

Idraulica

PUBBLICAZIONE PERIODICA DI INFORMAZIONE TECNICO-PROFESSIONALE

CALEFFI
Hydronic Solutions

63

Gennaio 2023



Le unità di ventilazione e il dimensionamento degli impianti VMC

SPEDIZIONE IN ABBONAMENTO POSTALE PUBBLICITÀ 70% - FILIALE DI NOVARA



**INSTALLAZIONE
UNIVERSALE**

**CONFIGURAZIONE
SENZA LIMITI**



Rinnovare l'aria senza spreco di energia. L'unità VMC Caleffi serie AIR113 è la soluzione sostenibile ad alta efficienza energetica che garantisce una qualità dell'aria ottimale negli ambienti domestici. Le connessioni flessibili e versatili e il design compatto la rendono adatta ad ogni situazione. Ulteriori plus? È posizionabile in tutte le direzioni, è molto leggera e ha dimensioni compatte. **GARANTITO CALEFFI.**



EDITORIALE

LA QUALITÀ DI SEMPRE

Sono particolarmente orgoglioso di firmare l'editoriale di questo primo numero del 2023 di Idraulica, rivista con cui collaboro da anni. Ho avuto il privilegio di lavorare sotto la direzione di Mario Doninelli, fondatore della Rivista e figura di riferimento per tutti i termotecnici e progettisti italiani. Da lui ho imparato molto, sia dal punto di vista tecnico, sia da quello comunicativo, soprattutto l'importanza di trasmettere in modo semplice ed efficace anche i concetti più complessi. Insegnamento che ho fatto mio e che continua a guidarmi in ogni aspetto del mio lavoro.



Sono ingegnere meccanico in Caleffi da 10 anni, e da due responsabile del settore Ventilazione Meccanica Controllata. Sei mesi fa, proprio sulle pagine di Idraulica, il presidente Marco Caleffi annunciava l'ingresso di Caleffi in questo settore in un momento in cui la crisi internazionale stava rendendo di estrema attualità il tema del risparmio energetico. Argomento che non ci ha trovato impreparati, visto che proprio la riduzione degli sprechi è stato un focus nella progettazione dei nostri Sistemi VMC per mantenere l'aria pulita negli ambienti chiusi. Il risparmio energetico rientra, infatti, nel concetto di qualità Caleffi che da sempre permea la nostra visione e la nostra produzione. Qualità che significa efficienza, affidabilità, benessere, bellezza. Ma anche capacità di offrire soluzioni studiate per soddisfare i clienti finali e agevolare il lavoro di grossisti e installatori.

Il riscontro che ci sta arrivando è estremamente incoraggiante. I dati relativi al mercato della climatizzazione in Italia per i primi nove mesi del 2022, confermano una crescita in attivo dei Sistemi VMC, considerati una valida soluzione per ridurre la concentrazione di inquinanti negli ambienti e in grado di conciliare le esigenze di qualità dell'aria interna e di risparmio energetico. Specialmente dopo il rivestimento degli edifici con il cappotto termico (boom del 2022).

Il nostro impegno è quello di continuare a investire nella ricerca e nello sviluppo di soluzioni che assicurino un comfort sostenibile in ogni ambito della nostra offerta, oltre ad una versatilità di installazione per tutte le esigenze e situazioni, così da rendere più semplice l'approccio al cambiamento.

E proprio da questo impegno nasce la nuova unità di ventilazione che lanceremo a breve sul mercato insieme al nuovo listino. Un prodotto unico e innovativo che fa tesoro delle richieste e delle esigenze di installatori e progettisti.

Elia Cremona

Product manager
Sistemi Calore & VMC

A handwritten signature in black ink that reads "Elia Cremona". The signature is fluid and cursive, matching the printed name above it.

Direttore responsabile:
Mattia Tomasoni

Responsabile di Redazione:
Fabrizio Guidetti

Hanno collaborato
a questo numero:
Alessia Soldarini
Dennis Boetto
Elia Cremona
Mattia Tomasoni
Pietro Malavolta
Renzo Planca

Idraulica
Pubblicazione registrata
presso
il Tribunale di Novara
al n. 26/91 in data 28/9/91

Editore:
La Terra Promessa Onlus -
Novara

Stampa:
La Terra Promessa Onlus -
Novara

Copyright Idraulica Caleffi.
Tutti i diritti sono riservati.
Nessuna parte della
pubblicazione può essere
riprodotta o diffusa
senza il permesso scritto
dell'Editore.

CALEFFI S.P.A.
S.R. 229, N. 25
28010
Fontaneto d'Agogna (NO)
TEL. 0322-8491
FAX 0322-863305
info@caleffi.com
www.caleffi.com

SOMMARIO

- 5 LE UNITÀ DI VENTILAZIONE E IL DIMENSIONAMENTO DEGLI IMPIANTI VMC**
- 6 LE UNITÀ DI VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA**
- 8 TIPOLOGIE DI RECUPERO ENERGETICO**
 - Recuperatori di calore sensibile
 - Recuperatori entalpici
 - Caratteristiche costruttive dei recuperatori di calore
- 10 SISTEMA DI SCARICO DELLA CONDENSA**
- 12 SISTEMI DI FILTRAZIONE DELL'ARIA**
 - Classificazione delle prestazioni dei filtri
- 14 VENTILATORI**
 - Curve caratteristiche e regolazione
- 16 REGOLAZIONE DEI SISTEMI DI VENTILAZIONE**
 - Regolazione manuale
 - Regolazione temporizzata
 - Regolazione con sensori ambientali
 - Free cooling (e free heating)
- 19 STRUTTURA PORTANTE**
- 20 VMC CANALIZZATA CON RECUPERO DEL CALORE - INSTALLAZIONE UNIVERSALE**
- 22 IL DIMENSIONAMENTO DEGLI IMPIANTI VMC**
 - Parametri guida per il dimensionamento
 - Calcolo della portata totale di rinnovo
 - Calcolo delle portate di immissione
 - Calcolo delle portate di estrazione
- 26 DIMENSIONAMENTO DEI COMPONENTI PRINCIPALI**
 - Dimensionamento dei componenti dell'impianto VMC
 - Dimensionamento dell'unità di ventilazione
 - Dimensionamento dei silenziatori
- 29 ACUSTICA DELLE UNITÀ DI VENTILAZIONE E CALCOLO DELL'ATTENUAZIONE**
 - Dimensionamento del sistema di distribuzione
 - La verifica e il bilanciamento del sistema
- 36 ESEMPIO 1: DIMENSIONAMENTO DI UN IMPIANTO VMC IN UN APPARTAMENTO**
- 38 ESEMPIO 2: DIMENSIONAMENTO DI UN IMPIANTO VMC IN UN LOCALE UFFICI**
- 40 ESEMPIO 3: DIMENSIONAMENTO DI UN IMPIANTO VMC IN UN'ABITAZIONE PRIVATA A DUE PIANI**
- 42 LA MANUTENZIONE DEGLI IMPIANTI VMC**



LE UNITÀ DI VENTILAZIONE E IL DIMENSIONAMENTO DEGLI IMPIANTI VMC

Il precedente numero di *Idraulica* era dedicato agli aspetti fondamentali riguardanti gli impianti di ventilazione meccanica controllata (VMC): l'importanza della qualità dell'aria negli ambienti chiusi, i fattori che ne condizionano la salubrità e le tipologie più diffuse di rinnovo dell'aria. Nelle pagine di *Idraulica* 62 abbiamo analizzato le differenze tra le tipologie di impianti VMC, sottolineato i vantaggi di ciascun tipo e approfondito il tema della distribuzione dell'aria descrivendone i più importanti aspetti per la progettazione e l'installazione.

In questo nuovo numero di *Idraulica*, ci proponiamo di proseguire la trattazione iniziata approfondendo alcuni aspetti particolari.

La prima parte è dedicata, nello specifico, alle unità di ventilazione con recupero di calore, il cuore

degli impianti VMC. Analizzando i principi di funzionamento di ciascun componente e le relative caratteristiche cercheremo di comprendere a pieno il funzionamento delle unità VMC. Ci occuperemo, inoltre, di regolazione, fattore altresì importante per il funzionamento ottimale non solo delle macchine VMC bensì di tutto l'impianto. La regolazione ottimale è il punto di incontro tra le esigenze specifiche dell'edificio e quelle degli occupanti.

La seconda parte della rivista, dedicata in particolar modo al progettista, fornisce una guida specifica al dimensionamento degli impianti VMC, con passaggi che dettagliano i principi da seguire in tutte le fasi della progettazione: dai criteri di valutazione delle portate d'aria di rinnovo, alla determinazione e al calcolo del sistema di distribuzione, fino alla corretta scelta

dell'unità ventilante.

La trattazione, all'inizio teorica, si concretizza attraverso esempi specifici. In particolare cercheremo di chiarire l'importanza di una corretta progettazione attraverso criteri ed esigenze che dipendono dalla destinazione d'uso dell'edificio e dalle sue caratteristiche in termini di volumetria ed occupazione. Per questo motivo, gli esempi scelti forniscono un'ampia casistica di riferimento, in modo da consentire al lettore un'efficace comprensione dell'applicazione delle metodologie spiegate.

Infine, faremo cenno all'importanza della manutenzione degli impianti VMC, operazione spesso trascurata ma essenziale per il corretto funzionamento nel tempo.



LE UNITÀ DI VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA

Ingg. Elia Cremona e Pietro Malavolta

Le unità di ventilazione meccanica controllata rappresentano il cuore degli impianti di rinnovo dell'aria e ne permettono il corretto funzionamento. Come abbiamo visto nel precedente numero di *Idraulica*, la maggior parte di noi trascorre molto tempo in luoghi chiusi, che siano abitazioni o uffici, strutture pubbliche o spazi di ritrovo. La qualità dell'aria all'interno degli edifici incide sul nostro benessere e sulla nostra salute. I sistemi di VMC sono in grado di rinnovare l'aria, per una migliore qualità e comfort ambientale e, allo stesso tempo, contribuiscono al risparmio energetico. Il vantaggio più significativo dei sistemi VMC moderni è sicuramente la capacità di recupero termico attraverso un recuperatore di calore.

Tuttavia questo è solo uno dei componenti di una macchina VMC: ciascuna unità di ventilazione è, infatti, costituita da un insieme di elementi che lavorano in sinergia tra di loro.

Tutte le unità VMC sono equipaggiate da un sistema di filtrazione sia dell'aria esterna (per trattenere insetti, pollini, polveri

Filtri 1 6

Dispositivi che consentono di trattenere particelle fini e grossolane trasportate dall'aria. Nelle unità di ventilazione sono di norma presenti filtri sia sul flusso di immissione dell'aria esterna sia sul flusso di espulsione. I primi hanno la funzione di migliorare la qualità dell'aria di rinnovo, mentre quelli di ripresa dell'aria ambiente hanno lo scopo di prevenire lo sporco del recuperatore.

Sonde di temperatura 2 4

Collegate alla centralina 5 8 elettronica, forniscono le misure di temperatura dei flussi d'aria di immissione e di espulsione, a monte e a valle del recuperatore di calore. La misurazione delle temperature dei flussi d'aria consente alla centralina elettronica di attuare logiche di controllo aventi come obiettivi principali il miglioramento del comfort, delle prestazioni energetiche e la protezione dell'unità (ad esempio in caso di temperature troppo rigide).

Centralina 3

Consente il controllo dei componenti meccanici interni, la rilevazione e l'elaborazione dei parametri misurati e la comunicazione con l'interfaccia di controllo per la gestione dell'unità da parte dell'utente.

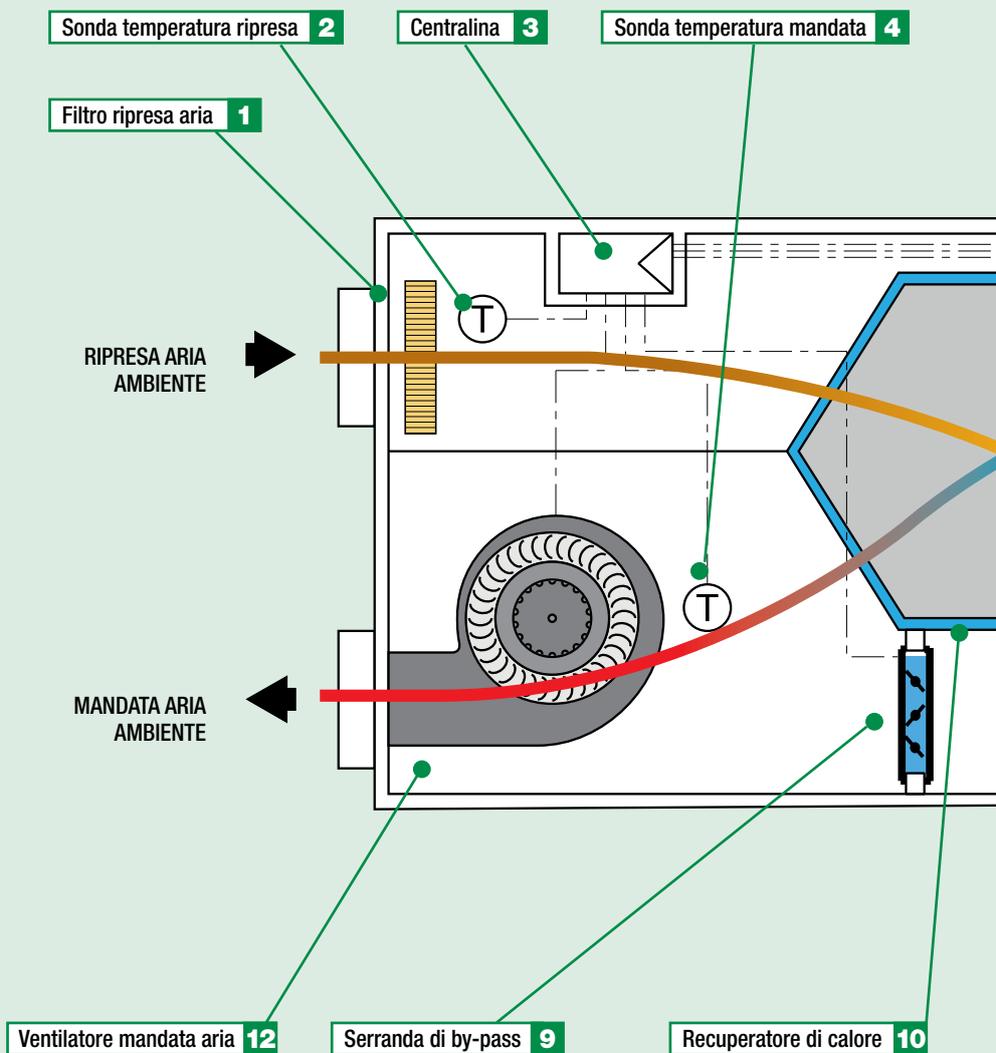
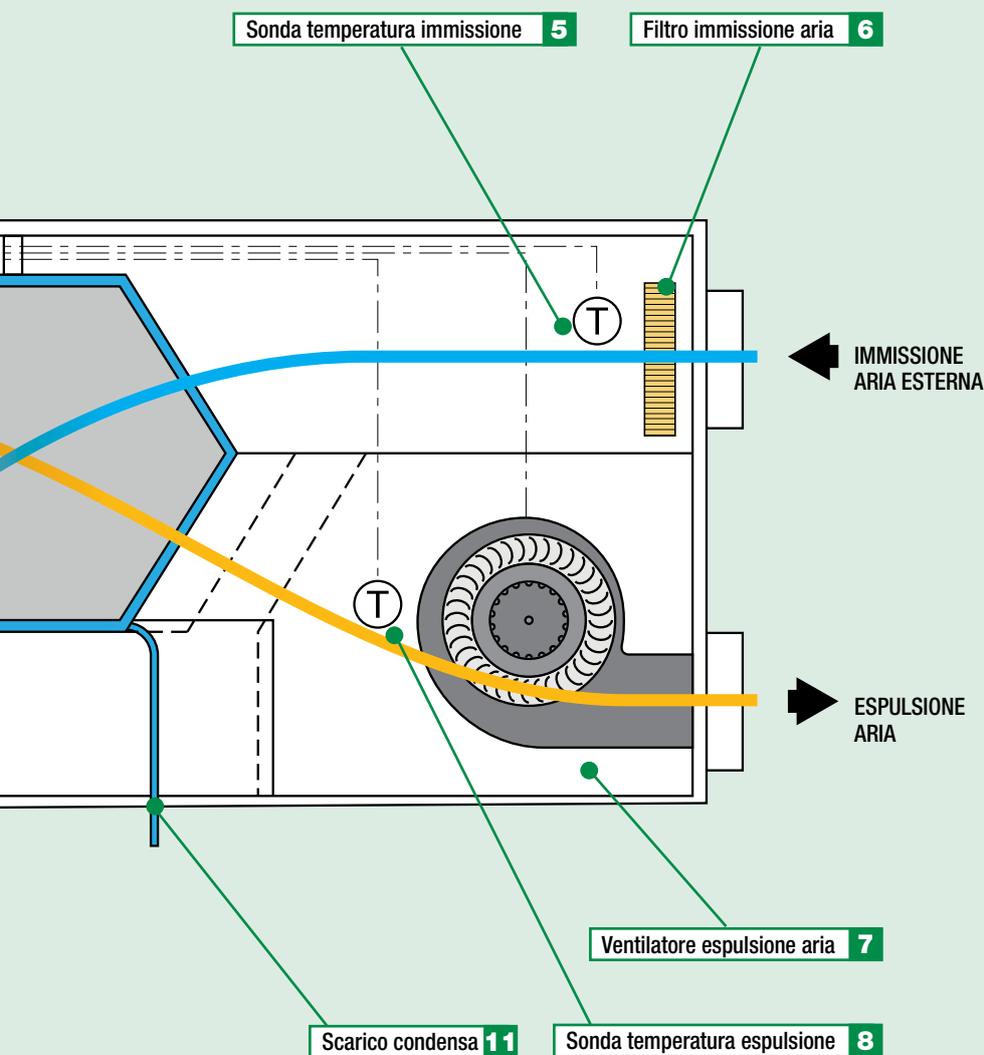


