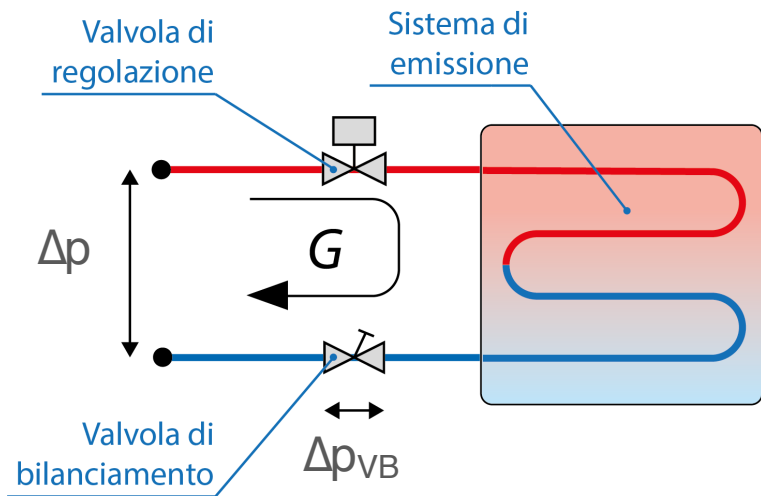
$$G = Kv * \sqrt{\Delta p}$$

Oppure, una volta note G e Δp , è possibile calcolare il Kv della valvola

$$Kv = G/\sqrt{\Delta p}$$

(utile in caso di interventi su impianti vecchi)

PARAMETRI BASE DI UN CIRCUITO IDRAULICO



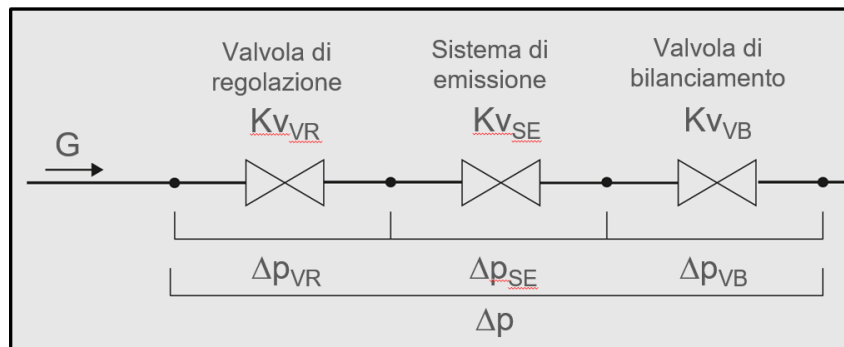
$$G = K_v * \sqrt{\Delta p}$$

$$\Delta p = (G/K_v)^2$$

Ogni elemento del circuito, passante una determinata portata G , genererà una perdita di carico proporzionale a G stessa.

La somma delle singole perdite di carico darà la perdita di carico dell'intero circuito (Δp).

Le pompe di circolazione dovranno essere **dimensionate per fornire G ad una prevalenza uguale a Δp (chiamata H).**



**DETERMINARE
UN CORRETTO METODO DI BILANCIAMENTO:
PARAMETRI NECESSARI**

REGIME DELLE PORTATE

IMPIANTO A PORTATA COSTANTE O VARIABILE?

$$G = K_v * \sqrt{\Delta p}$$



Impianti a portata costante

Bilanciare questo tipo di impianti significa **garantire la portata termica di progetto ad ogni ventilconvettore**. In questo caso la pressione differenziale disponibile ai capi di ogni singolo circuito (Δp) è costante, quindi può essere sufficiente intervenire sulle caratteristiche idrauliche del circuito (K_v) con soluzioni di bilanciamento di tipo statico (K_v costante).

Impianti a portata variabile

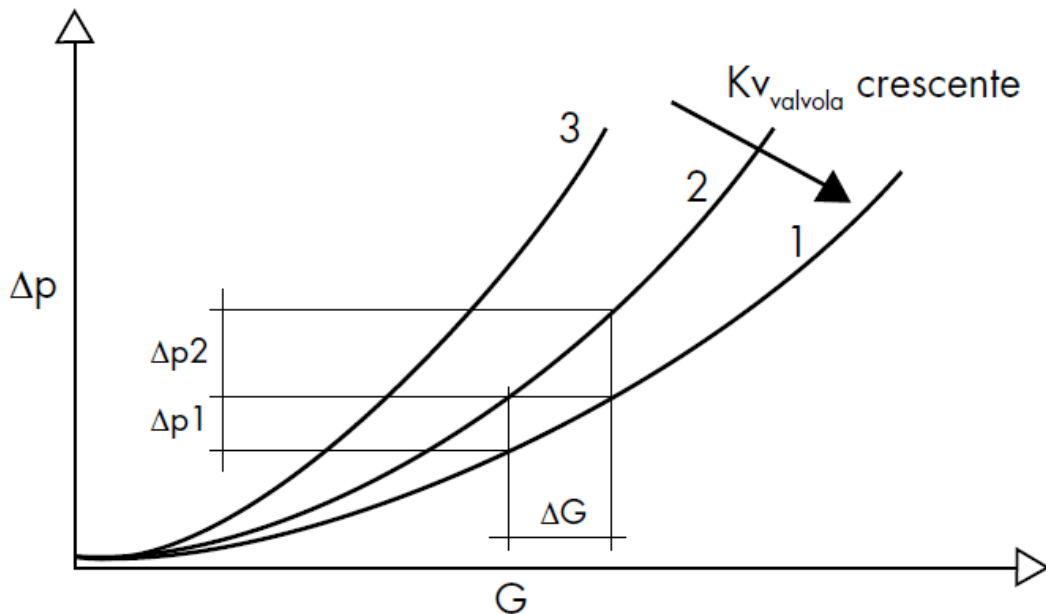
Le variazioni di portata nelle varie utenze (comandate da attuatori motorizzati, elettrotermici o valvole di zona) determinano variazioni della pressione differenziale disponibile ai capi di ogni singolo circuito (Δp). In questo caso è necessario prevedere soluzioni di bilanciamento di tipo dinamico (K_v variabile), sia per **mantenere costanti le portate ai terminali** che per **evitare problemi di rumorosità**.

FATTORI DI CONTROLLO DI UN IMPIANTO

Curve di funzionamento di un circuito

In condizioni differenti di un medesimo circuito, ad esempio variando il grado di apertura di una valvola e quindi il suo coefficiente K_v , la curva di funzionamento del circuito si modifica secondo la formula: $G = K_v * \sqrt{\Delta p}$

Una variazione di portata genera una variazione di perdita di carico minore nel circuito caratterizzato da un coefficiente K_v della valvola più elevato.

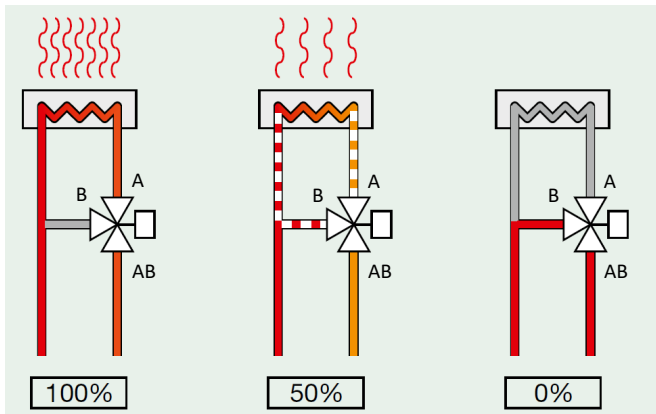


TIPO DI DISTRIBUZIONE

SISTEMA A TRE VIE

Sistema a tre vie (circuito in deviazione)

Il circuito in deviazione controlla la portata che attraversa il circuito utenza, tramite la gestione del grado di apertura di una valvola a tre vie.

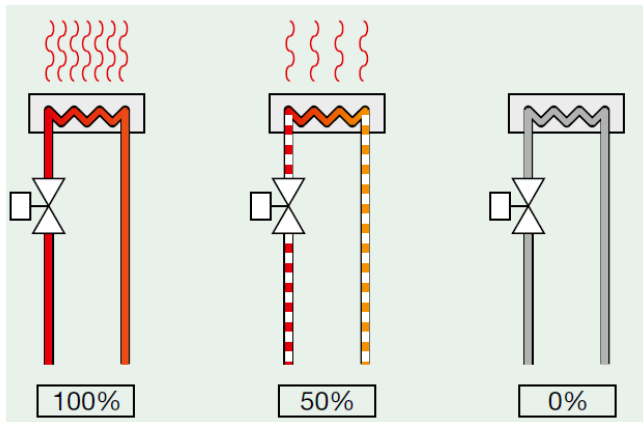


- ✔ Pronta risposta del sistema (la continua circolazione mantiene il ramo caldo/freddo)
- ✔ Portata totale del sistema costante
- ✔ Condizioni del sistema (Δp) costanti
- ⚠ Bassi salti termici (portata in bypass)
- ⚠ Potenziale riscaldamento per conduzione a valvola chiusa
- ⚠ Costi di pompaggio costanti (100% anche a carico ridotto)

SISTEMA A DUE VIE

Sistema a due vie (circuito in limitazione)

Il circuito in limitazione controlla la portata che attraversa il circuito utenza, tramite la gestione del grado di apertura di una valvola a due vie.