Fig. 1: I componenti dell'unità di ventilazione meccanica controllata

sottili e particolato) sia dell'aria ambiente (per proteggere lo scambiatore dalle polveri presenti in casa). Per consentire il moto dell'aria all'interno delle canalizzazioni, le unità VMC sono dotate di ventilatori (due se l'unità è del tipo a doppio flusso). Le sonde di temperatura, situate nel canale di immissione ed espulsione e collegate alla centralina elettronica, permettono di migliorare il comfort ambientale e le prestazioni della macchina stessa. La centralina, inoltre, è in grado di svolgere alcune funzioni avanzate quali il "Free Cooling" e "Free Heating": un rinnovo dell'aria senza recupero di calore né integrazioni termiche attraverso l'apertura della serranda di by-pass ed il passaggio del flusso d'aria all'esterno del recuperatore di calore. Lo scarico condensa, infine, situato in corrispondenza del recuperatore, permette di convogliare la condensa che ha origine in particolari condizioni climatiche, in particolare nella stagione invernale quando il recuperatore viene attraversato da un lato dall'aria di ripresa carica di umidità e dall'altro da aria esterna a bassa temperatura.



Ventilatori **7 12**

Sono organi meccanici che, alimentati elettricamente, consentono il moto dell'aria all'interno delle canalizzazioni di distribuzione. Nelle unità VMC a doppio flusso sono sempre presenti due ventilatori, di cui uno dedicato al flusso di immissione e uno al flusso di espulsione.

Serranda di by-pass **9**

È di norma costituita dalla combinazione di un servomotore con una o più palette, le quali possono essere aperte o chiuse in modo da convogliare l'aria verso un canale di passaggio che bypassa il recuperatore di calore (canale di by-pass). Nelle unità VMC questo espediente permette il funzionamento in "free cooling".

Recuperatore di calore **10**

Dispositivo che permette il recupero termico tra il flusso di espulsione e di immissione. Grazie a questo componente le unità di ventilazione sono in grado di effettuare il rinnovo dell'aria ambiente recuperando in maniera efficiente il calore che altrimenti verrebbe sprecato.

Scarico condensa **11**

È costituito da una vasca di raccolta della condensa posta in corrispondenza del recuperatore e dalla relativa tubazione o convogliamento per lo scarico. La formazione di condensa, come vedremo, può avvenire a seconda delle condizioni di temperatura e umidità dei flussi d'aria che attraversano il recuperatore.

TIPOLOGIE DI RECUPERO ENERGETICO

RECUPERATORI DI CALORE SENSIBILE

Questi recuperatori consentono il trasferimento della sola quota parte di calore sensibile dal flusso più caldo a quello più freddo. Il recupero termico sensibile si traduce in termini fisici in una variazione del valore di temperatura del flusso senza variare il contenuto assoluto di vapore acqueo a seconda che questo assorba o ceda energia termica (Fig. 2a).

I recuperatori di calore sensibile sono i più diffusi nei moderni sistemi di ventilazione meccanica, in quanto rappresentano un ottimo compromesso tra i costi e le prestazioni che sono in grado di raggiungere. Se opportunamente dimensionati, possono raggiungere anche efficienze di recupero di calore dell'ordine del 90 %.

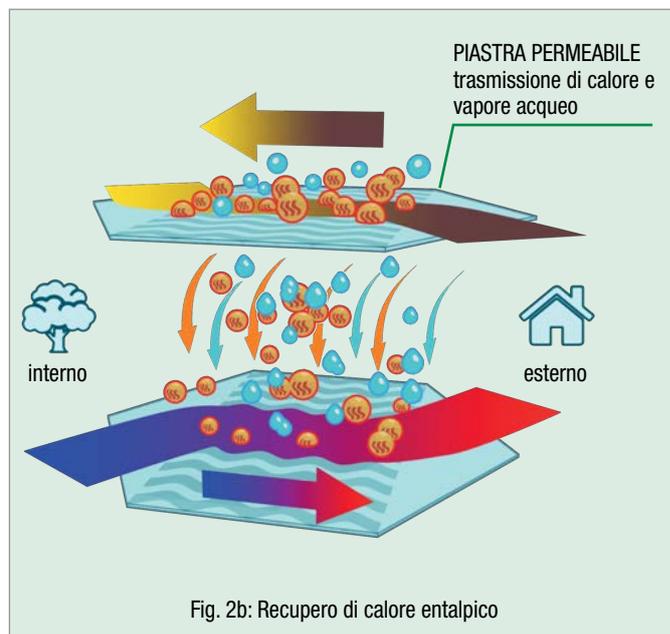
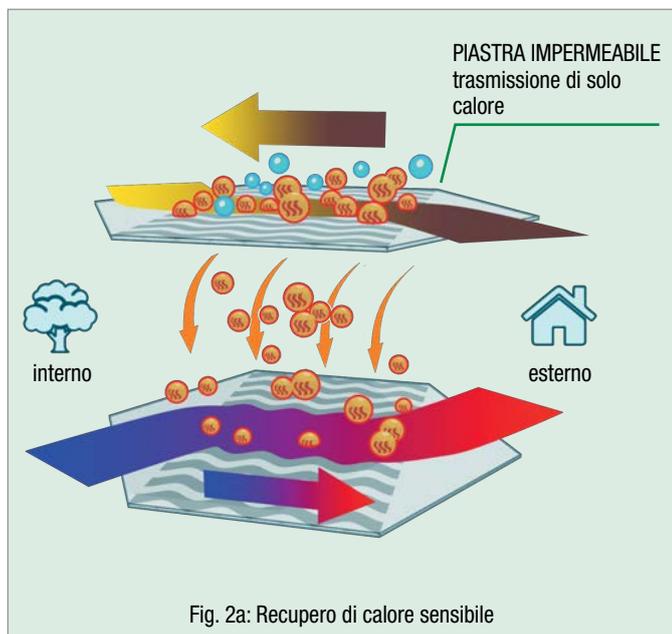
RECUPERATORI ENTALPICI

Questi recuperatori, a differenza di quelli sensibili, consentono anche il trasferimento di calore latente tra i due flussi d'aria che li attraversano (Fig. 2b). Il passaggio di calore latente non determina una variazione di temperatura, in quanto rappresenta

il calore contenuto nel vapore acqueo presente nell'aria umida. Il loro funzionamento sfrutta particolari membrane costruite con materiali permeabili all'umidità, ed opportunamente trattati per evitare la formazione di muffe e batteri, nonché il trasferimento di odori e inquinanti. Grazie a questa proprietà il vapore acqueo viene trasferito dal flusso d'aria più umido a quello più secco.

Per i recuperatori di tipo entalpico si definisce solitamente sia una efficienza riferita al recupero di calore sensibile sia una riferita al recupero di calore latente. Quest'ultima riguarda la capacità di trasferimento di umidità del recuperatore, con valori che tipicamente oscillano tra il 50 % e l'80 %.

L'utilizzo di questi recuperatori trova ideale applicazione in caso di zone climatiche caratterizzate da inverni rigidi e secchi oppure estati calde e umide. In queste situazioni sussiste una marcata differenza di umidità relativa tra l'ambiente esterno e quello domestico: l'utilizzo del recuperatore di tipo entalpico permette quindi di mantenere a livelli ottimali l'umidità interna, a favore del comfort e del risparmio energetico.



CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE DEI RECUPERATORI DI CALORE

I recuperatori di calore tipicamente presenti nelle moderne unità di ventilazione meccanica controllata sono di tipo controcorrente (vedi *Idraulica* n° 62). Questi sono realizzati componendo diverse piastre che creano dei canali di passaggio separati per i due flussi d'aria che li attraversano. Oltre alle proprietà stesse dei materiali utilizzati, i fattori che influenzano le capacità di trasferimento di calore tra i due flussi d'aria sono correlati alle dimensioni, alla geometria e al numero di piastre utilizzate.

I recuperatori di calore utilizzati all'interno delle unità di ventilazione, possono avere una disposizione delle piastre orizzontale oppure verticale (Fig. 3). In entrambi i casi, il numero di piastre utilizzate determina le prestazioni del recuperatore e, contestualmente, anche le relative dimensioni di ingombro.

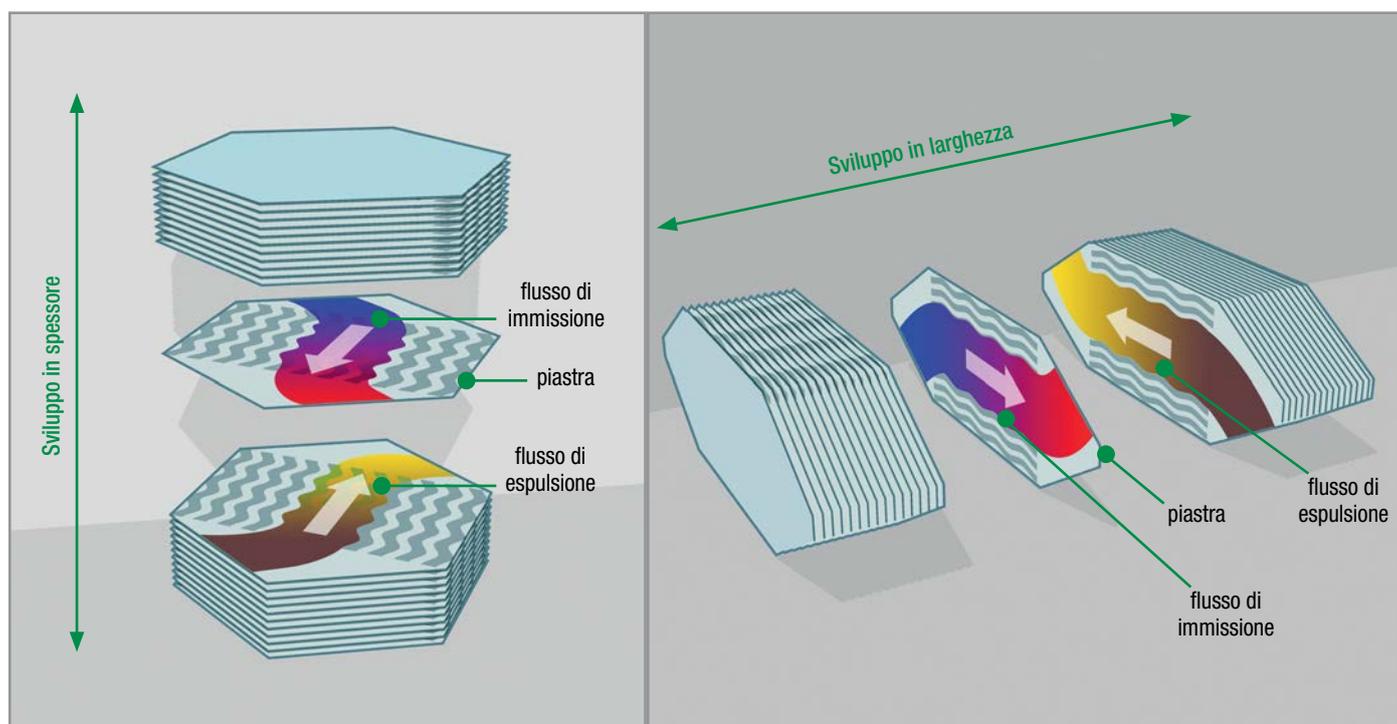


Fig. 3: Disposizione delle piastre verticale e orizzontale

SISTEMA DI SCARICO DELLA CONDENSA

Durante il normale funzionamento delle unità VMC, è possibile che si verifichino le condizioni di formazione della condensa all'interno del recuperatore di calore. Questo può avvenire in particolare nella stagione invernale, quando il recuperatore di calore viene attraversato da un lato dall'aria di ripresa carica di umidità e dall'altro da aria esterna a bassa temperatura. In queste condizioni la temperatura dell'aria di ripresa può scendere fino al punto di rugiada, dando così origine alla formazione di condensa (Fig. 4). In modo simile, ma meno marcato, anche durante i mesi estivi può avvenire la formazione di condensa; in questo caso risulta proveniente dall'aria esterna che, a seconda delle condizioni climatiche, può essere più calda e umida rispetto all'aria di ripresa. Per questo motivo, le unità VMC devono essere dotate di appositi sistemi di scarico e di raccolta della condensa. Nella progettazione di questi ultimi, va in particolar modo tenuto conto del fatto che il lavoro stesso dei ventilatori a bordo macchina crea depressioni (o talvolta pressioni positive) che possono interferire con il corretto funzionamento dello scarico. È bene quindi prevedere un'adeguata progettazione del sifone di scarico o il corretto utilizzo di appositi sistemi di scarico, spesso dotati anche di dispositivi meccanici antiriflusso e antiodore.

Scarico condensa a sifone (in depressione)

Nel caso in cui i ventilatori presenti all'interno dell'unità di ventilazione generino una zona di depressione in corrispondenza dello scarico della condensa, occorre dimensionare il sifone in modo da evitare svuotamenti e reflussi dell'acqua. A questo scopo è necessario rispettare la profondità minima del sifone indicata in Fig. 5, nella quale è rappresentata la situazione in cui il ventilatore è in funzione e provoca una aspirazione della colonna di liquido proporzionale alla prevalenza generata. La dimensione H deve essere pari ad almeno due volte la colonna d'acqua aspirata in modo da avere un buon margine di sicurezza.

Scarico condensa a sifone (in pressione)

Anche nel caso in cui i ventilatori generino una pressione positiva sullo scarico condensa, occorre prevedere un corretto dimensionamento del sifone. A differenza del precedente, non sussiste il rischio di aspirazione della condensa verso l'unità di ventilazione, ma occorre impedire lo svuotamento del sifone tramite un corretto dimensionamento. Nella Fig. 6 sono rappresentati i livelli dell'acqua di condensa all'interno di un sifone che subisce l'influenza del ventilatore in funzione: in questo caso la dimensione H è riferita al lato di scarico del sifone e deve essere prevista pari ad almeno due volte la colonna d'acqua "spinta" dalla pressione.

Scarico condensa con sistema antiriflusso a secco

In alternativa alla realizzazione di uno scarico a sifone, sono presenti sul mercato alcuni dispositivi di semplice installazione, realizzati appositamente per svolgere la funzione di scarico della condensa. Tali componenti, spesso, integrano dei sistemi di ritegno con lo scopo di evitare problemi di riflusso, prevenendo, inoltre, la propagazione di odori (Figg. 7-8). Rispetto a quelli a sifone, presentano il vantaggio di garantire la loro funzionalità anche in caso di svuotamento per evaporazione. Per il corretto funzionamento occorre garantire un minimo battente idrostatico, necessario a consentire il passaggio del flusso.

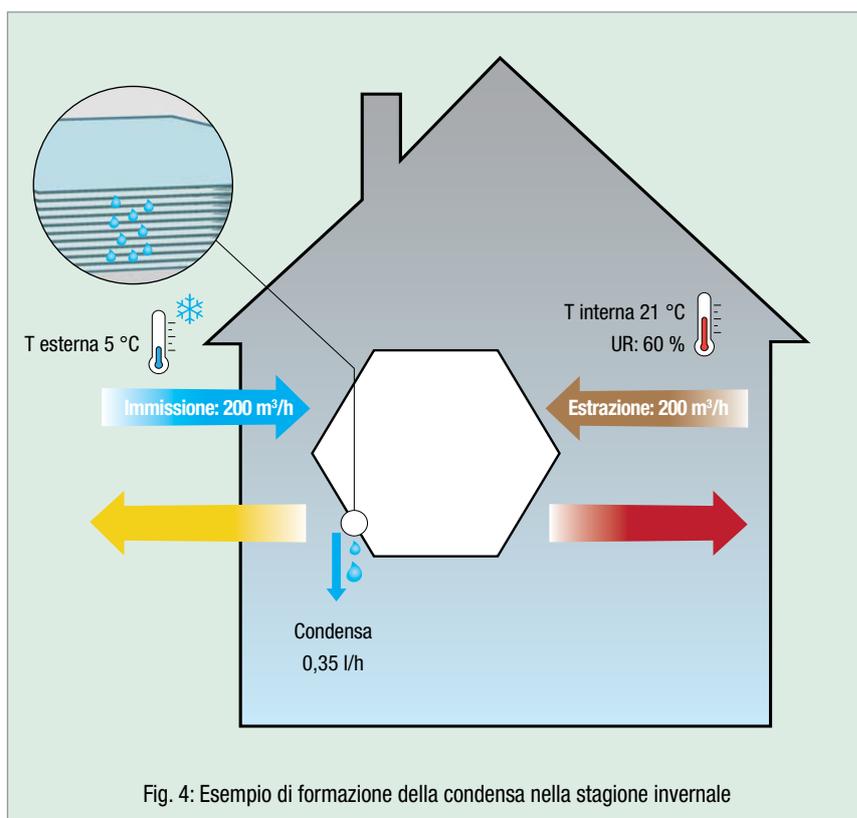
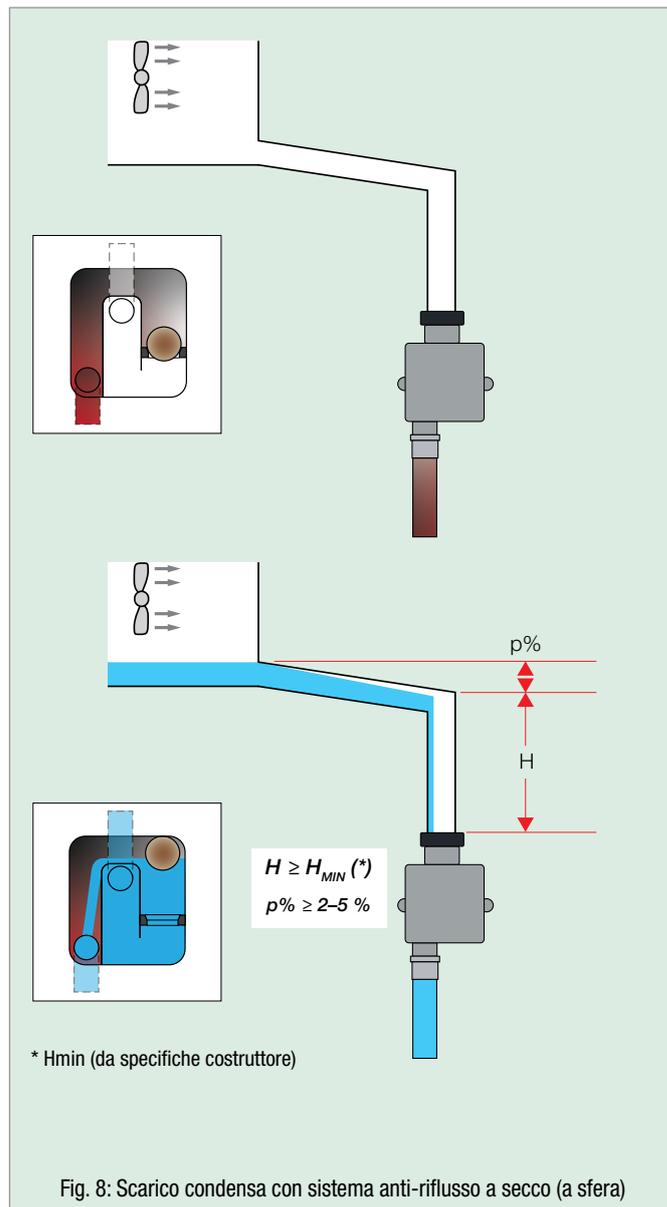
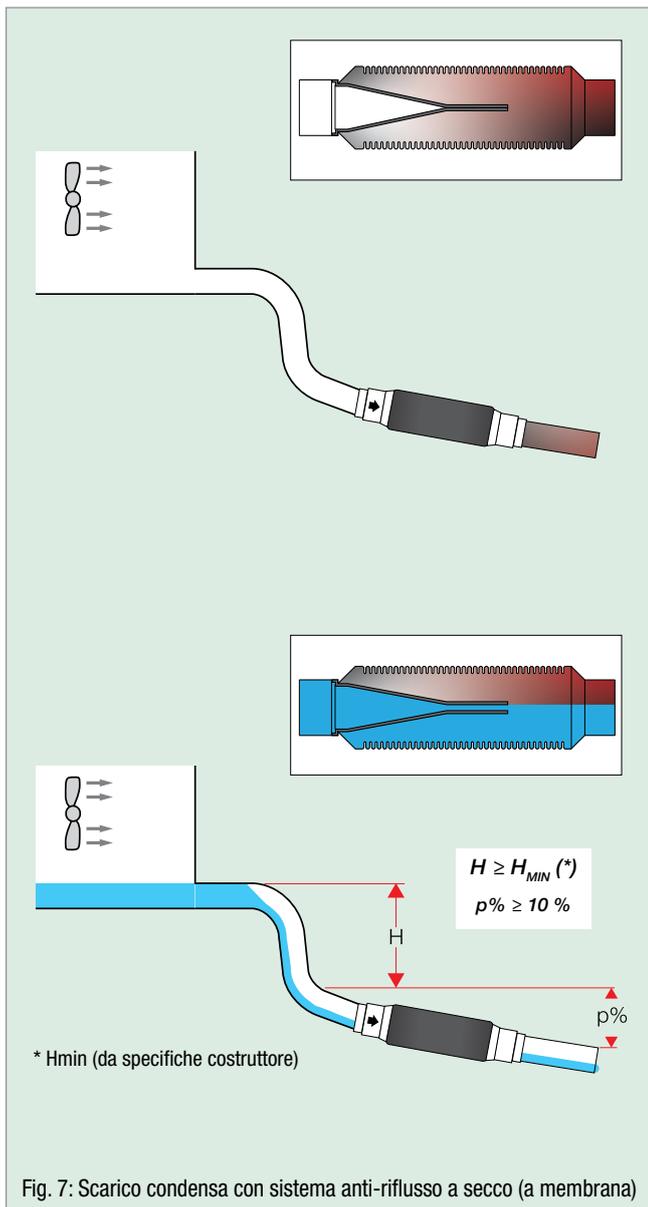
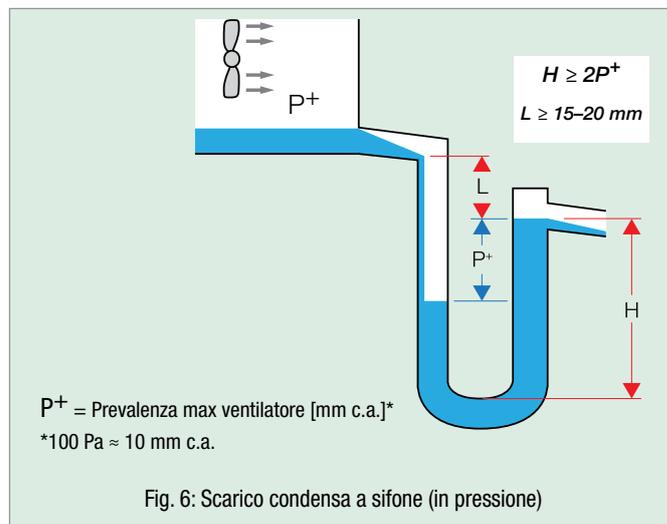
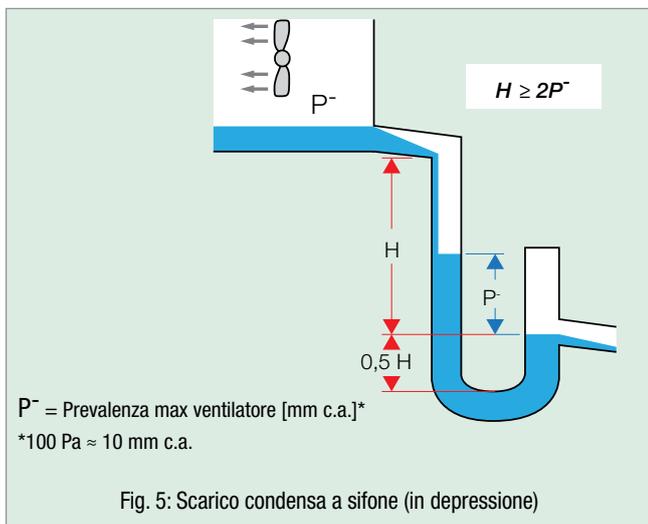


Fig. 4: Esempio di formazione della condensa nella stagione invernale



SISTEMI DI FILTRAZIONE DELL'ARIA

Le unità di ventilazione sono di norma dotate di sistemi di filtrazione dell'aria di rinnovo e dell'aria di ripresa dagli ambienti interni. Nonostante l'aria esterna sia normalmente inodore e incolore, risulta in realtà costituita da una miscela di differenti gas e sostanze invisibili, alcune delle quali possono risultare dannose per la salute. Per questa ragione, la filtrazione dell'aria di rinnovo è un aspetto che permette alle unità di ventilazione di migliorare notevolmente la qualità dell'aria che viene immessa in ambiente, specialmente in aree urbane in cui si riscontrano alte concentrazioni di sostanze inquinanti. La filtrazione dell'aria di ripresa ha invece lo scopo di proteggere i componenti delle unità di ventilazione (in particolar modo il recuperatore di calore) da particelle, polvere ed altre sostanze inquinanti prodotte negli ambienti interni. La Tabella 1 riporta le tipologie di filtri utilizzati tipicamente nel settore del trattamento dell'aria e ne distingue le principali caratteristiche.

A CELLE FILTRANTI



CELLE FILTRANTI PIANE

Sono costituiti da un materassino piano in fibra sintetica riposto all'interno di un telaio rigido.



CELLE FILTRANTI ONDULATE A MEDIA EFFICIENZA

Sono costituiti da un materassino ondulato in fibra sintetica riposto all'interno di un telaio rigido. La forma ondulata permette di aumentare la superficie utile di filtrazione.



CELLE FILTRANTI PIEGHETTATE A MEDIA-ALTA EFFICIENZA

Sono costituiti da fogli a basso spessore ripiegati più volte, in carta o materiali in fibra sintetica mista a cotone. Il numero di pieghettature influenza la capacità filtrante.

A TASCHE



A TASCHE FLOSCE

Presentano una serie di tasche realizzate in materiale di carta o fibra sintetica fissate su una cornice rigida. A parità di superficie frontale le tasche permettono di aumentare la superficie filtrante rispetto ai filtri a celle.



A TASCHE RIGIDE

In questa tipologia di filtri, le tasche sono rigide poiché sono parte costituente del telaio stesso del filtro. All'interno di questo telaio sono fissati i setti filtranti, i quali a loro volta possono essere più o meno pieghettati.

Tabella 1: Le tipologie dei sistemi di filtrazione

CLASSIFICAZIONE DELLE PRESTAZIONI DEI FILTRI

UNI EN 779

Definisce le classi di prestazione dei filtri in funzione della loro capacità ed efficienza di trattenimento di particelle grossolane e più fini. La suddivisione delle classi viene effettuata in base a specifici test di prova di trattenimento di polvere grossolana oppure di particelle di dimensione fissa, come viene riassunto in Tabella 2.

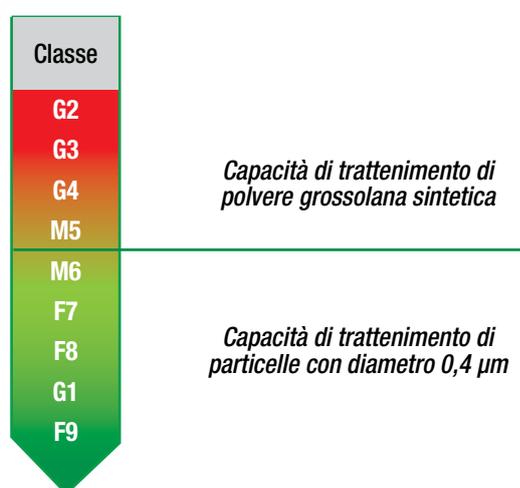


Tabella 2: Classificazione UNI EN 779

UNI EN ISO 16890

Anche questa norma definisce diverse classi di filtrazione, ma la suddivisione è basata su test di prova che hanno lo scopo di ricavare l'efficienza di trattenimento di particolato atmosferico (PM: Particulate Matter) di diverse dimensioni, essendo quest'ultimo un indice di inquinamento dell'aria correlato al rischio di salute per l'uomo. La prestazione di un filtro viene quindi indicata dal livello di efficienza nel trattenimento di PM di precise dimensioni (Tabella 3).

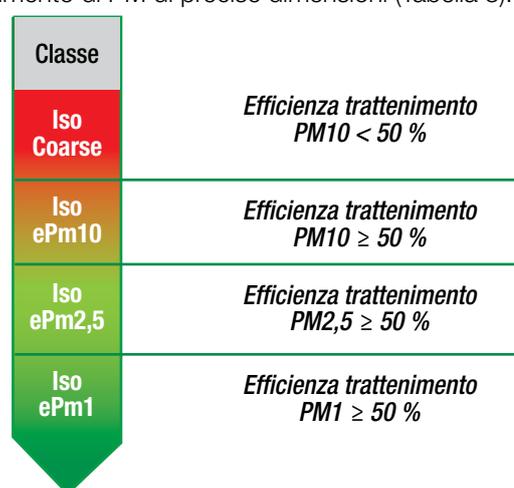


Tabella 3: Classificazione UNI EN ISO 16890

Corrispondenza tra i metodi di classificazione dei filtri

I due metodi di classificazione citati hanno delle differenze intrinseche tra di loro, sia per le modalità di definizione delle classi di filtrazione, sia per il principio stesso su cui si basano. Seppur non esista una corrispondenza univoca tra le due norme, spesso sono fornite dai costruttori di filtri entrambe le classificazioni. Tuttavia è possibile ricostruire una correlazione empirica (Fig. 9) che fa corrispondere le classi di filtrazione e permetta di avere una linea guida di riferimento.