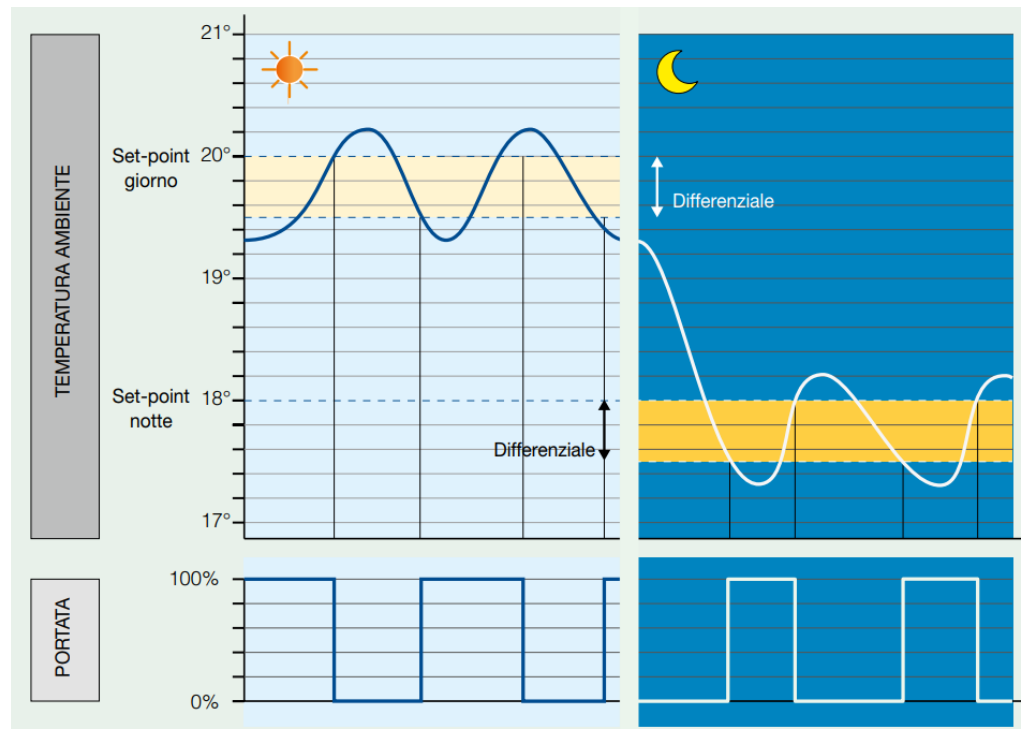


- ✔ Salto termico massimizzato anche a carichi parziali
- ✔ Portata totale del sistema minimizzata
- ⚠ Potenziali ritardi in avviamento
- ⚠ Sensibilità a problemi di trafilamento
- ⚠ Condizioni del sistema (Δp) variabili

Nel funzionamento a pieno carico, la valvola a due vie è completamente aperta. Durante la regolazione il grado di apertura della valvola viene gestito in funzione del carico richiesto. Il controllo può essere ON/OFF o proporzionale.

IL CONTROLLO ON-OFF

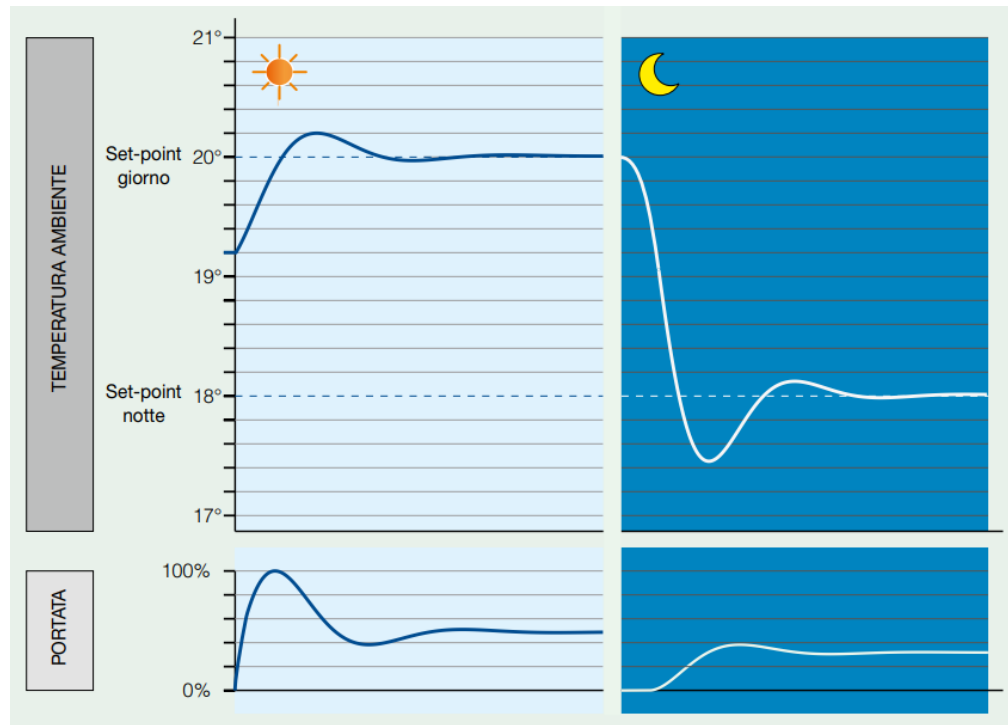
- 👍 Attuatori con basso livello tecnologico
- 👍 Controllori con basso livello tecnologico
- ⚠️ Minor efficienza ventilconvettori
- ⚠️ Fluttuazioni temperatura ambiente
- ⚠️ Nessun feedback dalle valvole di controllo
- ⚠️ Portata complessiva maggiore
- ⚠️ Sprechi energetici dovuti all'inerzia degli attuatori



Il controllo di tipo ON/OFF non è in grado di far fronte al carico termico effettivo. La conseguenza è un'instabilità della temperatura ambiente e sprechi energetici.

IL CONTROLLO PROPORZIONALE

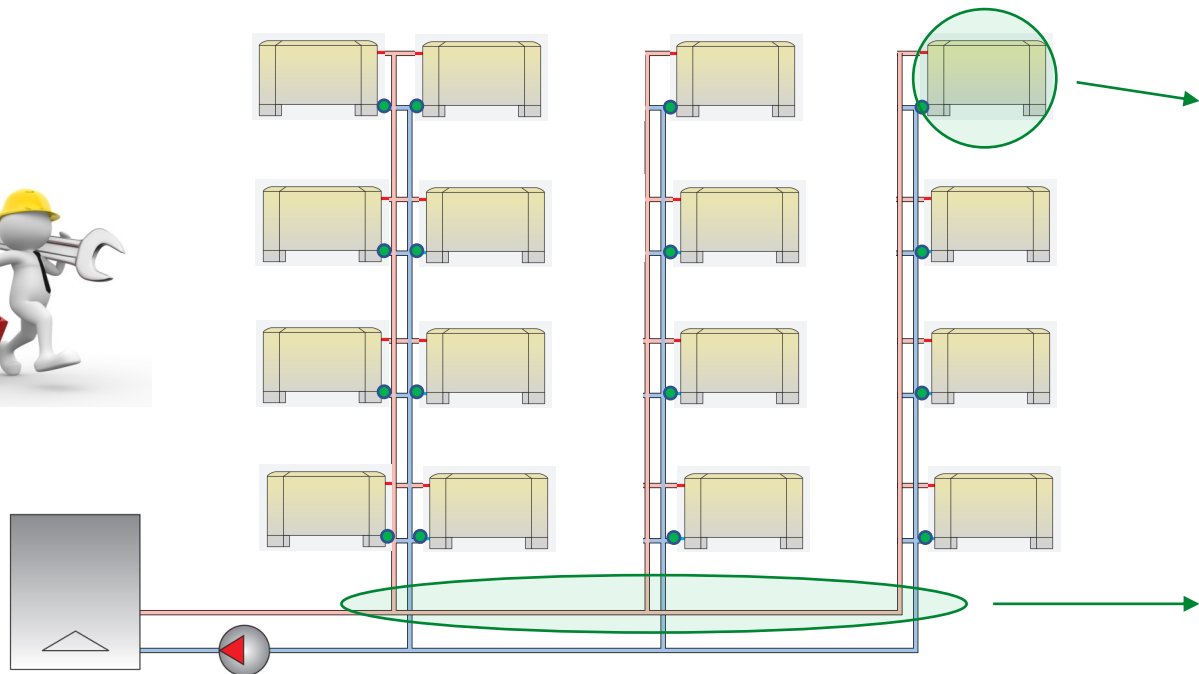
- ⚠ Attuatori con alto livello tecnologico
- ⚠ Controllori con alto livello tecnologico
- 👍 Maggior efficienza ventilconvettori
- 👍 Nessuna fluttuazione temperatura ambiente
- 👍 Feedback dalle valvole di controllo
- 👍 Portata complessiva minimizzata
- 👍 Sprechi energetici contenuti (attuatori rapidi)



Il controllo di tipo proporzionale è in grado di far fronte al carico termico effettivo. La conseguenza è la regolarità della temperatura ambiente e una sensibile riduzione degli sprechi energetici.

ZONA DI INTERVENTO

DOVE INTERVENIRE



Alle singole utenze

- Molti dispositivi di piccola taglia
- Maggiore attività di calibrazione (se richiesta)
- Necessità di arrivare a bordo macchina
- Alta precisione globale

Sulla distribuzione (principale o secondaria)

- Pochi dispositivi di media taglia
- Minore attività di calibrazione (se richiesta)
- No necessità di arrivare a bordo macchina
- Bassa precisione globale

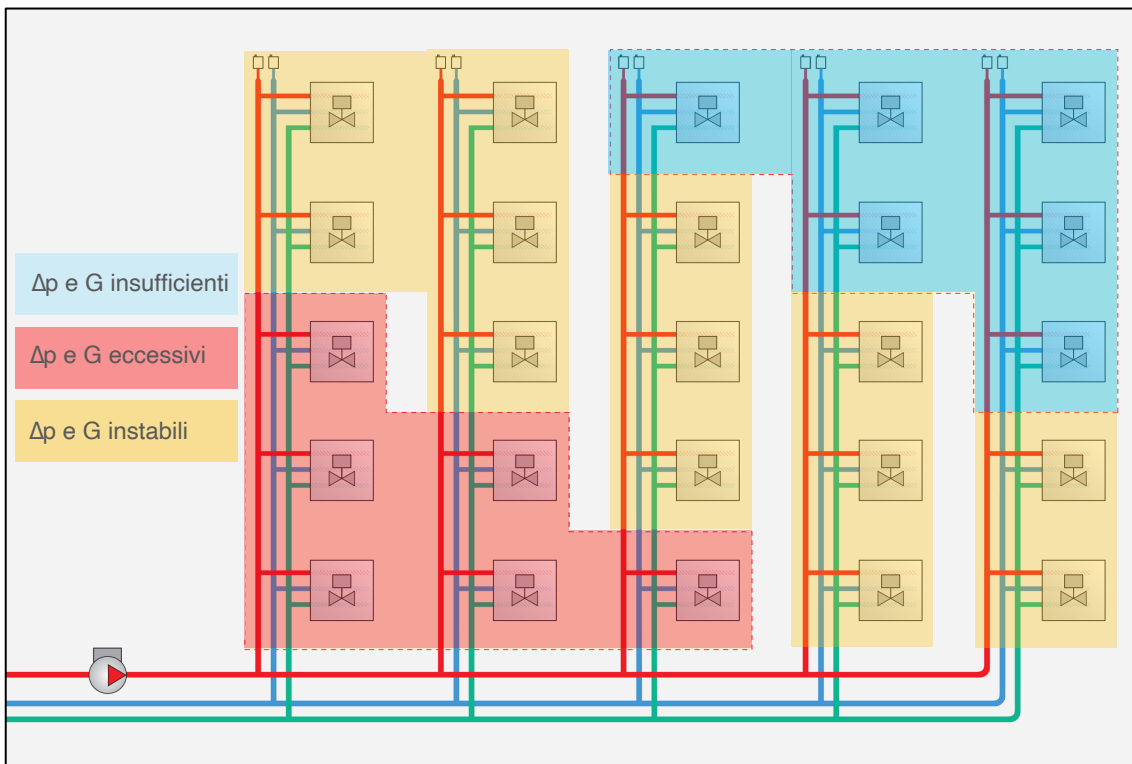
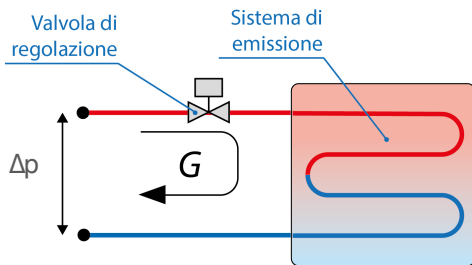
In generale, più il bilanciamento è capillare e più preciso sarà il risultato finale . 17

SCENARI E CONFIGURAZIONI IMPIANTISTICHE

I PROBLEMI DI UN IMPIANTO NON BILANCIATO

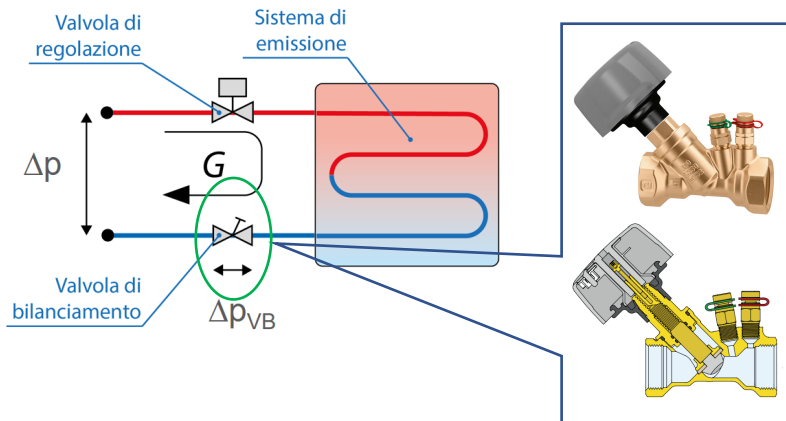


- Scarso confort
- Alti costi di gestione
- Nessuna modulazione
- Sprechi energetici
- Condizioni instabili (influenze reciproche).

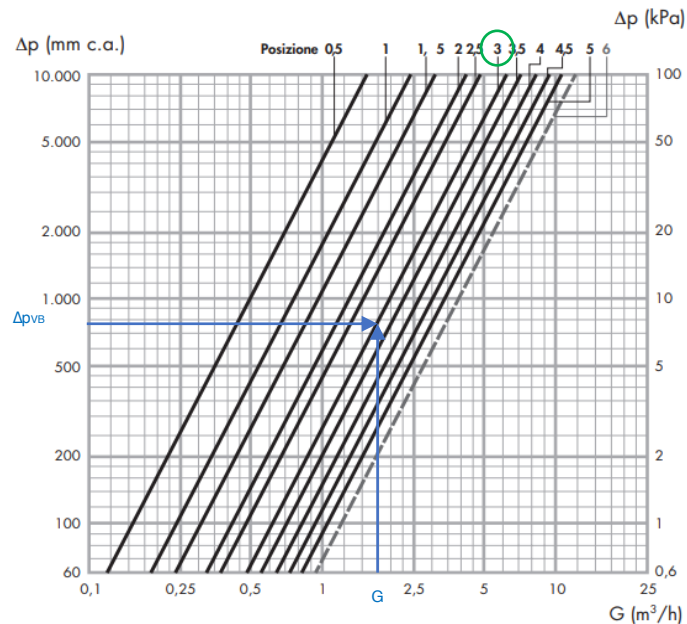


SCENARI E CONFIGURAZIONI IMPIANTISTICHE: DA ZERO A BILANCIAMENTO STATICO

BILANCIAMENTO STATICO DI UN SISTEMA A VENTILCONVETTORI



- Kv statico e regolabile
- Alta precisione
- Presetting leggibile
- Memory stop
- Inserto ad orifizio fisso per verifica portata



DN 32	Posizione										Kvs
Misura 1 1/4"	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6
Kv (m³/h)	1,52	2,47	3,18	4,22	4,91	6,23	7,15	8,28	9,16	10,37	12,10

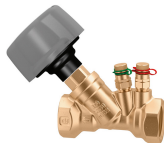
BILANCIAMENTO STATICO DI UN SISTEMA A VENTILCONVETTORI

Configurazione impiantistica: due dispositivi



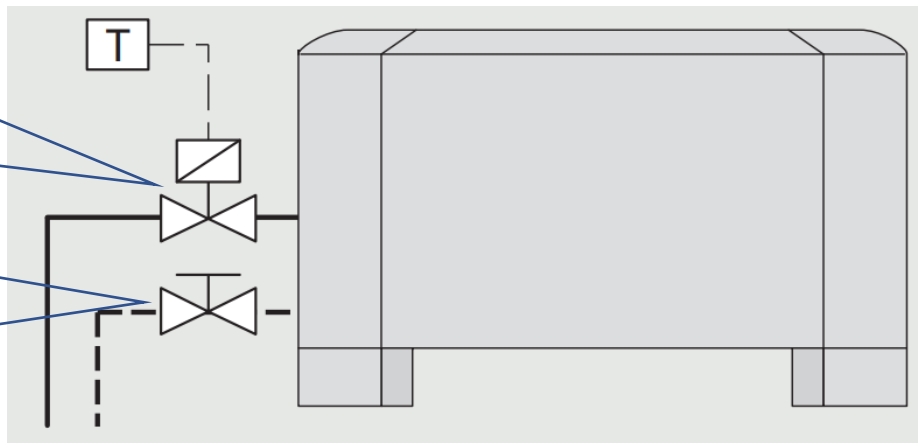
Valvola di controllo

Connessa al termostato, permette di controllare le utenze separatamente.



Valvola di bilanciamento statico

Permette ad ogni utenza di ricevere la sua portata di progetto (a pieno carico) in condizioni di carico totale del sistema.



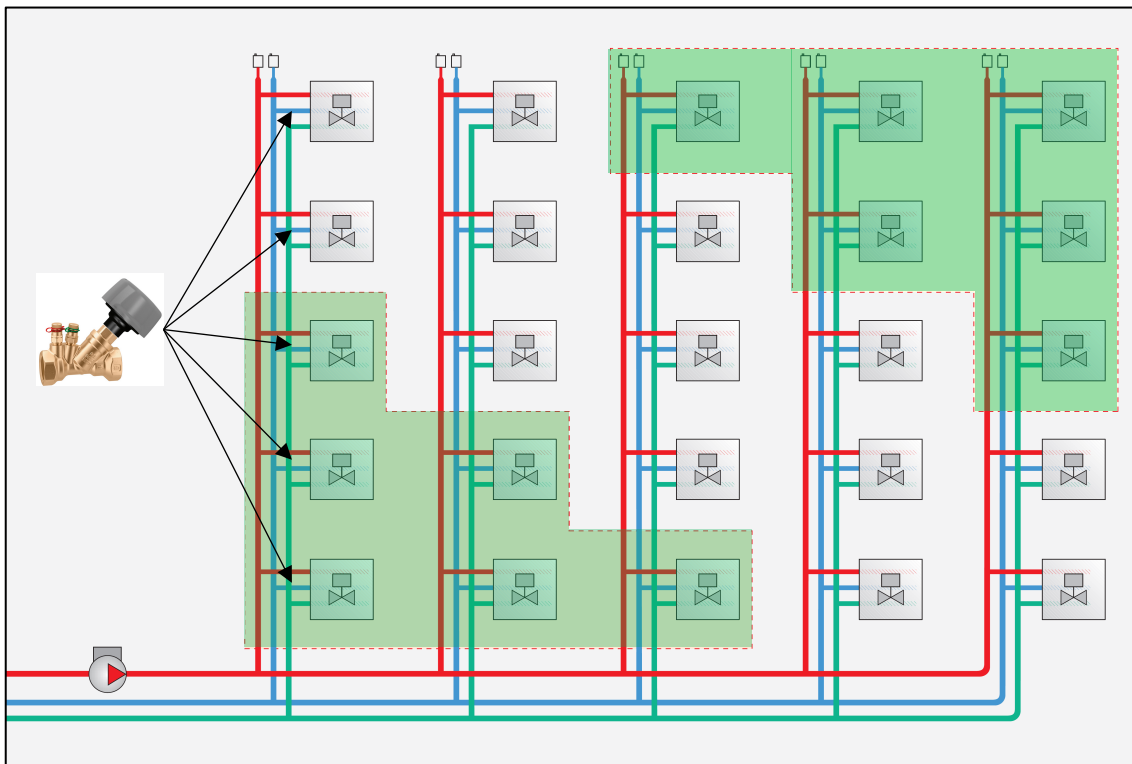
BILANCIAMENTO STATICO DI UN SISTEMA A VENTILCONVETTORI



- Confort medio
- Costi di gestione medi
- Controllo umidità difficoltoso
- No controllo a carico parziale
- Sprechi energetici medi
- Influenze reciproche