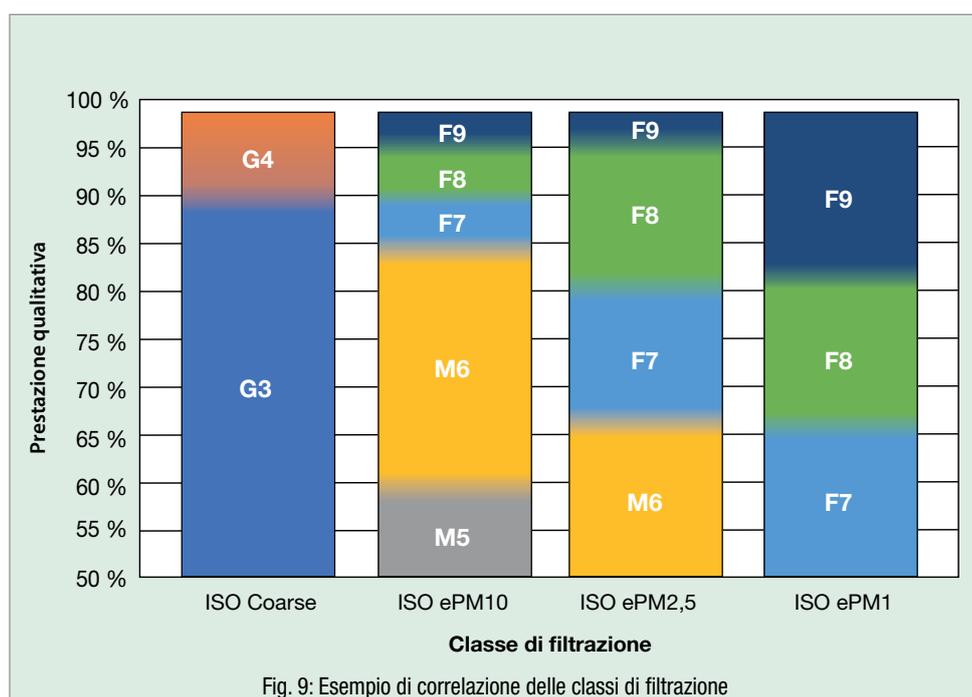


Fig. 9: Esempio di correlazione delle classi di filtrazione

VENTILATORI

I ventilatori presenti nelle unità VMC sono macchine elettriche in cui una girante, sulla quale sono presenti una serie di palette, fornisce all'aria l'energia utile ad attraversare il circuito aeraulico. A tale scopo il ventilatore deve essere in grado di vincere le perdite di carico del percorso garantendo allo stesso tempo la portata d'aria prevista. In funzione della direzione del flusso d'aria, i ventilatori possono essere suddivisi in due macro categorie: i ventilatori centrifughi e i ventilatori assiali.

VENTILATORI CENTRIFUGHI

Nei ventilatori centrifughi l'aria viene aspirata lungo la direzione dell'asse di rotazione, per poi essere espulsa tangenzialmente rispetto alla girante. I ventilatori centrifughi più comuni sono dotati di una voluta, ovvero di un involucro di specifica geometria, che contiene la girante e permette di orientare il flusso d'aria in uscita massimizzandone inoltre la pressione statica. A seconda della forma e dell'inclinazione della palettatura, i ventilatori centrifughi si possono suddividere in diverse tipologie. Una ulteriore differenziazione può essere effettuata in caso la voluta non sia presente.

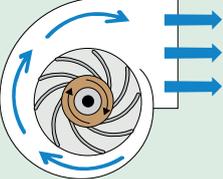
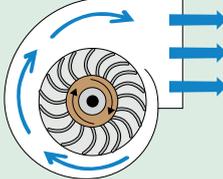
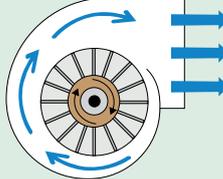
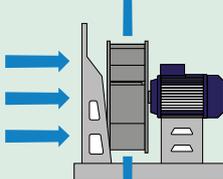
			
Pale indietro	Pale avanti	Pale radiali	Plug fan
<p>Il flusso d'aria viene spinto dalla zona convessa delle pale. Sono caratterizzati da curve di funzionamento stabili e con rendimento elevato. Sono spesso utilizzati nel settore del condizionamento e della ventilazione, specialmente in caso di flussi d'aria elevati.</p>	<p>Il flusso d'aria viene spinto in questo caso dalla zona concava delle pale. Questa caratteristica permette di ottenere pressioni più elevate e quindi ingombri ridotti a discapito di un maggior consumo elettrico. Il basso ingombro ne determina un frequente utilizzo nelle unità di ventilazione di piccola taglia.</p>	<p>In questo caso le pale si sviluppano in senso radiale rispetto alla girante, e rappresentano un compromesso tra i ventilatori a pale avanti e quelli a pale indietro. Di fatto, trovano applicazione solo nell'ambito della ventilazione industriale.</p>	<p>Rappresentano una categoria a sé stante, dato che hanno la particolarità di non avere una voluta. Pur essendo dei ventilatori di tipo centrifugo, presentano ingombri comparabili a quelli assiali. Sono utilizzati in ambito di condizionamento e ventilazione per poter minimizzare gli ingombri, a discapito di rumorosità mediamente più elevate.</p>

Tabella 4: Le tipologie di ventilatori centrifughi

VENTILATORI ASSIALI

Nei ventilatori assiali, il flusso d'aria è parallelo all'asse di rotazione della girante, sia in aspirazione sia in mandata. La direzione del flusso consente di ridurre al minimo gli ingombri rispetto ai ventilatori centrifughi. Per contro, il flusso d'aria viene accelerato con velocità locali elevate ed alte pressioni dinamiche con conseguenti rumorosità e bassi rendimenti.

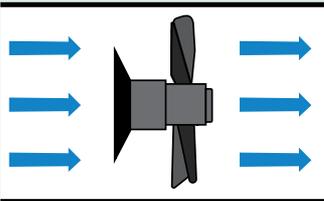
	<p>Nei ventilatori di tipo assiale le giranti ad elica o a pale possono essere libere oppure intubate in alloggiamenti cilindrici per poterne migliorare prestazioni e rendimenti. Vengono utilizzati in impianti con basse perdite di carico e con necessità di elevate portate d'aria.</p>
---	--

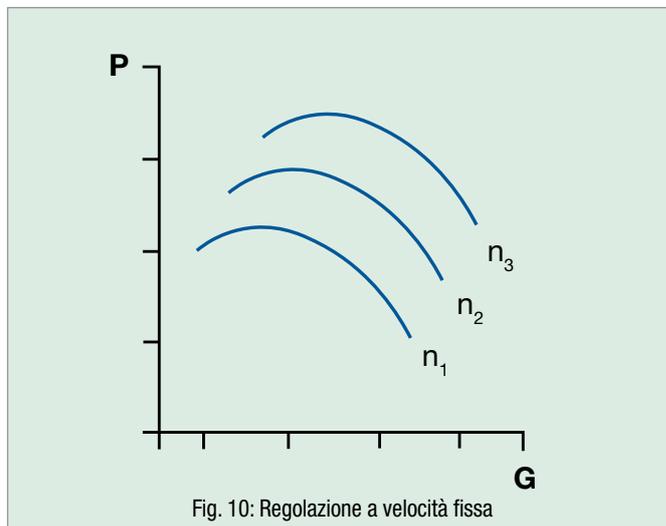
Tabella 5: Ventilatori assiali

CURVE CARATTERISTICHE E REGOLAZIONE

REGOLAZIONE A VELOCITÀ FISSA

Con questa tipologia di regolazione la velocità di rotazione del ventilatore rimane costante in ogni condizione di lavoro. Al diminuire della portata richiesta si ha generalmente un aumento della prevalenza statica. Per questa ragione sono più indicati per funzionare in circuiti a portata costante. Tuttavia solitamente dispongono di semplici regolazioni che consentono di cambiare il numero di giri di rotazione solo ad alcune velocità fisse prestabilite, in modo da adattare grossolanamente il funzionamento alle prestazioni richieste.

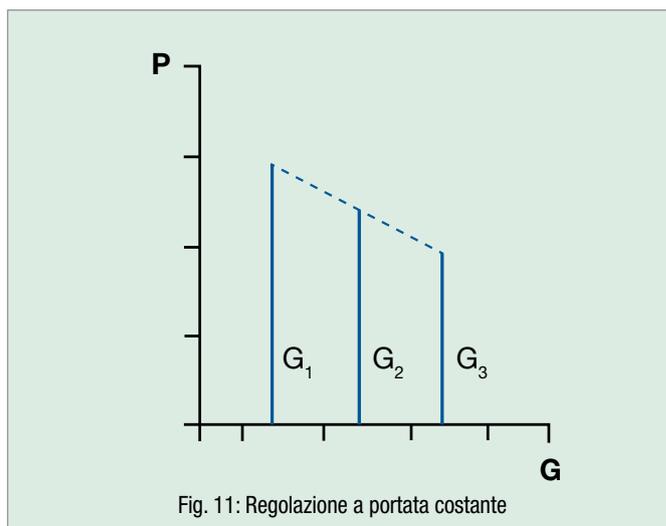
Una particolare criticità di alcuni ventilatori consiste nel fenomeno del “pompaggio”, che si traduce in turbolenze e sbalzi di pressione in caso di perdite di carico molto elevate e curve caratteristiche contraddistinte da una zona di instabilità alle basse portate.



REGOLAZIONE A PORTATA COSTANTE

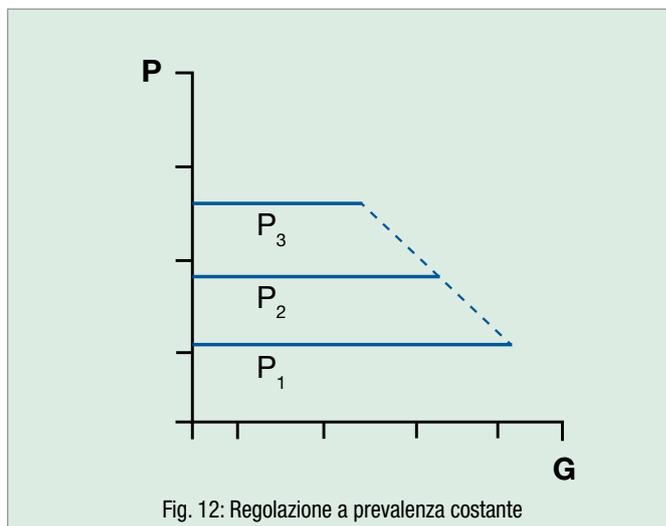
La regolazione a portata costante permette di adattare automaticamente la velocità di rotazione della girante al variare delle perdite di carico del circuito, nel caso in cui queste mutino nel tempo. Grazie a tale funzionamento le portate d'aria vengono mantenute al valore desiderato ed è possibile impostarle a piacimento o regolarle attraverso opportuni sistemi di controllo.

Consentono quindi una buona versatilità di installazione, indipendentemente dalle caratteristiche o dall'estensione del circuito aeraulico e, inoltre, agevola le operazioni di bilanciamento della rete. Lavorando a portata costante, hanno il limite di non essere totalmente compatibili con impianti a portata variabile.



REGOLAZIONE A PRESSIONE COSTANTE

Anche con questo tipo di regolazione è presente un sistema elettronico che è in grado di regolare in modo continuo la velocità di rotazione del ventilatore. Questo tipo di regolazione richiede inoltre la presenza di sensori di pressione che vengono utilizzati per generare una curva di funzionamento contraddistinta da una prevalenza statica costante anche al variare della portata. Per questa ragione è una regolazione che si adatta bene al funzionamento di impianti a portata d'aria variabile.



REGOLAZIONE DEI SISTEMI DI VENTILAZIONE

La regolazione delle unità di ventilazione viene gestita di norma da una centralina di controllo dedicata, presente all'interno della macchina. Questa ha come scopo principale la gestione del funzionamento dei ventilatori in modo da regolare il livello di rinnovo dell'aria, sia in funzione delle azioni di comando impartite dalle interfacce di controllo azionate o impostate dall'utente, sia in base ad alcuni parametri direttamente misurati (ad esempio da sensori ambientali). Approfondiremo le tipologie principali di regolazione nell'ambito della ventilazione residenziale. Vedremo di seguito quali sono le principali tipologie di regolazione distinguendone i principi di funzionamento e approfondendone le differenze attraverso l'ausilio di alcuni semplici casi di esempio (Fig. 14).

REGOLAZIONE MANUALE

La regolazione di tipo manuale è quella più semplice, in cui l'utente impartisce delle azioni di comando in maniera diretta, stabilendo a quale velocità o portata di funzionamento far lavorare l'unità ventilante. Si tratta di un input di comando volontario, e presuppone quindi che sia effettuato dall'utente nel momento in cui percepisce la necessità di incrementare oppure diminuire il tasso di ventilazione. In genere questa tipologia di regolazione prevede un numero limitato di impostazioni.

REGOLAZIONE TEMPORIZZATA

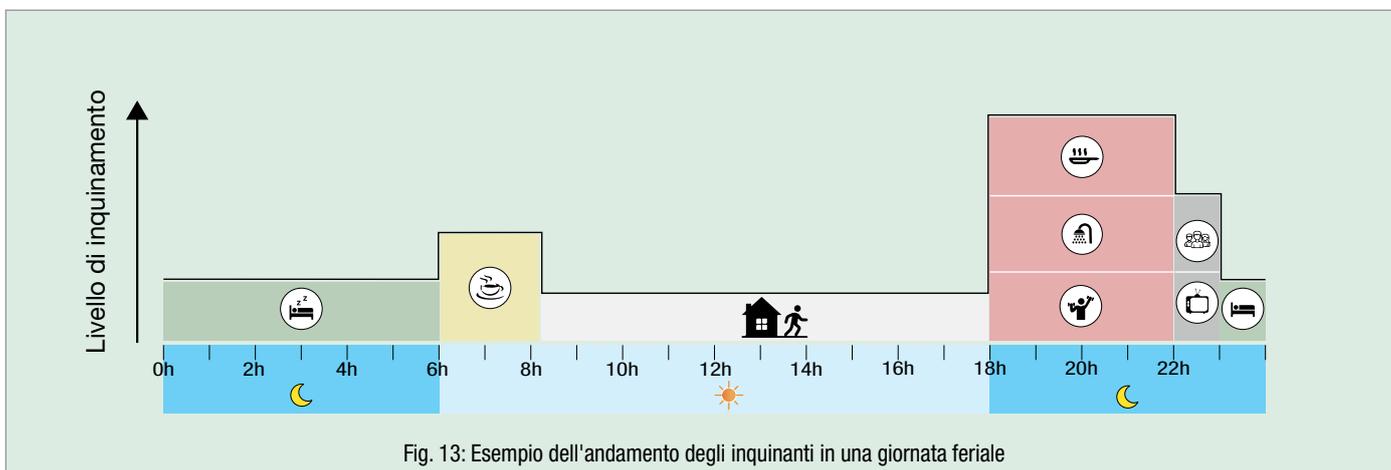
La regolazione di tipo temporizzato prevede la possibilità di programmare orari e rispettivi tassi di ventilazione. L'utente deve, quindi, preventivamente stabilire una schedulazione oraria in base alle sue abitudini tipiche di occupazione degli spazi domestici, per ciascun giorno della settimana tipo. L'impostazione delle fasce orarie può essere effettuata tramite controlli con display oppure interfacce a tasti. In genere è comunque sempre possibile forzare il funzionamento in modalità manuale per un periodo di tempo limitato, qualora le necessità di ventilazione non corrispondano alla schedulazione impostata.

REGOLAZIONE CON SENSORI AMBIENTALI

Le regolazioni più avanzate prevedono il controllo automatico delle portate di rinnovo in funzione della rilevazione di uno o più parametri ambientali. A tale scopo, è necessario dotare il sistema di ventilazione di sensori o sonde ambientali, in grado di fornire una misura diretta della concentrazione di inquinanti nell'aria. Tipicamente, i parametri rappresentativi del fabbisogno di ventilazione sono ad esempio l'umidità relativa (U.R.), le concentrazioni di anidride carbonica (CO₂) e di composti organici volatili (VOC). Attraverso opportune logiche, l'elettronica di controllo sfrutta queste misurazioni per attuare una regolazione del tasso di rinnovo ottimale in base al reale fabbisogno, assicurando una pronta risposta del sistema di ventilazione e al contempo una riduzione degli sprechi energetici.

Esempi

Per evidenziare i vantaggi e gli svantaggi delle diverse tipologie di regolazione, prenderemo in considerazione l'esempio di fabbisogno di rinnovo dell'aria rappresentato nella Fig. 13. Il grafico riassume una giornata feriale tipica, in cui si evidenziano dei momenti in cui le attività svolte negli ambienti domestici sono correlabili ad una produzione di inquinanti più o meno elevata, e, di conseguenza, a diversi fabbisogni di ventilazione.



L'utente deve selezionare manualmente il tasso di ventilazione, operazione che spesso non viene effettuata in base al reale fabbisogno.

L'utente seleziona un alto tasso di ventilazione solamente quando percepisce il peggioramento della qualità dell'aria.