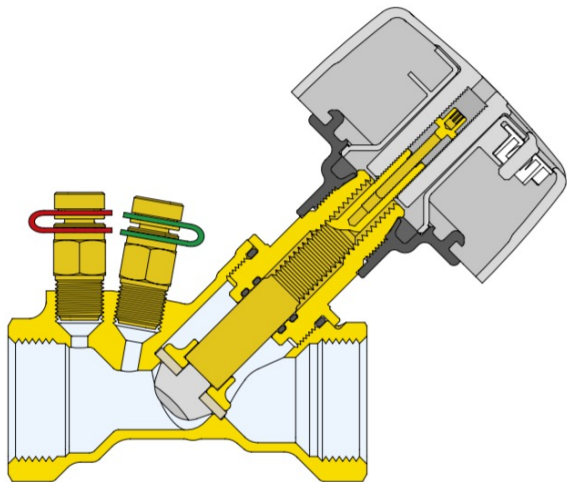
BILANCIAMENTO STATICO

- Portata di progetto ad ogni unità a pieno carico
- Necessità di valvole di controllo sulla mandata
- No controllo dei carichi (NO MODULAZIONE)
- Calibrazione difficoltosa
- Funzionamento singola utenza influenza le altre (NO COMPORTAMENTO DINAMICO)



SCENARI E CONFIGURAZIONI IMPIANTISTICHE: DA BILANCIAMENTO STATICO A BILANCIAMENTO DINAMICO

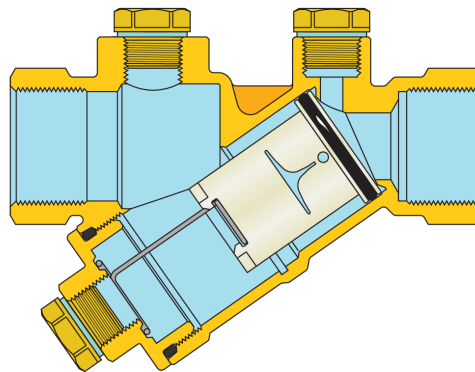
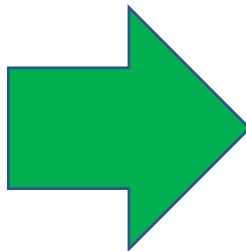
EVOLUZIONE DEI DISPOSITIVI DI BILANCIAMENTO



DISPOSITIVI STATICI

Calibrazione manuale

Kv statico



DISPOSITIVI DINAMICI

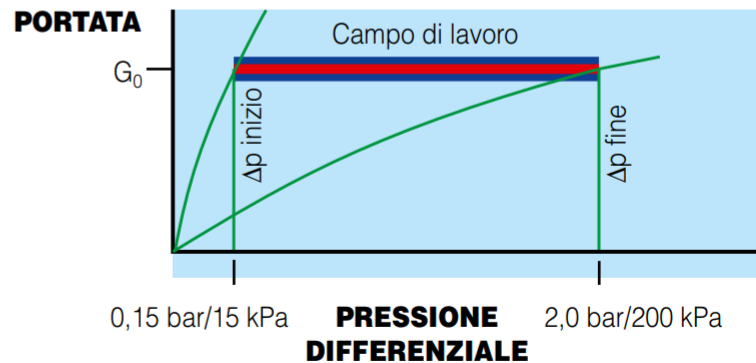
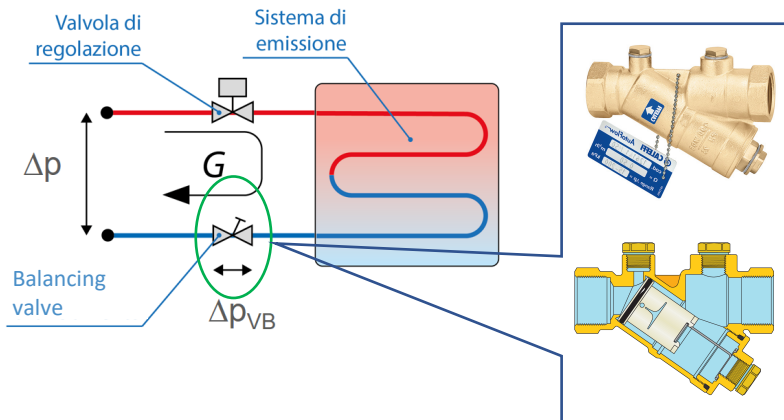
(LIMITATORI AUTOMATICI DI PORTATA)

Calibrazione di fabbrica

Kv dinamico

BILANCIAMENTO DINAMICO DI UN SISTEMA A VENTILCONVETTORI

Limitatori automatici di portata



- Kv dinamico
- Alta precisione
- Presetting leggibile
- Calibrazione di fabbrica

BILANCIAMENTO DINAMICO DI UN SISTEMA A VENTILCONVETTORI

Configurazione impiantistica: due dispositivi



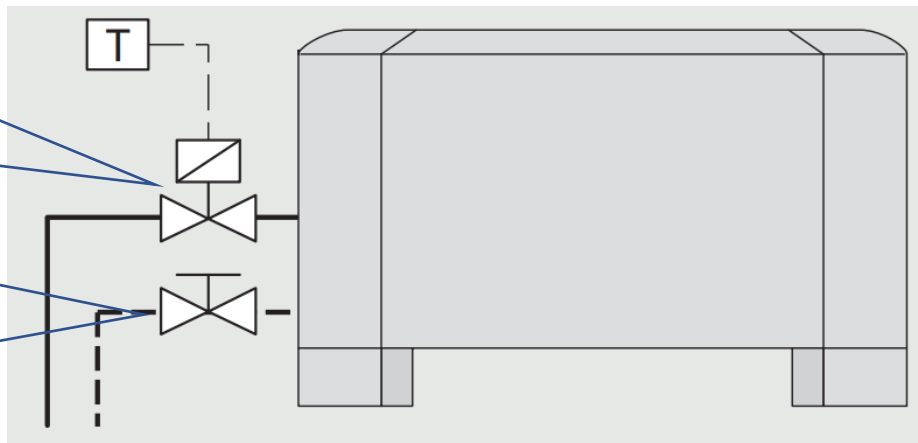
Valvola di controllo

Connessa al termostato, permette di controllare le utenze separatamente.



Valvola di bilanciamento dinamico (limitatore automatico di portata)

Permette ad ogni utenza di ricevere la sua portata di progetto (a pieno carico) in qualsiasi condizione di carico del sistema



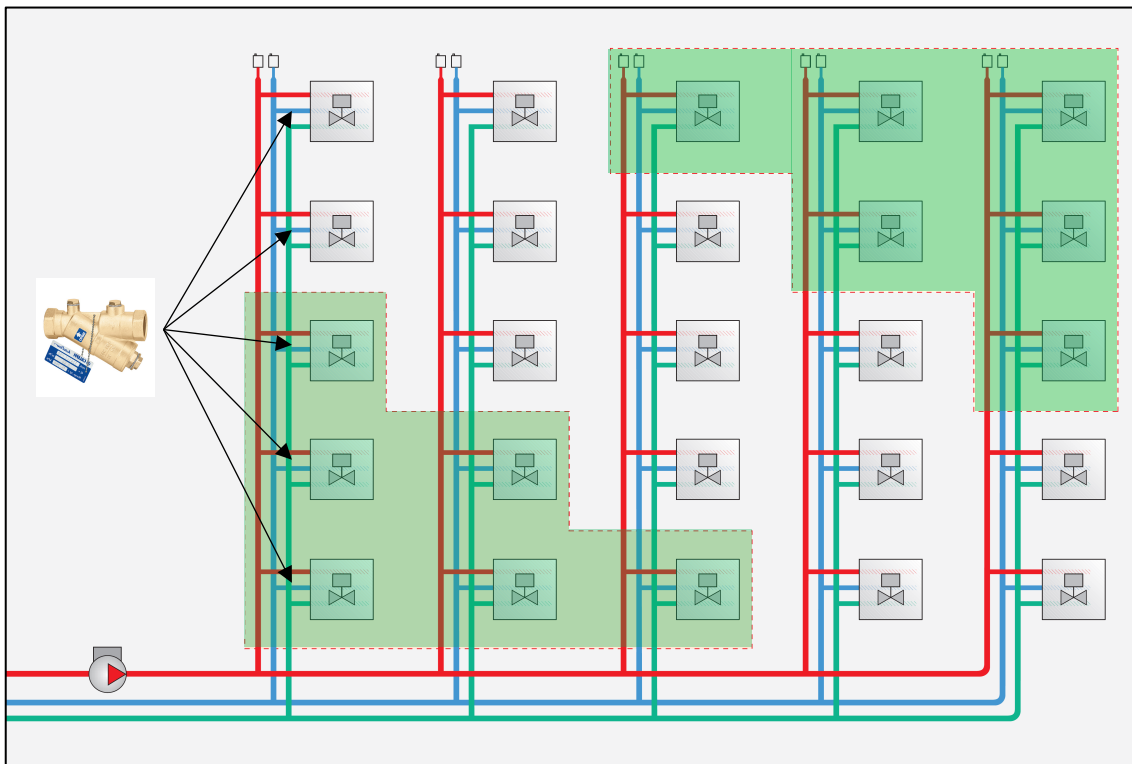
BILANCIAMENTO DINAMICO DI UN SISTEMA A VENTILCONVETTORI



- Confort medio-alto
- Costi di gestione medi
- Controllo umidità difficoltoso
- No controllo a carico parziale
- Sprechi energetici medio-bassi
- No influenze reciproche

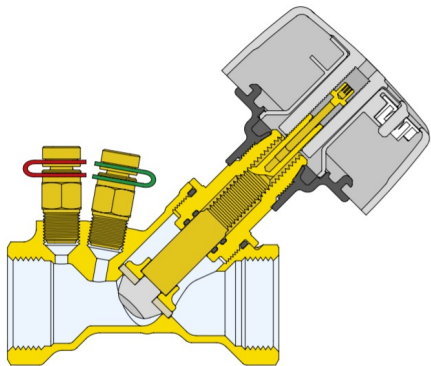
BILANCIAMENTO DINAMICO (limitatori automatici di portata)

- Portata di progetto ad ogni unità a pieno carico
- Necessità di valvole di controllo sulla mandata
- No controllo dei carichi (NO MODULAZIONE)
- Nessuna calibrazione richiesta
- Funzionamento singola utenza non influenza le altre (COMPORTAMENTO DINAMICO)



**SCENARI E CONFIGURAZIONI IMPIANTISTICHE:
DA BILANCIAMENTO DINAMICO A CONTROLLO AUTOBILANCIATO**

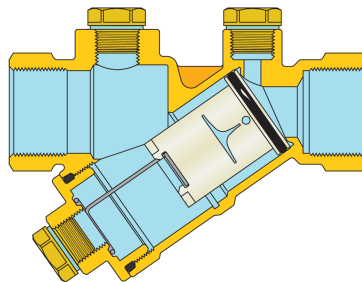
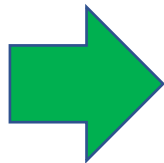
EVOLUZIONE DEI DISPOSITIVI DI BILANCIAMENTO



DISPOSITIVI STATICI

Calibrazione manuale

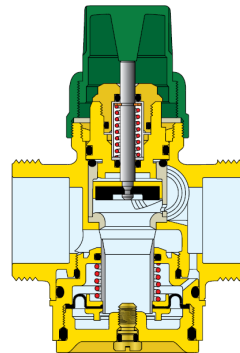
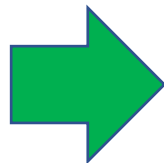
Kv statico



**DISPOSITIVI DINAMICI
(LIMITATORI AUTOMATICI DI PORTATA)**

Calibrazione di fabbrica

Kv dinamico



**DISPOSITIVI DINAMICI
(VALVOLE DI REGOLAZIONE
INDIPENDENTI DALLA PRESSIONE)**

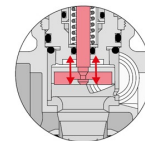
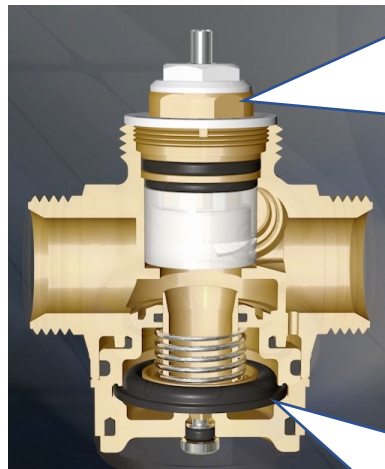
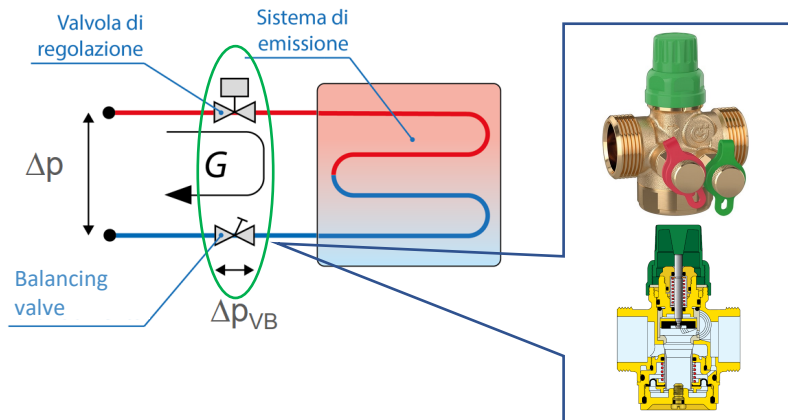
Calibrazione manuale portata max

Motorizzabili

Kv dinamico

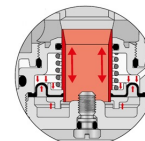
BILANCIAMENTO DINAMICO DI UN SISTEMA A VENTILCONVETTORI

Valvole di regolazione indipendenti dalla pressione (PICV)



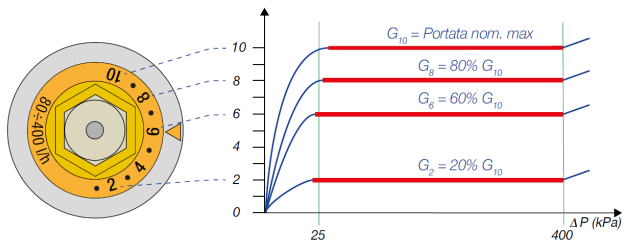
CONTROLLO PORTATA

Permette la calibrazione e rende la valvola compatibile con attuatori ON/OFF o proporzionali.



CONTROLLO DINAMICO Δp

Rende il controllo della valvola indipendente dalle fluttuazioni di pressione differenziale.



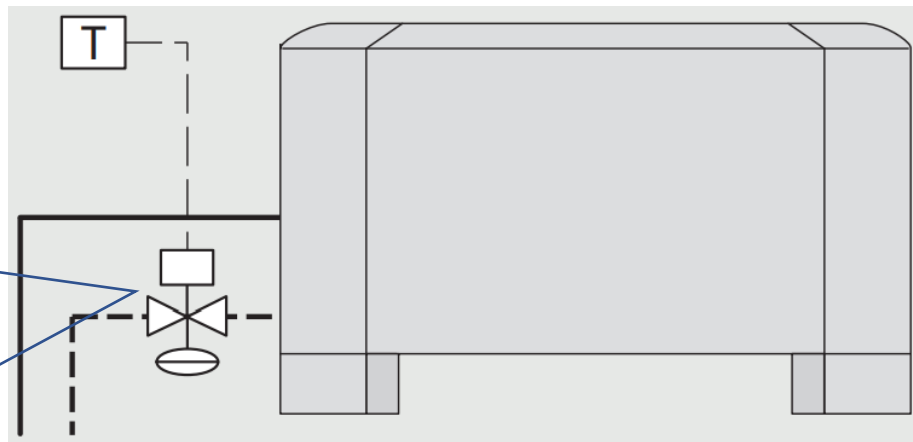
BILANCIAMENTO DINAMICO DI UN SISTEMA A VENTILCONVETTORI

Configurazione impiantistica: un solo dispositivo



Valvola di regolazione indipendente dalla pressione (PICV) con controllo ON/OFF

Permette ad ogni utenza di ricevere la sua portata di progetto (a pieno carico) in qualsiasi condizione di carico del sistema (il controllore dinamico di Δp integrato compensa le fluttuazioni di pressione differenziale). Connessa al termostato, permette di controllare le utenze separatamente.



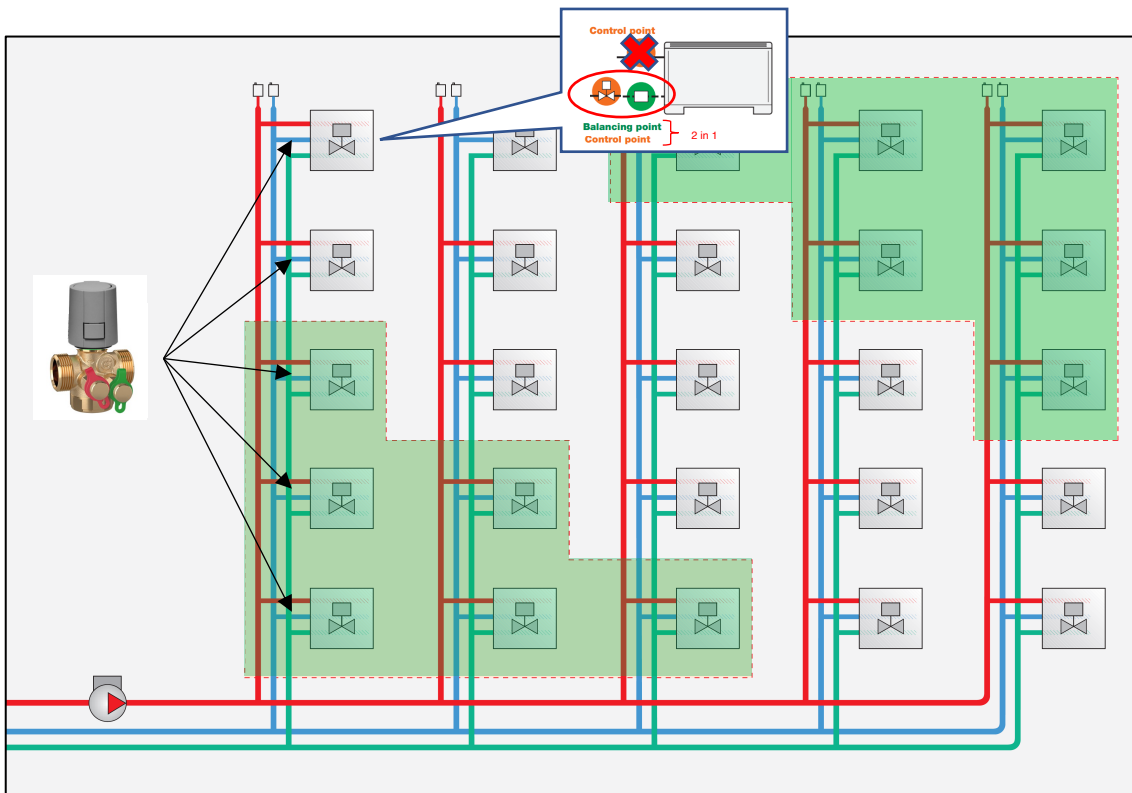
BILANCIAMENTO DINAMICO DI UN SISTEMA A VENTILCONVETTORI



- Confort medio-alto
- Costi di gestione medio-bassi
- Controllo umidità difficoltoso
- No controllo a carico parziale
- Sprechi energetici medio-bassi
- No influenze reciproche

BILANCIAMENTO DINAMICO (PICV ON/OFF)

- Portata di progetto ad ogni unità **a pieno carico**
- No necessità di valvole di controllo sulla mandata
- **No controllo dei carichi (NO MODULAZIONE)**
- Calibrazione facile e veloce
- Funzionamento singola utenza non influenza le altre (COMPORTAMENTO DINAMICO)



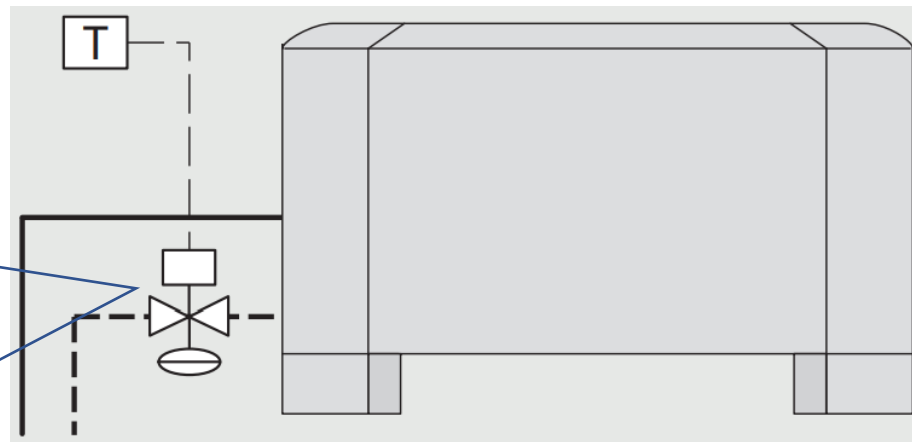
BILANCIAMENTO DINAMICO DI UN SISTEMA A VENTILCONVETTORI

Configurazione impiantistica: un solo dispositivo



Valvola di regolazione indipendente dalla pressione (PICV) con controllo proporzionale

Permette ad ogni utenza di ricevere la corretta portata istantanea in qualsiasi condizione di carico del sistema (il controllore dinamico di Δp integrato compensa le fluttuazioni di pressione differenziale). Connessa al termostato o ad un controllore BMS, permette di controllare le utenze separatamente.