REGOLAZIONE MANUALE



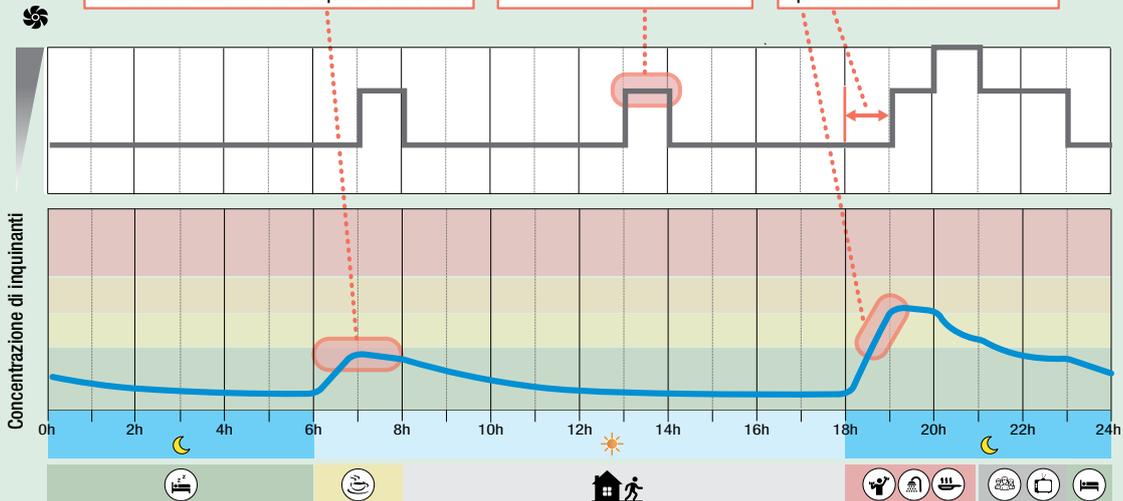
Impostando una schedulazione oraria, la regolazione è automatizzata in funzione delle abitudini domestiche e permette mediamente una buona qualità dell'aria.

Attivazione programmata ma non necessaria in base alla qualità dell'aria.

Attivazione ritardata rispetto al fabbisogno di rinnovo con conseguente riduzione della qualità dell'aria.

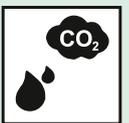


REGOLAZIONE TEMPORIZZATA



La portata d'aria di rinnovo viene gestita automaticamente in base al reale fabbisogno: in questo modo la qualità dell'aria è sempre mantenuta a livelli ottimali e con la massima reattività del sistema.

La modulazione della portata di rinnovo consente di ridurre i consumi dei ventilatori, senza necessità di ricorrere alla loro massima potenza.



REGOLAZIONE CON SENSORI AMBIENTALI



Fig. 14: Esempi di regolazione manuale, temporizzata e con sensori ambientali

FREE COOLING (E FREE HEATING)

Come abbiamo visto, la regolazione delle unità di ventilazione è affidata ad una centralina elettronica principale, che, oltre alla normale gestione, è in grado di svolgere alcune funzioni avanzate. Ne sono un esempio le funzioni di "Free Cooling" e di "Free Heating", per le quali viene effettuato il rinnovo dell'aria senza recupero di calore né integrazioni termiche, qualora ve ne sia convenienza. Come si può comprendere dalla Fig. 15a, la centralina di controllo rileva in maniera continuativa le temperature dell'aria esterna e di quella di ripresa dalle relative sonde: se si verificano condizioni favorevoli, viene comandata in apertura la serranda di by-pass, permettendo al flusso d'aria di immissione di non transitare nel recuperatore di calore e quindi di non subire variazioni di temperatura.

Questa funzione permette, tipicamente nelle notti estive, di sfruttare l'aria esterna a temperatura inferiore per raffrescare gli ambienti domestici. Al contrario, nelle giornate di primavera o autunno più calde, la modalità Free Heating consente di riscaldare l'interno dell'abitazione. In entrambi i casi, si tratta di un sistema vantaggioso in quanto permette di ridurre i consumi energetici al minimo, senza ricorrere all'impianto di condizionamento o riscaldamento.

Al fine evitare disagi e scarso comfort percepito, queste funzioni devono essere opportunamente impostate in modo da funzionare secondo determinate condizioni (Fig. 15b).

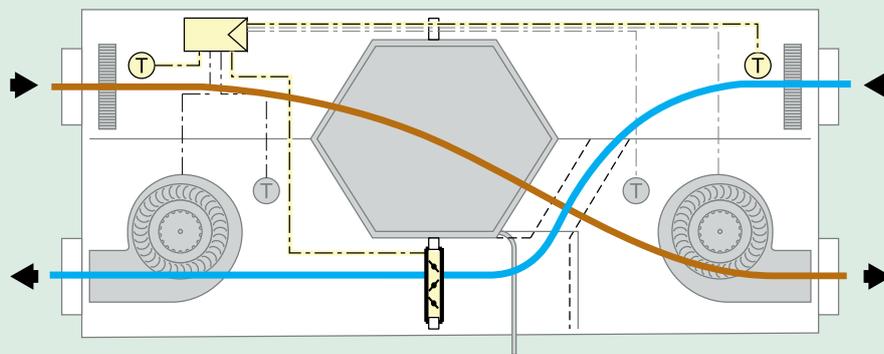
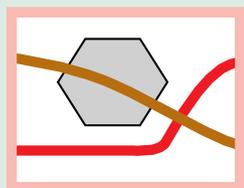
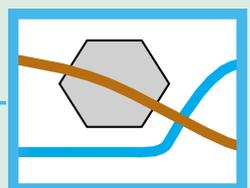
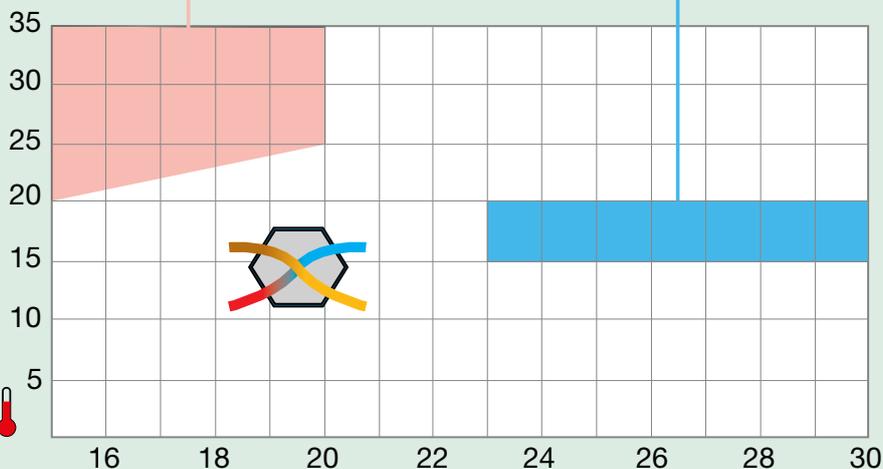


Fig. 15a: Funzionamento in Free Cooling



FREE HEATING

Nel diagramma a lato è rappresentata una logica di attivazione del Free Heating quando la temperatura interna è compresa nell'intervallo 15 °C – 20 °C, ed allo stesso tempo la temperatura esterna è di almeno 5 °C superiore a quella interna.



FREE COOLING

Nell'esempio riportato nel grafico, la funzione Free Cooling viene attivata quando la temperatura interna supera un valore di soglia di 23 °C e se allo stesso tempo la temperatura esterna è compresa nell'intervallo 15 °C – 20 °C.

Fig. 15b: Condizioni di attivazione delle funzioni di Free Cooling e Free Heating

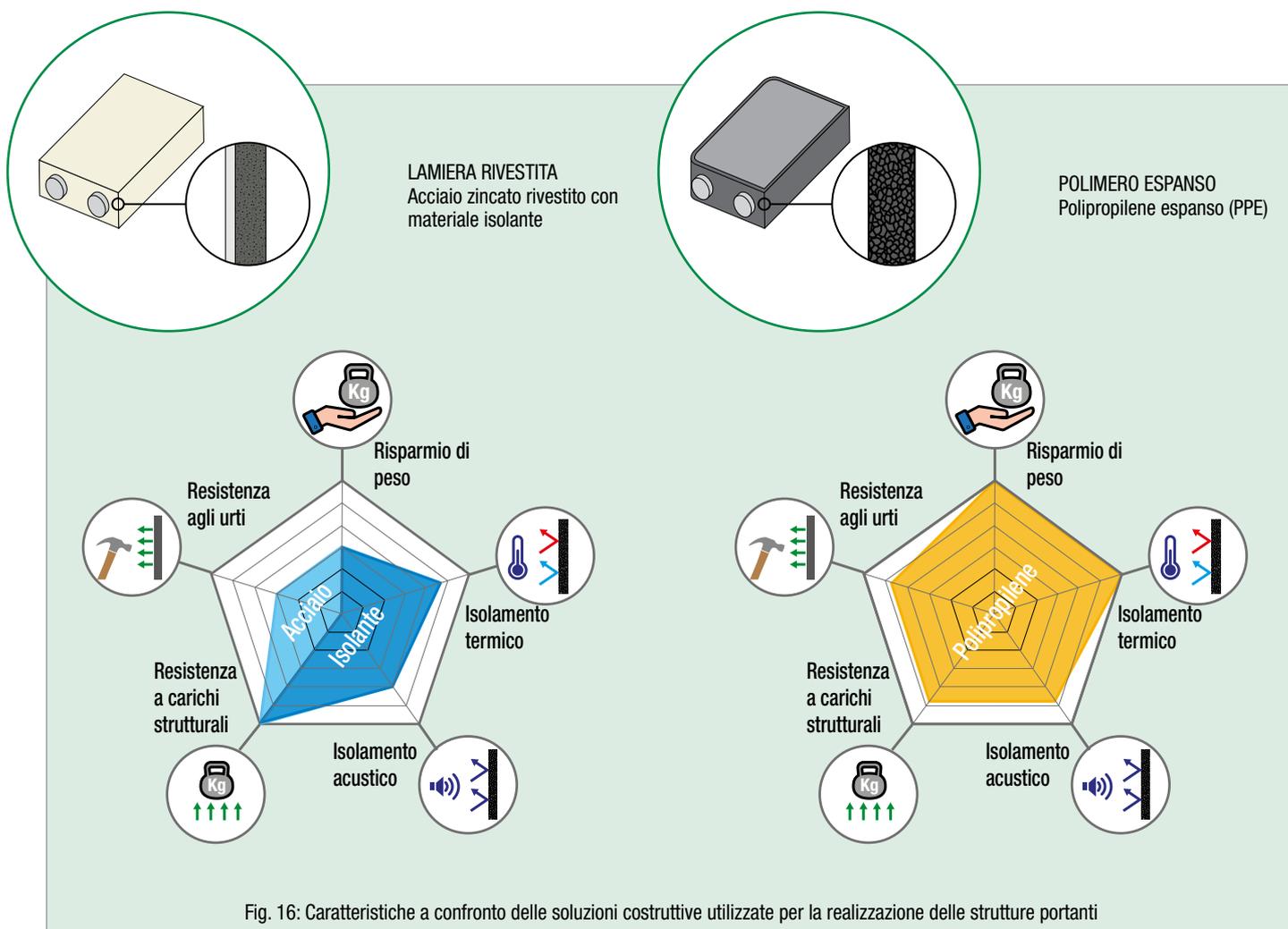
STRUTTURA PORTANTE

Costituisce la parte strutturale delle unità di ventilazione e deve svolgere le seguenti funzioni:

- contenere tutta la componentistica interna dell'unità, fungendo anche da protezione e isolamento termico dall'ambiente esterno;
- permettere la connessione delle canalizzazioni che convogliano i flussi d'aria di immissione e di ripresa;
- consentire il fissaggio dell'unità generalmente a soffitto oppure a parete, tramite opportuni sistemi di ancoraggio;

- garantire la tenuta all'aria, in modo tale che non ci sia la possibilità di miscelazione dei flussi d'aria di immissione e di ripresa con conseguenti contaminazioni oltre che perdite di efficienza di recupero termico;

In relazione ai materiali utilizzati per la costruzione della struttura delle unità di ventilazione, una delle soluzioni più comuni consiste nella realizzazione di strutture in lamiera. Tuttavia, l'evoluzione nell'utilizzo di materiali alternativi ha visto una recente introduzione nel settore di tecnopolimeri espansi ad elevate prestazioni.





*Per installazione a soffitto oppure a parete
Struttura in polipropilene espanso
Connessioni aerauliche orientabili
Controllo automatico della portata
Free-cooling e free-heating automatici*

Le unità VMC per installazione universale sono utilizzate per effettuare la **ventilazione ed il rinnovo dell'aria**, promuovendo la filtrazione dell'aria immessa ed il recupero di calore da quella estratta. Sono realizzate con una **struttura in polipropilene espanso** ad alta densità, che garantisce sia uno **ottimo isolamento termico** sia proprietà di **attenuazione acustica**, oltre ad un **peso molto contenuto**.

Grazie alle loro caratteristiche costruttive sono compatibili sia ad **installazioni orizzontali a soffitto** sia ad **installazioni verticali a parete**.

Sono contraddistinte dalla massima versatilità di collegamento grazie alla presenza di **gruppi ventilanti ruotabili**, che permettono di orientare la direzione delle connessioni aerauliche dei flussi d'aria in uscita in un range da 0° a 90°, senza influire sulle prestazioni. Le connessioni aerauliche dei flussi d'aria in ingresso alle unità possono essere scambiate con **tappi di chiusura** per ottenere configurazioni con ingressi in linea oppure laterali, semplificando i lavori di collegamento delle canalizzazioni.

Il sistema di filtrazione è costituito da **portafiltri ad ampia sezione di passaggio** facilmente estraibili con una disposizione orientata di 45° rispetto al flusso d'aria entrante: queste caratteristiche consentono di mantenere le caratteristiche aerauliche indipendentemente dalle molteplici configurazioni possibili delle connessioni aerauliche.

La regolazione elettronica consente di gestire **ventilatori centrifughi dotati di controllo automatico della portata**, che consentono un funzionamento ai valori previsti da progetto e semplificano le operazioni di messa in funzione. Il **funzionamento in free-cooling e free-heating** è automatico ed è reso possibile grazie ad una **speciale serranda a doppia paratia**, che contemporaneamente gestisce l'apertura del canale di by-pass e l'intercettazione del recuperatore di calore, consentendo il massimo comfort ed impedendo trafilamenti di portata indesiderati.

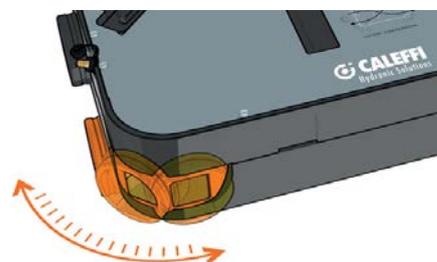
Installazione universale

Le unità sono compatibili sia alle installazioni orizzontali a soffitto, sia a quelle verticali a parete. Questa caratteristica, unita alle molteplici configurazioni possibili delle connessioni aerauliche, consente la massima versatilità in fase di realizzazione dell'impianto VMC.



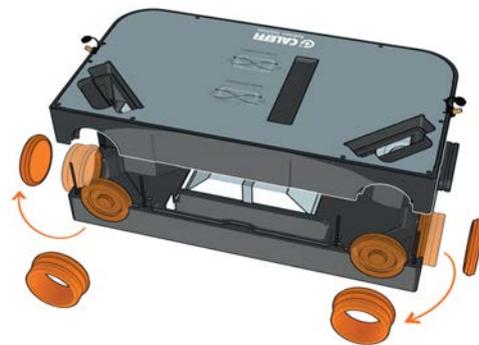
Gruppi ventilanti ruotabili

I gruppi ventilanti ruotabili permettono di orientare la direzione delle connessioni aerauliche dei flussi in uscita in un range da 0° a 90°.



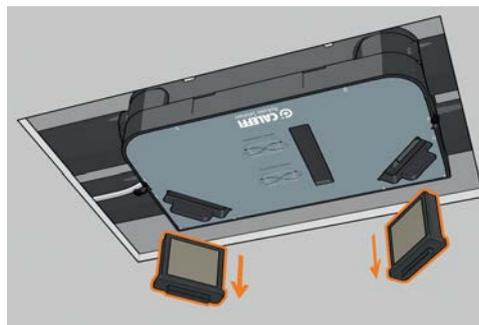
Connessioni e tappi intercambiabili

Le connessioni aerauliche dei flussi in ingresso alle unità possono essere scambiate con i tappi di chiusura per ottenere configurazioni con ingressi in linea oppure laterali.



Portafiltri

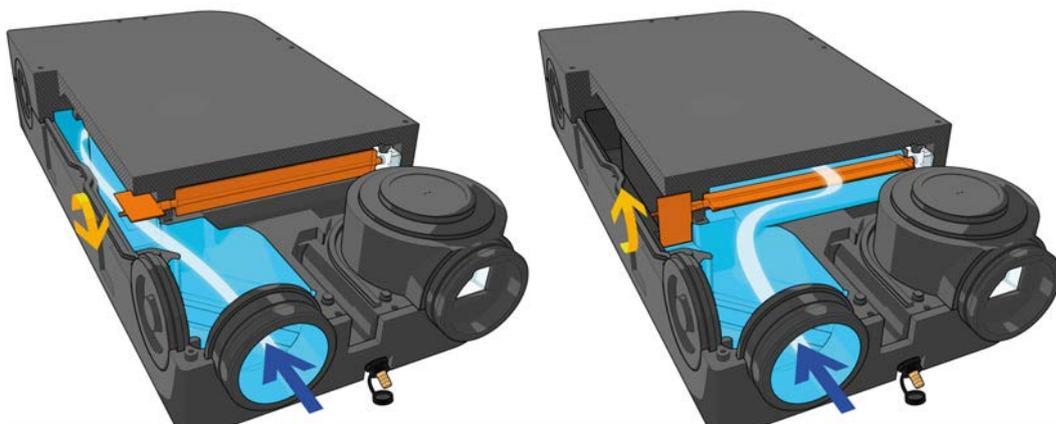
I pratici portafiltri sono facilmente estraibili senza l'ausilio di alcun attrezzo specifico, consentendo una rapida e facile manutenzione. Hanno un orientamento a 45° per ottimizzare le caratteristiche aerauliche indipendentemente dalla configurazione adottata dei flussi d'aria in ingresso.



Free cooling

Il sistema di free-cooling automatico sfrutta una speciale serranda di by-pass a doppia paratia:

- durante il funzionamento in free-cooling viene escluso il passaggio d'aria nel recuperatore di calore e contemporaneamente aperto il canale di by-pass consentendo il massimo comfort.
- durante il funzionamento normale, il canale di by-pass viene chiuso in modo da consentire il massimo recupero di calore possibile.



Installazione orizzontale



Installazione verticale



IL DIMENSIONAMENTO DEGLI IMPIANTI DI VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA

Ingg. Mattia Tomasoni, Elia Cremona

Nella seconda parte della rivista analizzeremo come dimensionare correttamente gli impianti di ventilazione meccanica controllata a doppio flusso con recupero di calore (in seguito chiamati "impianti VMC"). Dopo aver analizzato il dimensionamento di tutti i componenti principali verranno presentati alcuni esempi di calcolo per alcune applicazioni tipiche. Infine, si porrà l'attenzione su un aspetto purtroppo a volte trascurato ma di fondamentale importanza: la manutenzione.

PARAMETRI GUIDA PER IL DIMENSIONAMENTO

I sistemi di ventilazione devono essere progettati e dimensionati in modo da garantire un'elevata qualità dell'aria respirata dagli occupanti.

Nel n. 62 di Idrraulica abbiamo visto quali sono i principali inquinanti e le loro fonti. La presenza di alcuni di essi è correlata anche alla tipologia e alla destinazione d'uso degli ambienti considerati, e pertanto influenza direttamente il criterio di progettazione che definisce il tasso di ventilazione necessario.

In seguito, approfondiremo il dimensionamento degli impianti in cui la principale, ma non unica, fonte di inquinamento è l'accumulo di anidride carbonica causata dalla respirazione degli occupanti.

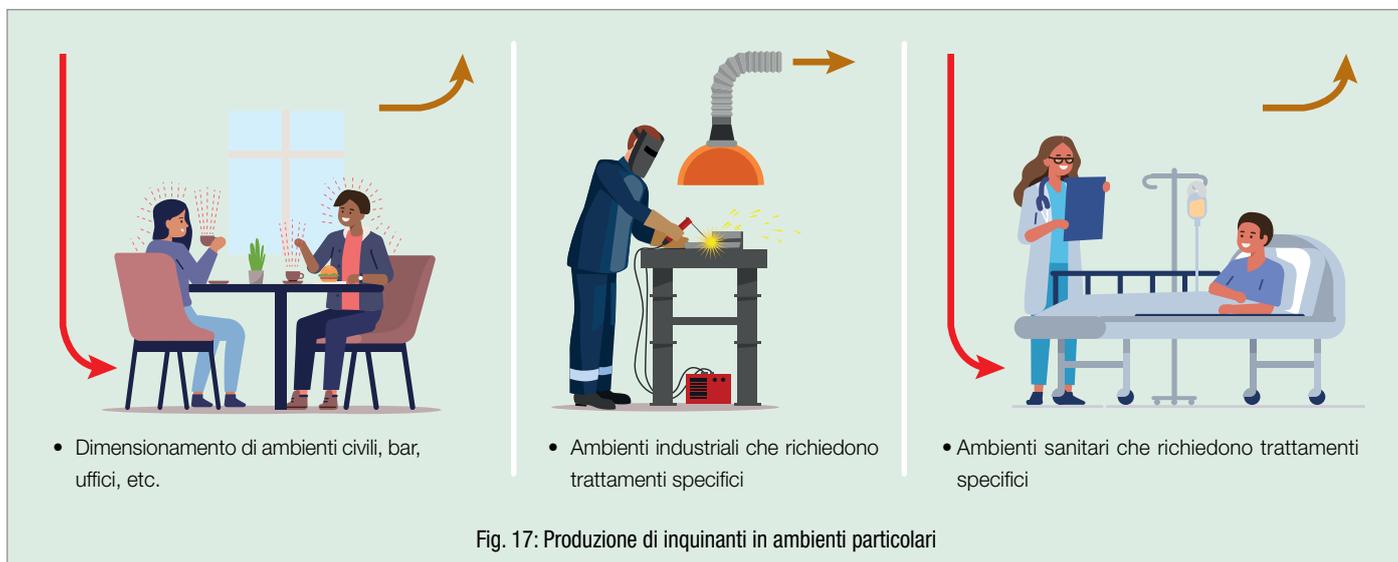
Tuttavia, è bene citare che esistono, ad esempio, alcuni casi come gli ambienti produttivi, in cui gli inquinanti principali possono essere polveri, esalazioni o simili. Così come nel caso delle strutture sanitarie, occorre tenere in considerazione il rischio di diffusione di potenziali patogeni, virus e batteri impedendone la diffusione. In tutti questi casi (Fig. 17), sono necessari specifici impianti di ventilazione e trattamento, che esulano dai criteri di dimensionamento e progettazione che vedremo nel seguito.

Focalizzando quindi l'analisi degli impianti di ventilazione agli ambienti civili come abitazioni, uffici e negozi, sono due i fattori che influenzano la qualità dell'aria interna, e quindi il dimensionamento dell'impianto VMC:

- il **numero di persone** presenti nell'ambiente, che determina la produzione di anidride carbonica derivante dalla loro respirazione e in funzione dell'intensità delle attività svolte (si pensi ad esempio alle palestre o simili);
- il **volume degli ambienti**, dal quale dipende la presenza di polvere, formaldeide e di altre sostanze come i composti derivati da prodotti per la pulizia.

Questi parametri sono inoltre spesso collegati l'uno all'altro; ad esempio, nel caso di uffici o ambienti simili, dove stanze di volume e superficie maggiore possono contenere un numero maggiore di persone.

Infine, è necessario considerare in modo specifico la ventilazione degli ambienti dove si possono creare condizioni particolari di inquinamento dell'aria, come in bagni, cucine e spogliatoi.



CRITERIO DI PROGETTAZIONE

La progettazione degli impianti VMC deve essere impostata inizialmente a partire dal calcolo della portata totale di rinnovo, considerando l'intero sistema di ventilazione.

Tale portata, pari sia a quella di immissione sia a quella di estrazione, dovrà essere ripartita nei vari locali in modo da soddisfarne i singoli requisiti. Questa procedura deve essere effettuata suddividendo l'abitazione nelle seguenti categorie:

1. Locali di immissione o nobili: sono i locali dove gli occupanti permangono maggiormente. Nelle abitazioni residenziali sono i soggiorni, gli studi e le camere da letto, mentre per le attività lavorative sono gli uffici e i locali quali negozi e quelli con presenza di pubblico.
2. Locali di estrazione o umidi: come bagni, lavanderie, spogliatoi o locali chiusi come ripostigli e magazzini.
3. Locali di transito: collegano i locali di immissione a quelli di estrazione e non presentano permanenza fissa di occupanti. Rientrano in questa categoria i corridoi, i vani scala, gli atri e i disimpegni.

CALCOLO DELLA PORTATA TOTALE DI RINNOVO

In riferimento al diagramma rappresentato nella Fig. 18, la portata totale di rinnovo di prima approssimazione (G'_{TOT}) si calcola a partire dal volume totale degli ambienti serviti, moltiplicandolo per un fattore di ricambio (n).

Fattore di ricambio (n)

Ambienti residenziali	Uffici e ambienti commerciali
$n = 0,5 \text{ vol/h}$	$n = 2 \text{ vol/h}$

Successivamente è necessario verificare la portata così calcolata con il valore di affollamento (a) previsto negli ambienti serviti dall'impianto. Questa verifica viene effettuata dividendo la portata totale (G'_{TOT}) per quella necessaria al benessere di una singola persona ($G_{PERSONA}$). Anche questo valore può essere valutato in base alla destinazione d'uso dell'edificio considerato.

Portata individuale ($G_{PERSONA}$)

Ambienti residenziali	Uffici e ambienti commerciali
$G_{PERSONA} = 35-40 \text{ m}^3/\text{h}$ (comfort ottimo)	$G_{PERSONA} = 40 \text{ m}^3/\text{h}$
$G_{PERSONA} = 25 \text{ m}^3/\text{h}$ (comfort buono)	

A seconda dell'esito della verifica, può essere necessario ricalcolare la portata di rinnovo effettiva (G_{TOT}) seguendo il criterio dell'affollamento.

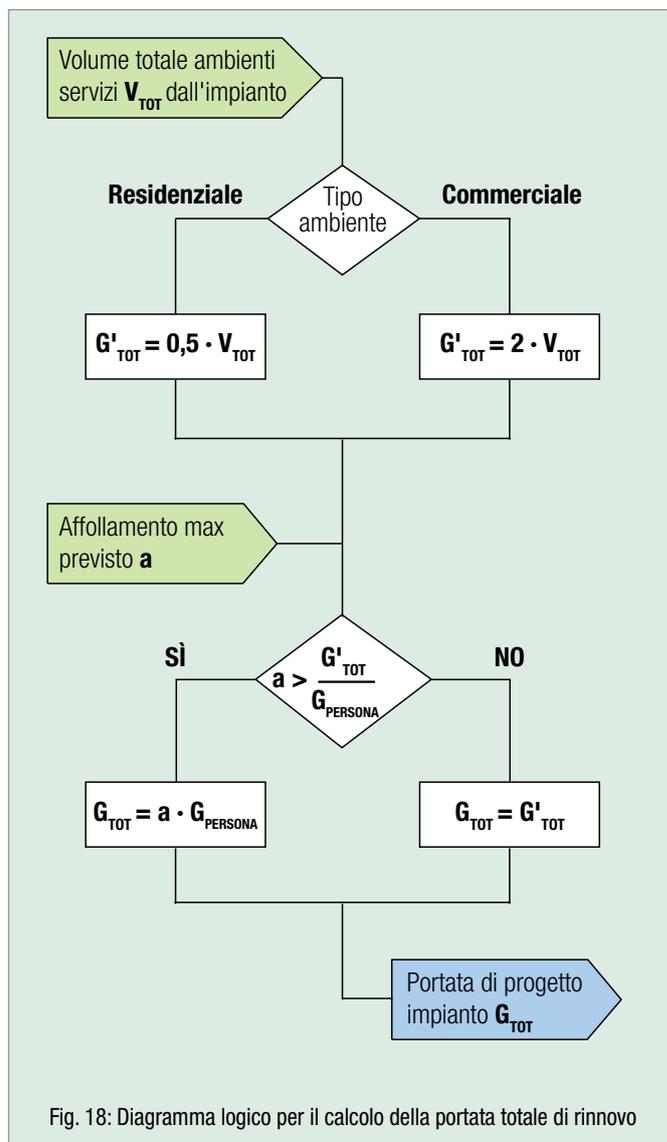


Fig. 18: Diagramma logico per il calcolo della portata totale di rinnovo

Esempio 1 - Casa privata monofamiliare:

Superficie totale	$S = 180 \text{ m}^2$
Altezza media	$h_{media} = 2,7 \text{ m}$
Valore affollamento	$a = 4 \text{ persone}$
Portata di rinnovo appr.	$G'_{TOT} = 180 \cdot 2,7 \cdot 0,5 = 243 \text{ m}^3/\text{h}$
Verifica affollamento	$a > G'_{TOT} / 40 \approx 6$ Esito: NO
Portata di progetto	$G_{TOT} = G'_{TOT} = 243 \text{ m}^3/\text{h}$

Esempio 2 - Monolocale:

Superficie totale	$S = 40 \text{ m}^2$
Altezza media	$h_{media} = 2,7 \text{ m}$
Valore affollamento	$a = 2 \text{ persone}$
Portata di rinnovo appr.	$G'_{TOT} = 40 \cdot 2,7 \cdot 0,5 = 54 \text{ m}^3/\text{h}$
Verifica affollamento	$a > G'_{TOT} / 40 \approx 1,35$ Esito: SÌ
Portata di progetto	$G_{TOT} = a \cdot G_{PERSONA} = 80 \text{ m}^3/\text{h}$

CALCOLO DELLE PORTATE DI IMMISSIONE

Il calcolo delle portate di immissione si effettua suddividendo la portata totale di rinnovo proporzionalmente al volume (o alle superfici) dei locali nobili.

Successivamente è necessario verificare che i valori delle portate di immissione precedentemente ottenuti siano maggiori dei seguenti valori minimi.

Valori minimi portate immissione ($G_{\text{IMMISSIONE}}$)

Immissione minima	20 m ³ /h
Soggiorni	35–45 m ³ /h
Camera singola	20–25 m ³ /h
Camera matrimoniale	40–50 m ³ /h
Locali commerciali	a · 40 m ³ /h

Nel caso in cui le portate di immissione risultino inferiori ai valori minimi riportati in tabella, dovranno essere corrette, rivalutando di conseguenza anche la portata totale di rinnovo.

CALCOLO DELLE PORTATE DI ESTRAZIONE

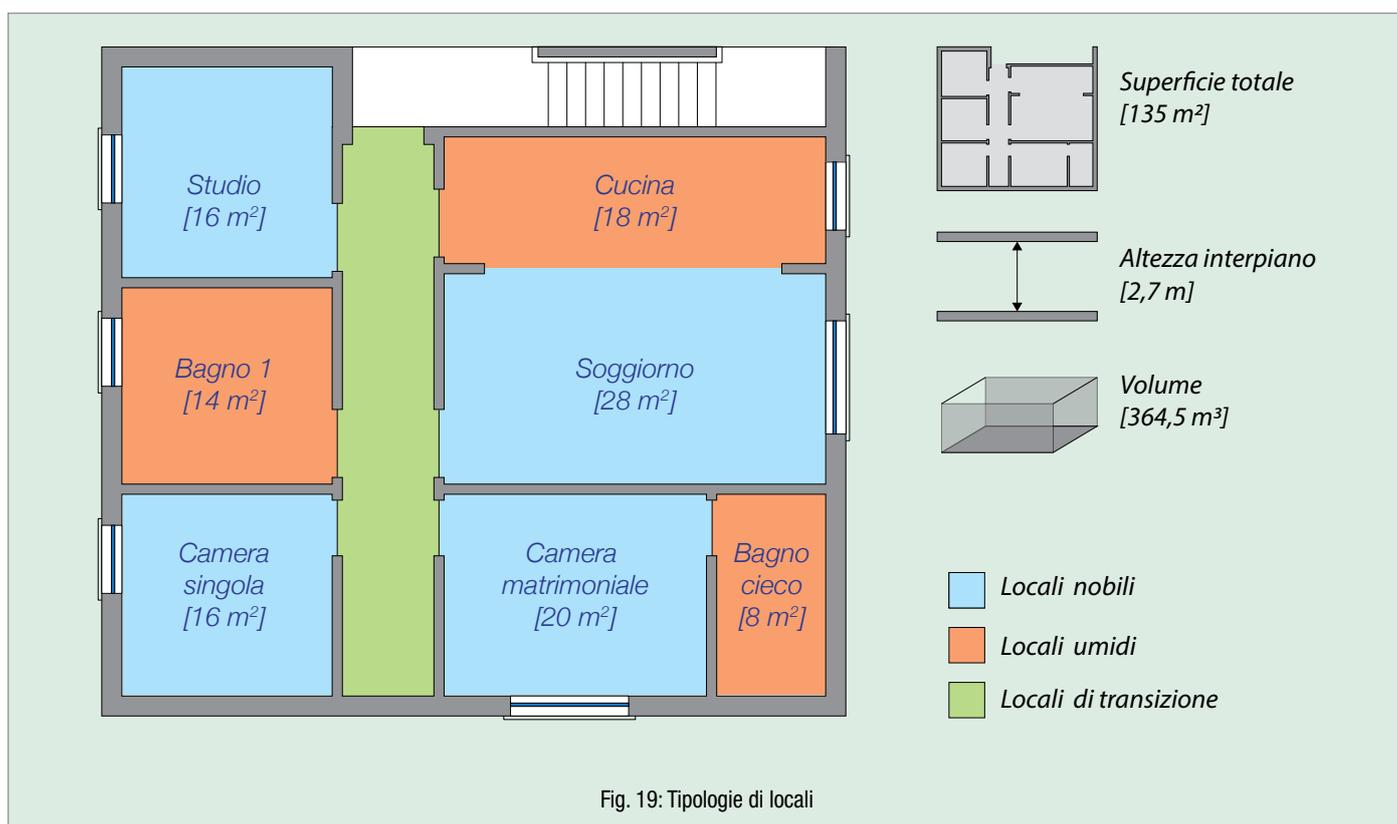
In maniera simile alla determinazione delle portate di immissione, le portate di estrazione si calcolano ripartendo la portata totale di rinnovo in base al volume (o alle superfici) dei locali umidi.