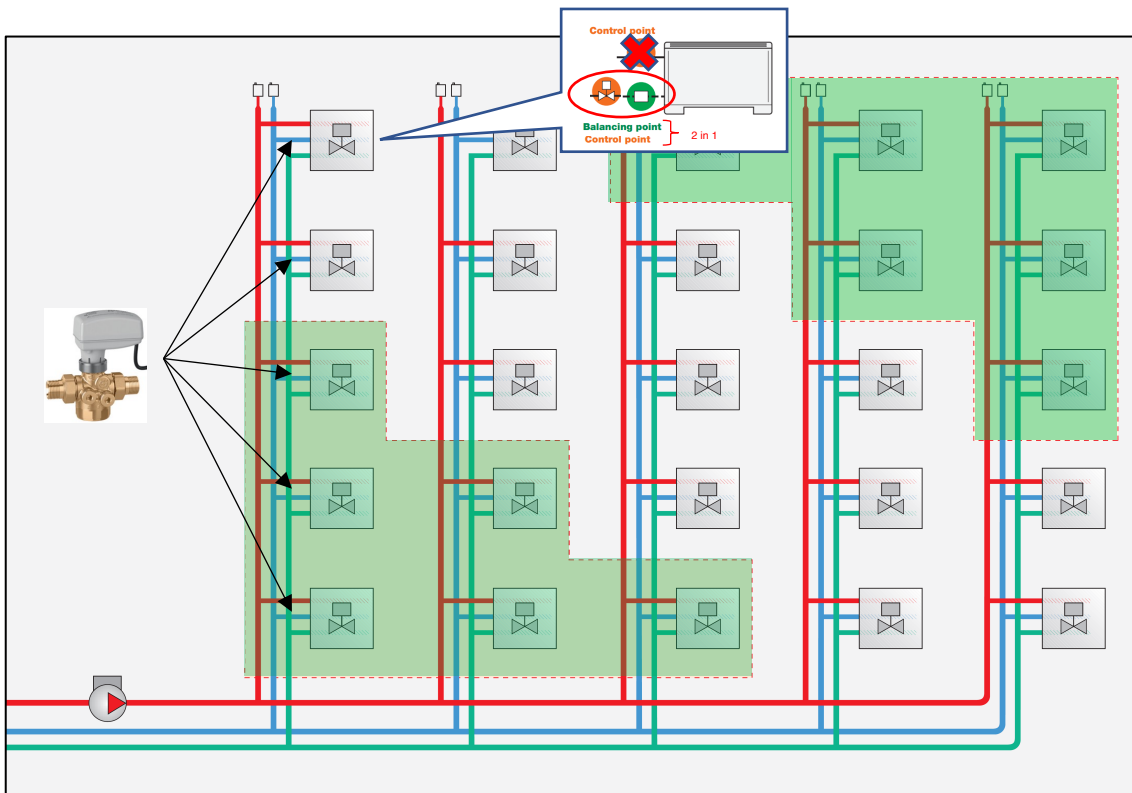
BILANCIAMENTO DINAMICO DI UN SISTEMA A VENTILCONVETTORI



- Confort ottimizzato
- Costi di gestione minimizzati
- Controllo umidità preciso
- Controllo a carico parziale
- Sprechi energetici minimizzati
- No influenze reciproche

BILANCIAMENTO DINAMICO (PICV proporzionali)

- Portata corretta ad ogni unità ad ogni carico
- No necessità di valvole di controllo sulla mandata
- Controllo parziale dei carichi (MODULAZIONE)
- Calibrazione facile e veloce
- Funzionamento singola utenza non influenza le altre (COMPORTAMENTO DINAMICO)



**SCENARI E CONFIGURAZIONI IMPIANTISTICHE:
BILANCIAMENTO DINAMICO DI UN SISTEMA PROPORZIONALE
PREESISTENTE**

BILANCIAMENTO DINAMICO DI UN SISTEMA A VENTILCONVETTORI

Configurazione impiantistica: due dispositivi



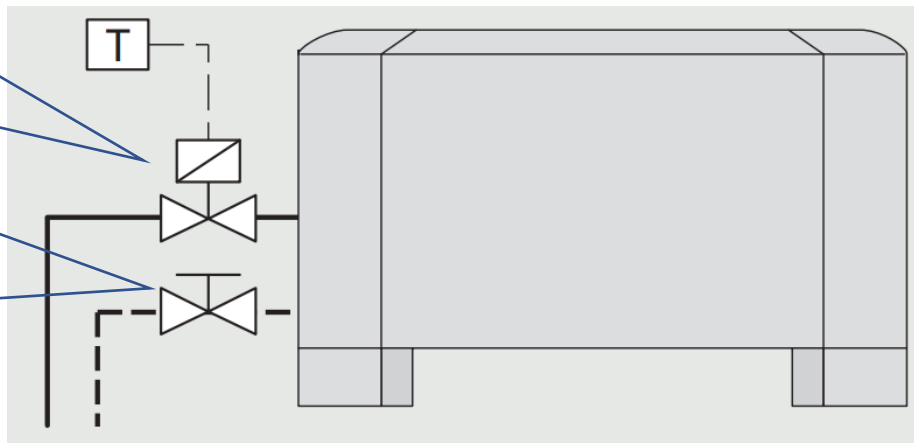
Valvola di controllo proporzionale

Connessa al termostato o ad un controllore BMS, permette di controllare le utenze separatamente a carichi parziali.



Valvola di bilanciamento dinamico (regolatore di pressione differenziale)

Controlla la pressione differenziale ai capi del circuito per compensarne le fluttuazioni causate dal controllo proporzionale.



ESEMPIO DI CALCOLO

ESEMPIO DI CALCOLO PER UN IMPIANTO DI MEDIA TAGLIA

PROGETTO:

Sistema di condizionamento, 50

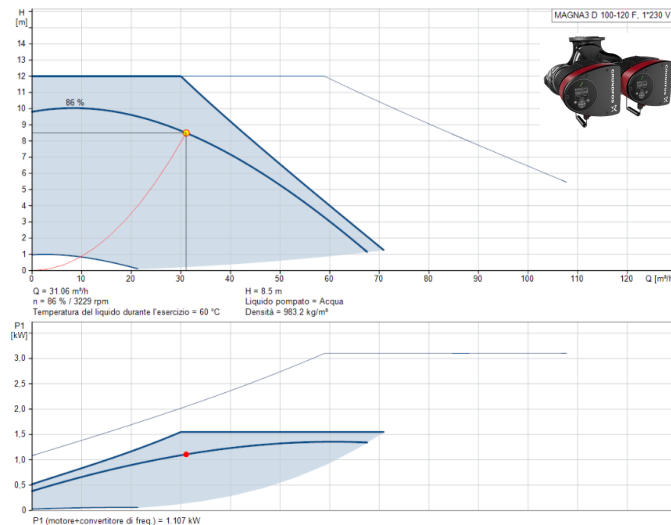
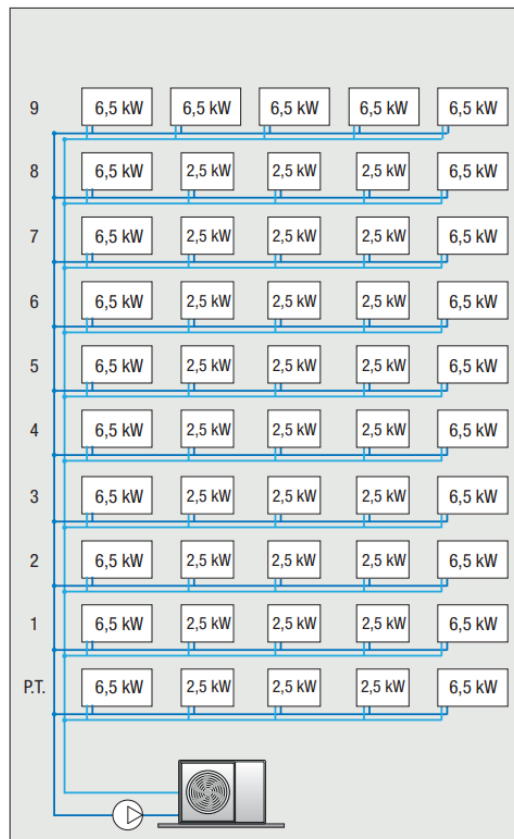
ventilconvettori

- $T_{\text{mandata}}: 7^{\circ}\text{C}$
- $T_{\text{ritorno}}: 13^{\circ}\text{C}$
- 27 unità $P_{\text{VENT1}}: 6,5 \text{ kW} \rightarrow G_{\text{VENT1}}: 930 \text{ l/h}$
- 23 unità $P_{\text{VENT2}}: 2,5 \text{ kW} \rightarrow G_{\text{VENT2}}: 358 \text{ l/h}$



Portata totale a pieno carico

$$930 \text{ l/h} \times 27 + 358 \times 23 = 31056 \text{ l/h}$$



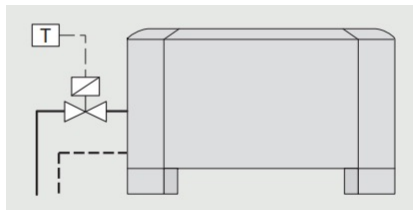
Condizioni di progetto: 31056 l/h @ 8,5m

Potenza di progetto: 1,1 kW

ESEMPIO DI CALCOLO PER UN IMPIANTO DI MEDIA TAGLIA

SCENARIO 1 – Nessun bilanciamento

Ventilconvettori completi di valvola di controllo proporzionale.