In questa valutazione risulta importante verificare i locali con particolari prescrizioni igieniche come i bagni ciechi. In questo caso è necessario garantire un ricambio minimo di 4 vol/h oppure riferirsi a quanto prescritto dai regolamenti locali.

Nel caso non si raggiungano i requisiti di ricambio richiesti è possibile in prima battuta aumentare le portate dei bagni ciechi diminuendo quelle estratte dagli altri locali umidi. Se anche questa azione non fosse sufficiente è opportuno aumentare la portata di rinnovo, oppure integrare l'estrazione attraverso un ventilatore dedicato.

Un altro caso particolare da considerare è quello delle cucine. In questi ambienti l'impianto di ventilazione meccanica ha il compito di garantire un ricambio generale e allontanare gli odori che possono persistere in questi ambienti. Tuttavia, l'impianto VMC non deve essere dimensionato per l'evacuazione dei fumi di cottura, alla quale devono invece far fronte le cappe di aspirazione.

Per poter funzionare correttamente, queste devono di norma elaborare portate di estrazione dell'ordine di 600–800 m³/h, valori difficilmente raggiungibili dagli impianti di ventilazione e associati ad un livello di rumorosità e dispendio energetico non accettabile.



Esempio: calcolo portata di immissione

Si consideri l'abitazione rappresentata in Fig. 19. La portata totale di rinnovo viene stimata inizialmente come:

$$G'_{TOT} = 0,5 \cdot V_{TOT} = 180 \text{ m}^3/\text{h}$$

La portata così calcolata deve esser distribuita uniformemente tra i locali in cui viene effettuata l'immissione d'aria (locali nobili). Questa operazione viene effettuata calcolando le percentuali di ripartizione ($R_{\%}$) in funzione delle superfici:

Locale	S [m ²]	R _% [m]	G _{IMMISSIONE} [m ³]
Soggiorno	28	35 %	63
Camera matrimoniale	20	25 %	45
Camera singola	16	20 %	36
Studio	16	20 %	36
	80	100 %	180

Dall'analisi delle portate di immissione ottenute, occorre verificare che siano rispettate le soglie minime a seconda del tipo di locale. Ad esempio, in questo caso, si sceglie di incrementare la portata di immissione per la camera matrimoniale, aggiornando di conseguenza anche il valore della portata totale di rinnovo:

Locale	G _{IMMISSIONE} [m ³]
Soggiorno	63
Camera matrimoniale	50
Camera singola	36
Studio	36
	185

Esempio: calcolo portata di estrazione

Riprendendo l'abitazione rappresentata in Fig. 19 occorre considerare la nuova portata totale valutata nel calcolo delle portate di immissione, pari a 185 m³/h. Con questo valore, si procede al calcolo delle portate di estrazione calcolando anche in questo caso le percentuali di ripartizione in funzione delle superfici dei singoli locali umidi:

Locale	S [m ²]	R _% [m]	G _{ESTRAZIONE} [m ³]	Ricambio [vol/h]
Bagno 1	14	35 %	65	1,7
Bagno (cieco)	8	20 %	37	1,7
Cucina	18	45 %	83	1,7
	40	100 %	185	

Considerando che i ricambi d'aria del bagno cieco risultano inferiori ai 4 vol/h possiamo riproporzionare le estrazioni secondo la tabella seguente:

Locale	G _{ESTRAZIONE} [m ³]	Ricambio [vol/h]
Bagno 1	40	1,1
Bagno (cieco)	90	4,2
Cucina	55	1,1
	185	

DIMENSIONAMENTO DEI COMPONENTI DELL'IMPIANTO VMC

Una volta stabilite le portate del sistema di ventilazione meccanica, è necessario scegliere correttamente tutti i componenti dell'impianto:

- Unità di ventilazione
- Canalizzazioni
- Bocchette di immissione e di ripresa
- Silenziatori

Il corretto dimensionamento di tutti questi componenti è essenziale per un funzionamento ottimale dell'impianto, sia in termini di prestazioni sia di comfort.

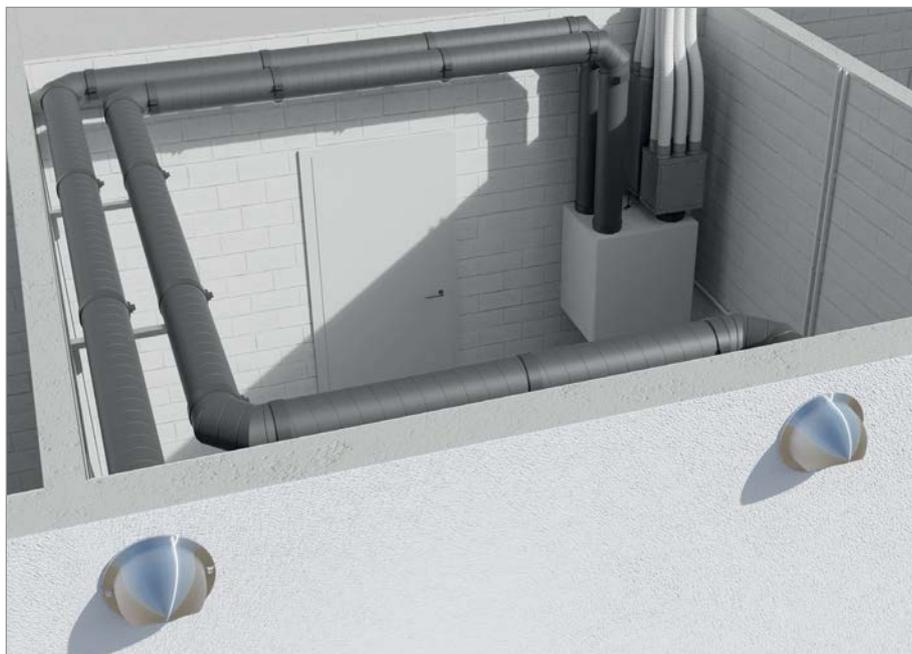


Fig. 20: Componenti principali dell'impianto VMC

DIMENSIONAMENTO DELL'UNITÀ DI VENTILAZIONE

Quando si sceglie una macchina di ventilazione è opportuno valutarne tutte le caratteristiche, ma primariamente è necessario che sia in grado di garantire la portata totale di rinnovo stabilita.

A tale scopo è possibile effettuare un pre-dimensionamento della macchina a partire dalle portate di funzionamento dichiarate dai produttori (Fig. 21):

- Portata massima, corrispondente a quella che la macchina è in grado di erogare al massimo della velocità "a bocca aperta", cioè quando non è collegata ad alcuna canalizzazione;

- Portata nominale, rappresentativa della portata di funzionamento nelle condizioni reali e convenzionalmente assunta pari al 70 % della portata massima;
- Portata minima, erogata dalla macchina "a bocca aperta" quando i ventilatori sono al minimo della velocità.

L'intervallo di portate tra la massima e la minima è detto campo di lavoro.

I produttori forniscono anche i dati relativi alle prestazioni aerauliche in termini di prevalenza utile dei ventilatori. Questi dati saranno utili nel processo di dimensionamento del sistema di distribuzione, le cui perdite di carico devono essere inferiori alla prevalenza disponibile.

Il secondo aspetto da considerare nella scelta dell'unità di ventilazione è l'efficienza di recupero termico. Quest'ultima sarà minore quanto più alte saranno le portate elaborate, secondo curve come quella riportata ad esempio nel diagramma di Fig. 22.

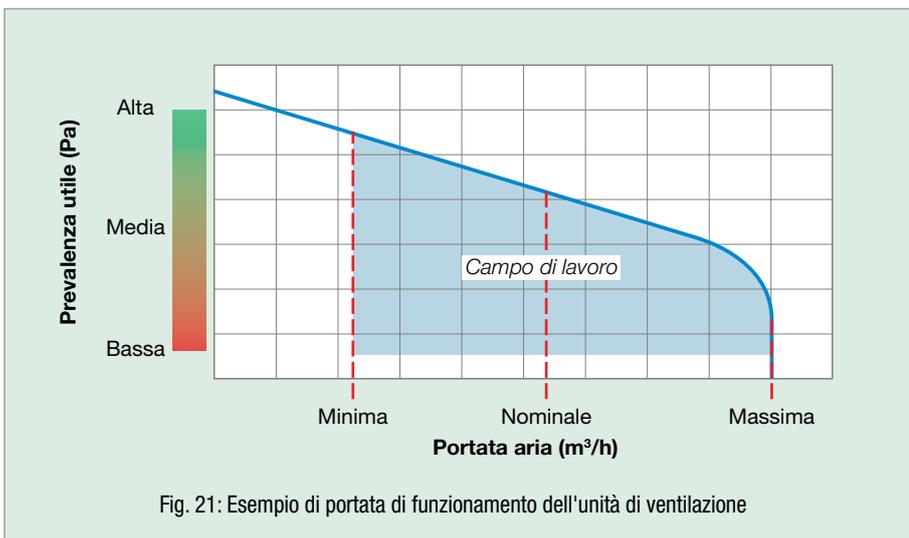


Fig. 21: Esempio di portata di funzionamento dell'unità di ventilazione

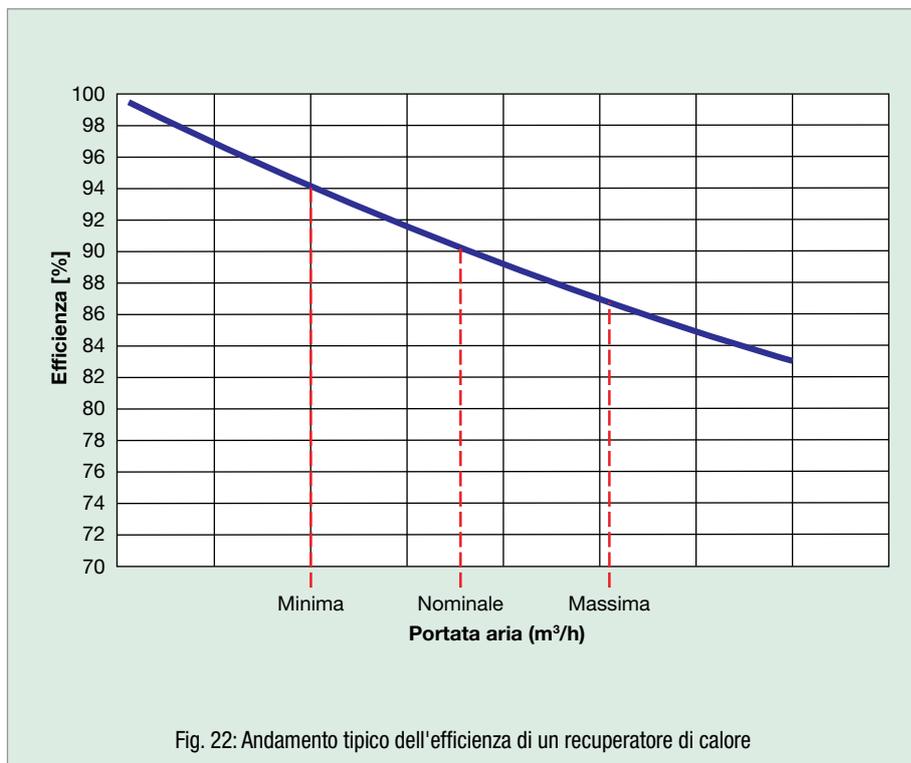
La scelta della macchina deve quindi rispettare i seguenti aspetti:

1. la portata elaborata deve essere uguale o maggiore della portata totale di rinnovo necessaria;
2. il rendimento non deve essere penalizzato da condizioni di lavoro ai limiti del campo di portata o sottodimensionamento dell'unità.

Per questi motivi, è bene scegliere l'unità VMC in modo che la sua portata nominale sia uguale o maggiore rispetto a quella totale di rinnovo. Questo permette di ottenere un buon compromesso tra il mantenimento di un'alta efficienza di recupero termico, la disponibilità di prevalenza utile e un ampio campo di lavoro durante il funzionamento. Le caratteristiche analizzate in precedenza sono rilevanti per il corretto dimensionamento della macchina dal punto di vista prestazionale. Tuttavia, vi sono anche altri aspetti che vanno tenuti in considerazione nella scelta.

Tipologia di installazione

Nella scelta della macchina va posta attenzione sul fatto che la macchina abbia la possibilità di essere installata a soffitto, a parete o appoggiata a terra. Inoltre, è necessario considerare la disposizione delle connessioni di ingresso e uscita dell'aria. Questo aspetto, apparentemente banale, è importante per evitare problemi nella posa delle canalizzazioni, specialmente quando si dispone di spazi ridotti.



Rumorosità

Nel posizionamento della macchina va considerata la rumorosità irradiata dalla macchina verso l'esterno (da non confondere con quella trasmessa attraverso il sistema di distribuzione); è infatti fondamentale scegliere macchine a bassa rumorosità ove non sia possibile l'installazione in locali tecnici o di servizio separati dagli ambienti abitati.

Filtrazione

È opportuno valutare attentamente l'efficacia di filtrazione, soprattutto in funzione degli inquinanti esterni (ambienti particolarmente polverosi o inquinati) e delle esigenze degli occupanti (come le allergie ai pollini).

DIMENSIONAMENTO DEI SILENZIATORI

Negli impianti VMC è bene prevedere dei dispositivi silenziatori per ridurre al minimo possibile la rumorosità data dal movimento dell'aria. Il loro dimensionamento deve essere effettuato tenendo conto di due aspetti principali:

- La capacità di attenuazione acustica (in genere fornita dai produttori);
- Le perdite di carico generate dal flusso d'aria che li attraversa.

La capacità di abbattimento del rumore dipende in larga misura dalla dimensione in lunghezza dei dispositivi silenziatori: maggiore è questa dimensione e più il rumore sarà attenuato. Devono quindi essere scelti con dimensioni idonee per avere buone prestazioni e allo stesso tempo limitando le perdite di carico generate.

La scelta del silenziatore deve garantire una attenuazione acustica tale da riportare i valori di emissione rumorosa delle macchine al di sotto del limite di comfort (in genere assunto a 30 dB negli ambienti residenziali).

Le macchine di dimensioni maggiori, solitamente utilizzate per il rinnovo dell'aria di grossi complessi di uffici, centri commerciali o hotel, presentano un'accurata caratterizzazione acustica, anche in ragione del fatto che i ventilatori utilizzati per queste applicazioni risultano sensibilmente rumorosi. Per questo motivo, i costruttori forniscono diversi parametri di prestazione acustica, talvolta suddivisi per bande di frequenza sonora, relativi sia al rumore irradiato verso l'esterno, sia a quello generato nei condotti di immissione e di ripresa. In queste applicazioni viene effettuato un accurato dimensionamento dei silenziatori (vedi approfondimento "ACUSTICA DELLE UNITÀ DI VENTILAZIONE E CALCOLO DELL'ATTENUAZIONE").