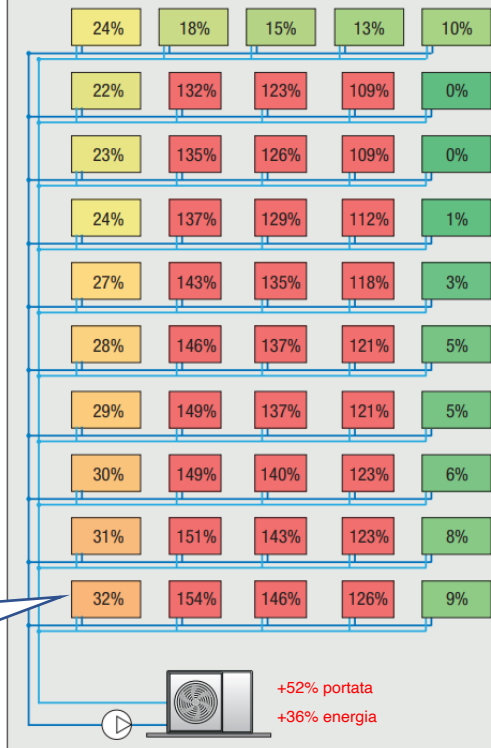


Portata totale a pieno carico:

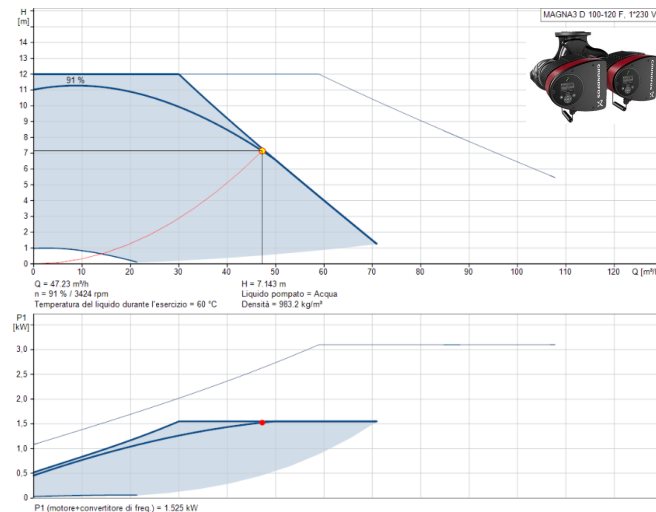
Teorica 31056 l/h

Reale 47230 l/h **(+52%)**

FUNZIONAMENTO A PIENO CARICO



X %
% deviazione
dal
valore
teorico



Potenza di lavoro del circolatore:

Teorica 1,1 kW

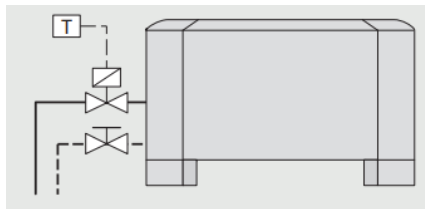
Reale 1,5 kW **(+36%)**

L'assenza di dispositivi di bilanciamento determina un marcato sovradimensionamento del circolatore, oltre a condizioni di forte sbilanciamento della rete. Questo si tradurrà in **scarso confort** e **alti costi di esercizio**.

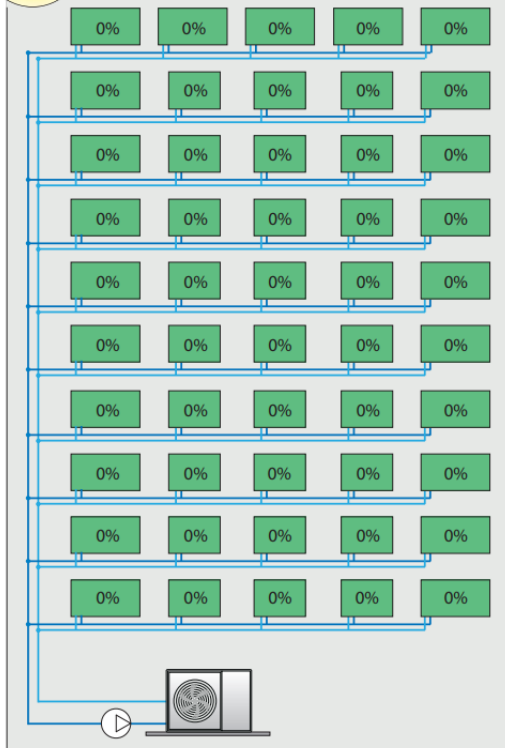
ESEMPIO DI CALCOLO PER UN IMPIANTO DI MEDIA TAGLIA

SCENARIO 2 – Bilanciamento con valvole statiche

Ventilconvettori completi di valvola di controllo proporzionale e valvola di bilanciamento statico.



FUNZIONAMENTO A PIENO CARICO



Portata totale a pieno carico

Teorica 31056 l/h

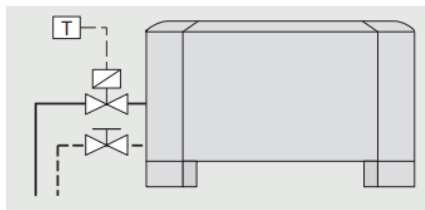
Reale 31056 l/h

*La presenza di dispositivi di bilanciamento statici evita sovradimensionamenti del circolatore e sbilanciamento delle portate e delle potenze, con conseguente **corretto confort** e **costi di gestione coretti** ma **solo a pieno carico**.*

ESEMPIO DI CALCOLO PER UN IMPIANTO DI MEDIA TAGLIA

SCENARIO 2 – Bilanciamento con valvole statiche

Ventilconvettori completi di valvola di controllo proporzionale e valvola di bilanciamento statico.



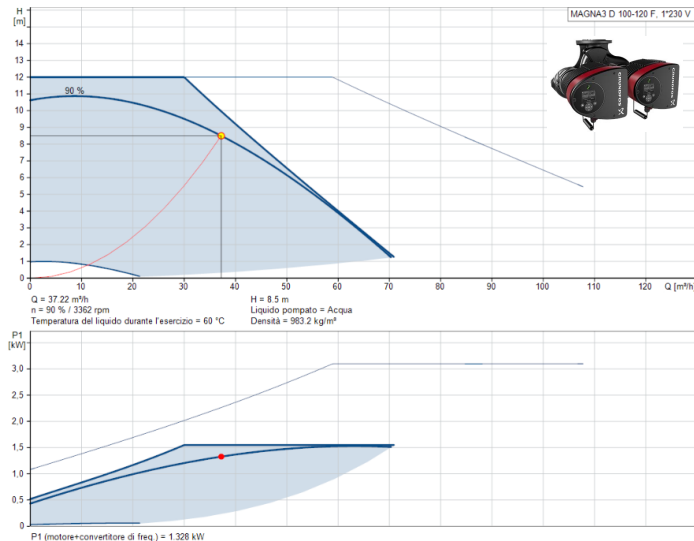
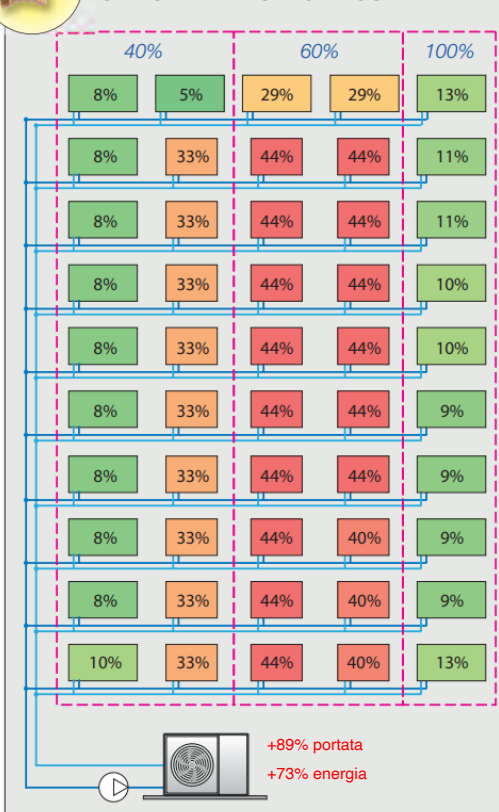
Portata totale a carico parziale:

Teorica 19663 l/h (-37%);

Reale 37227 l/h (+89%)



FUNZIONAMENTO A CARICO PARZIALE



Potenza di lavoro del circolatore:

Teorica 0,77 kW

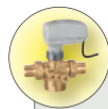
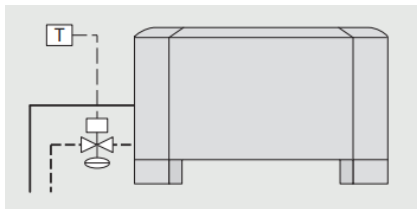
Reale 1,33 kW (+73%)

La presenza di valvole di bilanciamento statiche non porta benefici al sistema in caso di funzionamento a carico parziale.

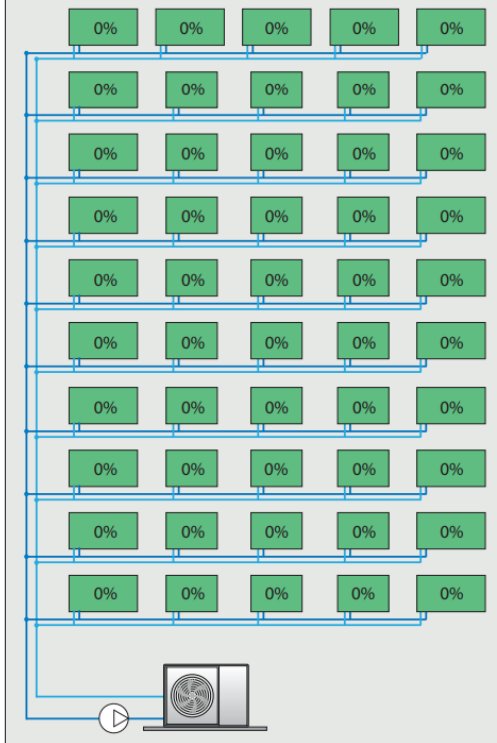
ESEMPIO DI CALCOLO PER UN IMPIANTO DI MEDIA TAGLIA

SCENARIO 3 – Bilanciamento dinamico

Ventilconvettori completi di valvola di regolazione indipendente dalla pressione con controllo proporzionale.



FUNZIONAMENTO A PIENO CARICO



Portata totale a pieno carico

Teorica 31056 l/h

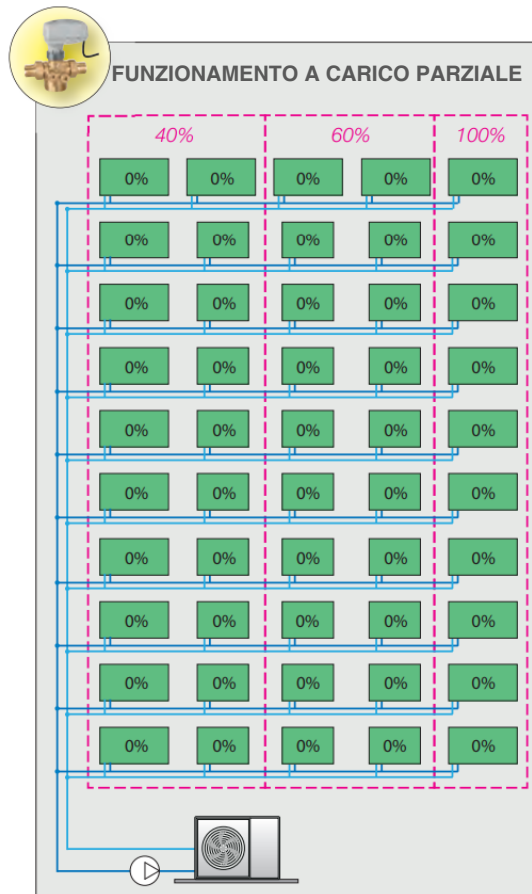
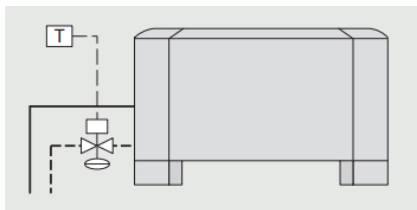
Reale 31056 l/h

*La presenza di dispositivi di bilanciamento dinamici evita sovradimensionamenti del circolatore e sbilanciamento delle portate e delle potenze, con conseguente **corretto confort** e **costi di gestione coretti**.*

ESEMPIO DI CALCOLO PER UN IMPIANTO DI MEDIA TAGLIA

SCENARIO 3 – Bilanciamento dinamico

Ventilconvettori completi di valvola di regolazione indipendente dalla pressione con controllo proporzionale.



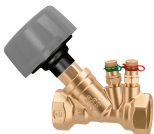
Portata totale a carico parziale:

Teorica 19663 l/h;

Reale 19663 l/h

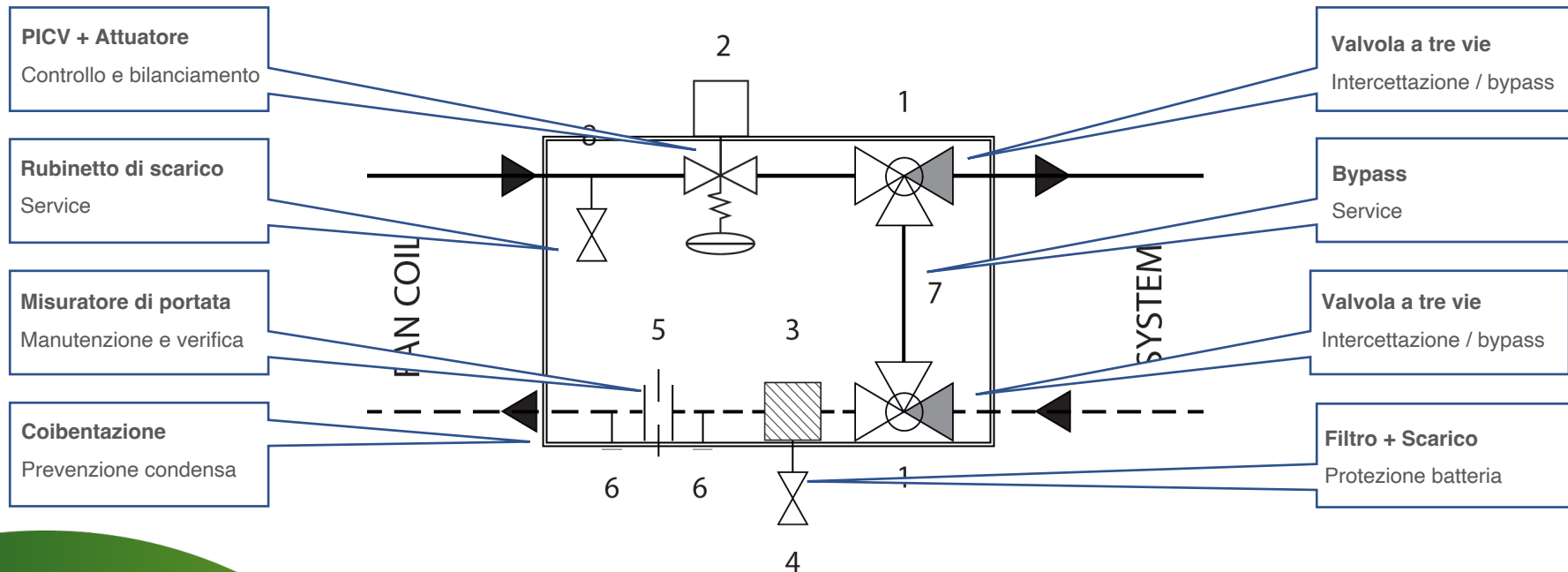
*La presenza di dispositivi di bilanciamento dinamici evita sovradimensionamenti del circolatore e sbilanciamento delle portate e delle potenze, con conseguente **corretto confort** e **costi di gestione coretti** anche in **condizioni di carico parziale**.*

ESEMPIO DI CALCOLO PER UN IMPIANTO DI MEDIA TAGLIA

Metodo	Carico totale	Carico parziale
NESSUNO	✗	✗
	✓	✗
	✓	⚠
	✓	✓

DISPOSITIVI A SERVIZIO DEL VENTILCONVETTORE

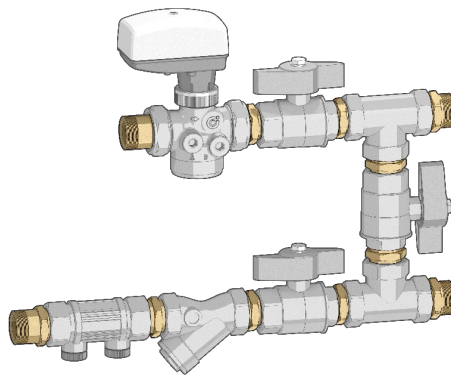
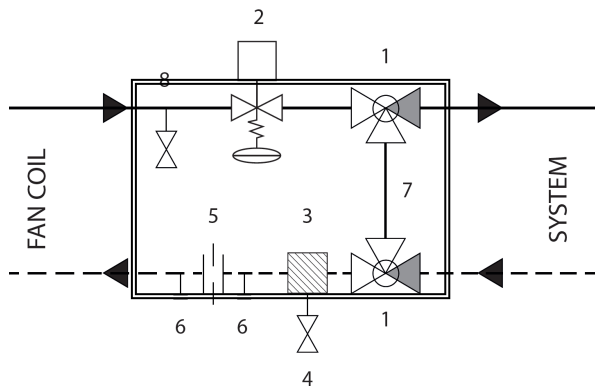
DISPOSITIVI A SERVIZIO DEL VENTILCONVETTORE



La valvola di regolazione indipendente dalla pressione è il dispositivo più importante da considerare in fase di progettazione di un impianto a ventilconvettori **ma non è l'unico**.

Comunemente ci si riferisce a 'Fan Coil Kit' per indicare tutti i dispositivi necessari per un'installazione corretta di un ventilconvettore.

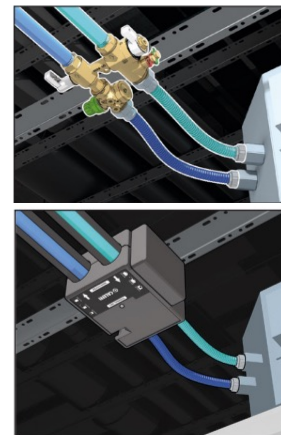
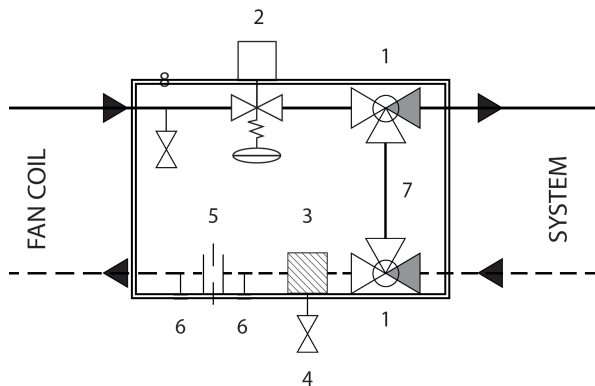
DISPOSITIVI A SERVIZIO DEL VENTILCONVETTORE



COMPONENTI SINGOLI ASSEMBLATI IN CANTIERE

- Sembra una soluzione meno onerosa;
- Molte connessioni/raccordi (potenziali perdite);
- Assemblaggio e test in cantiere può non essere agevole;
- Solitamente ingombranti e pesanti (es DN20 pesa 3,3 kg). Complicata installazione in controsoffitto;
- Coibentazione complicata e usa-e-getta;
- Ottenere un corretta orientazione delle leve e delle valvole può non essere semplice.

DISPOSITIVI A SERVIZIO DEL VENTILCONVETTORE



SOLUZIONI PREASSEMBLATE

- Assenza di connessioni interne/raccordi (corpo unico) per prevenire perdite;
- Assemblaggio e test in fabbrica;
- Compatto e leggero (es DN20 pesa 2,5 kg). Dotate di accessorio per installazione in controsoffitto;
- Coibentazione preformata in PPE.
- Leve e valvole orientate per permettere installazione universale e manutenzione facile e veloce.

GRAZIE PER L'ATTENZIONE



S.R. 229, n. 25
28010 Fontaneto d'Agogna (NO) Italy
Tel. +39 0322 8491 / Fax +39 0322 863305
info@caleffi.com
www.caleffi.com



[youtube/CaleffiVideoProjects/](https://www.youtube.com/CaleffiVideoProjects/)



[linkedin/caleffi-s-p-a-/](https://www.linkedin.com/company/caleffi-s-p-a-/)



[facebook /CaleffiItalia/](https://www.facebook.com/CaleffiItalia/)

Alessio Cioni
alessio.cioni@caleffi.com