Le unità di ventilazione ad uso residenziale, invece, sono caratterizzate da portate d'aria e livelli di rumorosità modesti. Per questo motivo, in molti casi, non si dispone di accurati dati acustici. Tuttavia, anche se i livelli sonori sono solitamente bassi è bene prevedere dei dispositivi silenziatori sulla rete di distribuzione secondaria, cioè tra la macchina di ventilazione

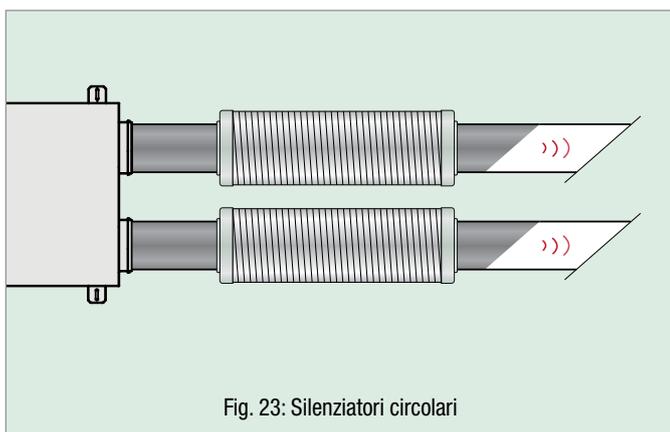


Fig. 23: Silenziatori circolari

e le bocchette di mandata o di ripresa. In questi casi, come principio generale è bene prevedere dei silenziatori di una lunghezza non inferiore ai 600 mm o, in mancanza di spazio, adottare misure compensative equivalenti come l'utilizzo di plenum silenziatori e canalizzazioni fonoassorbenti.

Indipendentemente dalle prestazioni acustiche, nell'attraversamento di questi componenti, non si devono generare perdite di carico eccessive. Per gli impianti domestici queste devono essere limitate a 15–20 Pa.

Tutti i produttori forniscono curve di perdita di carico, come quelle riportate nel grafico di Fig. 24.

Un altro parametro da considerare, soprattutto nei silenziatori a setti, è quello della velocità di attraversamento (Fig. 25). Infatti, in questo tipo di silenziatore la sezione libera di passaggio viene ridotta dall'inserimento degli elementi fonoassorbenti. Per questa tipologia sono sconsigliate velocità di attraversamento superiori a 10 m/s.

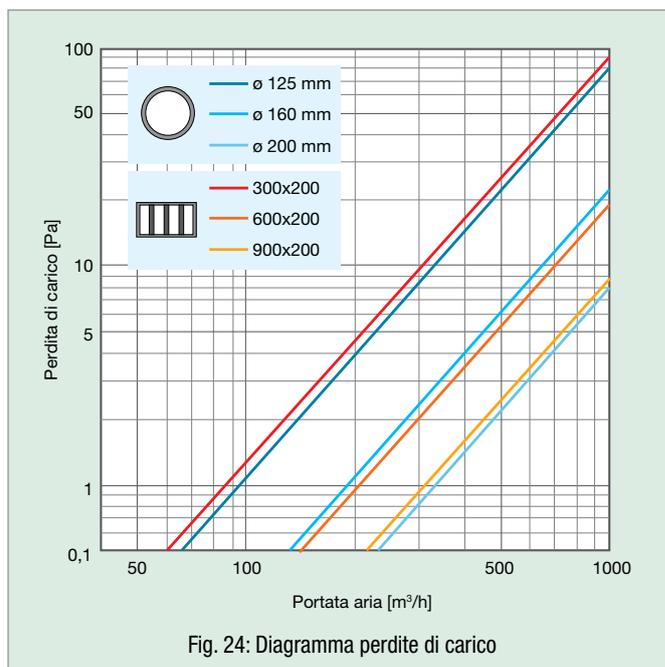


Fig. 24: Diagramma perdite di carico

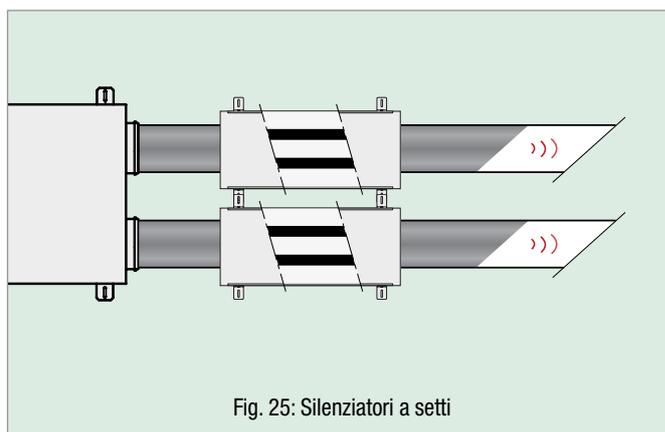


Fig. 25: Silenziatori a setti

ACUSTICA DELLE UNITÀ DI VENTILAZIONE E CALCOLO DELL'ATTENUAZIONE

La diffusione del rumore generato all'interno delle macchine di ventilazione può subire attenuazioni o intensificazioni attraverso le condotte fino ad arrivare agli ambienti serviti. Tipicamente tale intensità segue l'andamento riportato in Fig. A, dove sono schematizzati i tratti principali di un impianto VMC con il relativo sistema di distribuzione.

Nelle normali applicazioni (date le basse velocità di distribuzione) possiamo trascurare i contributi attraverso la rete e concentrarci solo sui primi due fattori: il rumore generato dalla macchina e quello attenuato dal silenziatore. Per studiare correttamente il ruolo di questi due fattori, dobbiamo considerare che il suono che percepiamo è influenzato da due fattori:

- la pressione sonora (misurata in dB);
- la frequenza.

Maggiore è la pressione sonora e maggiore sarà la percezione del suono o del rumore associato. Per quanto

riguarda le frequenze, l'elaborazione del suono da parte dell'orecchio varia in modo non lineare e all'interno di alcune frequenze, detto campo di udibilità. All'interno del campo di udibilità, a parità di pressione sonora, l'orecchio umano è più sensibile alle alte frequenze rispetto a quelle basse. Questo comportamento può essere riassunto da curve dette isofoniche; un andamento tipico di queste curve è riportato nel grafico sottostante (Fig. B).

Per questo motivo è importante analizzare il rumore emesso o attenuato a diverse frequenze: infatti, i dati acustici forniti dai produttori sono divisi in varie "fasce" dette bande di ottava.

Dalle curve isofoniche, viene stabilita una ponderazione che restituisce la sensibilità dell'orecchio in base alle frequenze, dove il livello delle basse frequenze, poco percepite, viene abbassato; mentre quello alle alte frequenze, maggiormente percepite, viene alzato.

Sommando la ponderazione ai livelli reali di dB si ottiene un valore percepito.

Per calcolare tale ponderazione, verranno aggiunti i coefficienti che seguono al valore reale in dB (Tabella A).

Quindi, per poter verificare l'idoneità di un silenziatore è necessario sommare, per ogni banda d'ottava (come riportato in Tabella B), i seguenti fattori:

1. pressione sonora generata dalla macchina;
2. attenuazione del silenziatore;
3. ponderazione.

Il silenziatore è idoneo se, per ogni banda d'ottava, la somma dei fattori è minore del valore di comfort che per gli ambienti residenziali può essere considerato di 30 dB.

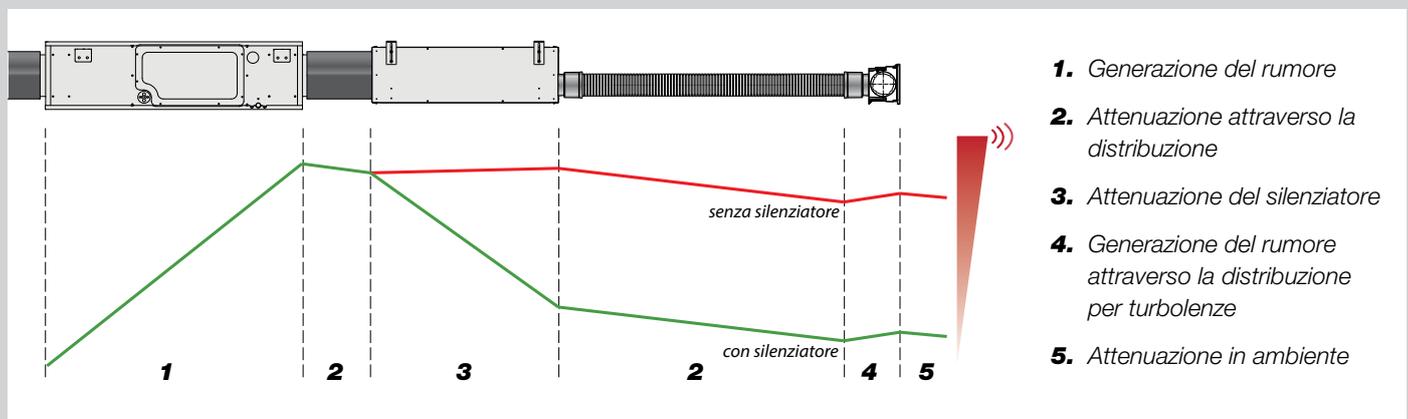


Fig. A: Diffusione del rumore generato all'interno di un impianto VMC

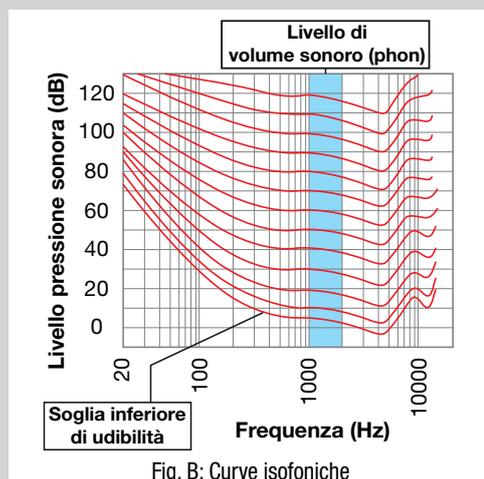


Fig. B: Curve isofoniche

Frequenza (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000
Ponderazione A (dB)	-26,7	-16,3	-8,5	-3	0	+1,2	+1

Tabella A: Coefficienti ponderazione A

	Frequenza (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Pressione sonora della macchina (dB)	50	51	49	55	52	45
Attenuazione silenziatore (dB)	-7	-13	-21	-39	-40	-25
Ponderazione A (dB)	-16,3	-8,5	-3	0	1,2	1
TOTALE (dB)	26,7	29,5	25	16	13,2	21

Tabella B: Fattori per la verifica idoneità di un silenziatore

DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI DISTRIBUZIONE

Il dimensionamento delle canalizzazioni che convogliano l'aria è stato affrontato nel numero 62 di *Idraulica* (pagg. 26–31). Successivamente analizzeremo come applicare questi criteri alle due principali tipologie di distribuzione negli impianti VMC.

IL DIMENSIONAMENTO DEI SISTEMI DI DISTRIBUZIONE A PLENUM

In questa tipologia di distribuzione, l'immissione e la ripresa dell'aria sono realizzate tramite delle cassette di distribuzione (plenum) alle quali sono collegate le canalizzazioni che servono le bocchette di mandata e di ripresa, secondo la schematizzazione rappresentata in Fig. 26.

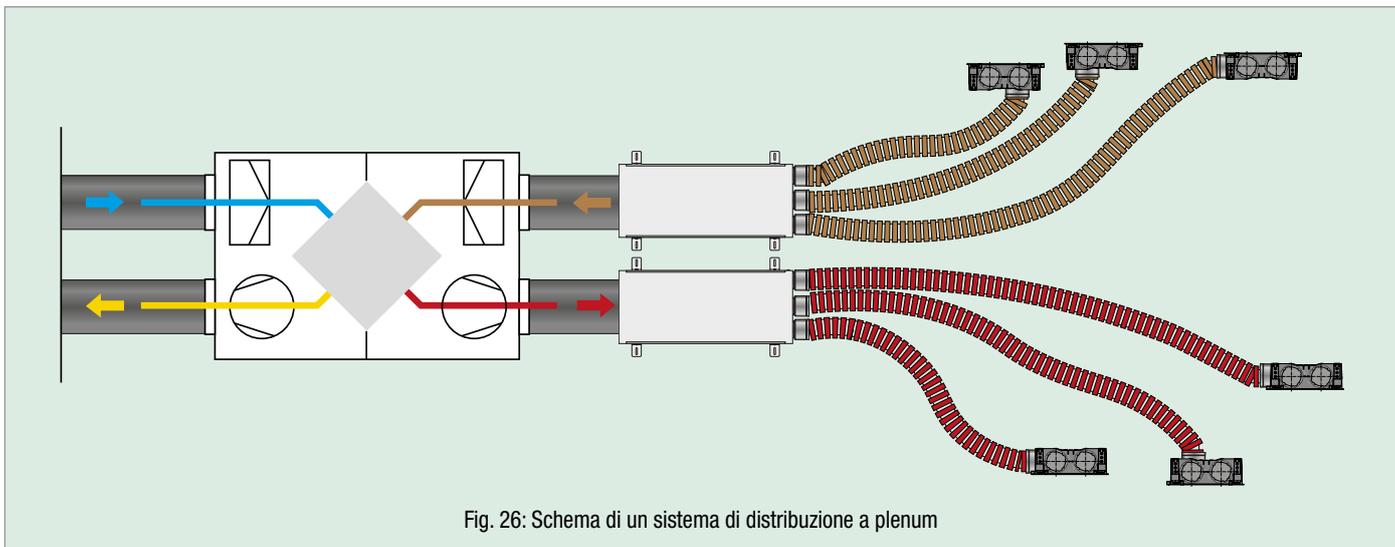


Fig. 26: Schema di un sistema di distribuzione a plenum

Il dimensionamento di questa tipologia di distribuzione si effettua secondo i seguenti passaggi principali:

1. Portata d'aria bocchetta

Calcolare la portata d'aria di ciascuna bocchetta ambiente (di immissione o estrazione).

2. Numero e lunghezze canalizzazioni

Calcolare il numero e le lunghezze delle canalizzazioni secondarie che collegano le bocchette ai plenum di distribuzione.

3. Portata d'aria e lunghezze canalizzazioni primarie

Si individuano le portate d'aria e le lunghezze delle canalizzazioni primarie di immissione e ripresa, ovvero quelle che collegano l'unità di ventilazione ai plenum e all'ambiente esterno.

4. Dimensionamento canalizzazioni

Tramite l'utilizzo di diagrammi specifici (*Idraulica* n. 62, pag. 30–31) si dimensionano e si calcolano le perdite di carico delle canalizzazioni primarie e secondarie. Per queste ultime va tenuto conto che

nel medesimo impianto VMC viene solitamente mantenuto un unico diametro per semplicità di realizzazione. Perciò, in caso di portate elevate, è possibile suddividerle su più tubazioni in parallelo.

5. Calcolo perdite di carico rete di immissione

Si calcolano le perdite di carico complessive (distribuite e concentrate*) della rete di immissione sommando i seguenti tratti:

- canalizzazioni primarie di immissione;
- tratto di canalizzazione secondaria di immissione con la maggiore perdita di carico.

6. Calcolo perdite di carico rete di estrazione

Si calcolano le perdite di carico complessive (distribuite e concentrate*) della rete di estrazione sommando i seguenti tratti:

- canalizzazioni primarie di estrazione;
- tratto di canalizzazione secondaria di estrazione con la maggiore perdita di carico.

7. Verifica perdita di carico e prevalenza

Si verifica che la perdita di carico complessiva sia inferiore alla prevalenza dispo-

nibile dei ventilatori della macchina di ventilazione, mantenendo un margine di sicurezza che consideri l'inevitabile sporco dei filtri durante il normale utilizzo. A questo scopo, è possibile tenere in considerazione che la prevalenza disponibile dalle unità di ventilazione è generalmente di almeno 150–200 Pa. In alternativa, è possibile effettuare una verifica accurata delle prestazioni effettive della macchina scelta.

8. Nuovo dimensionamento

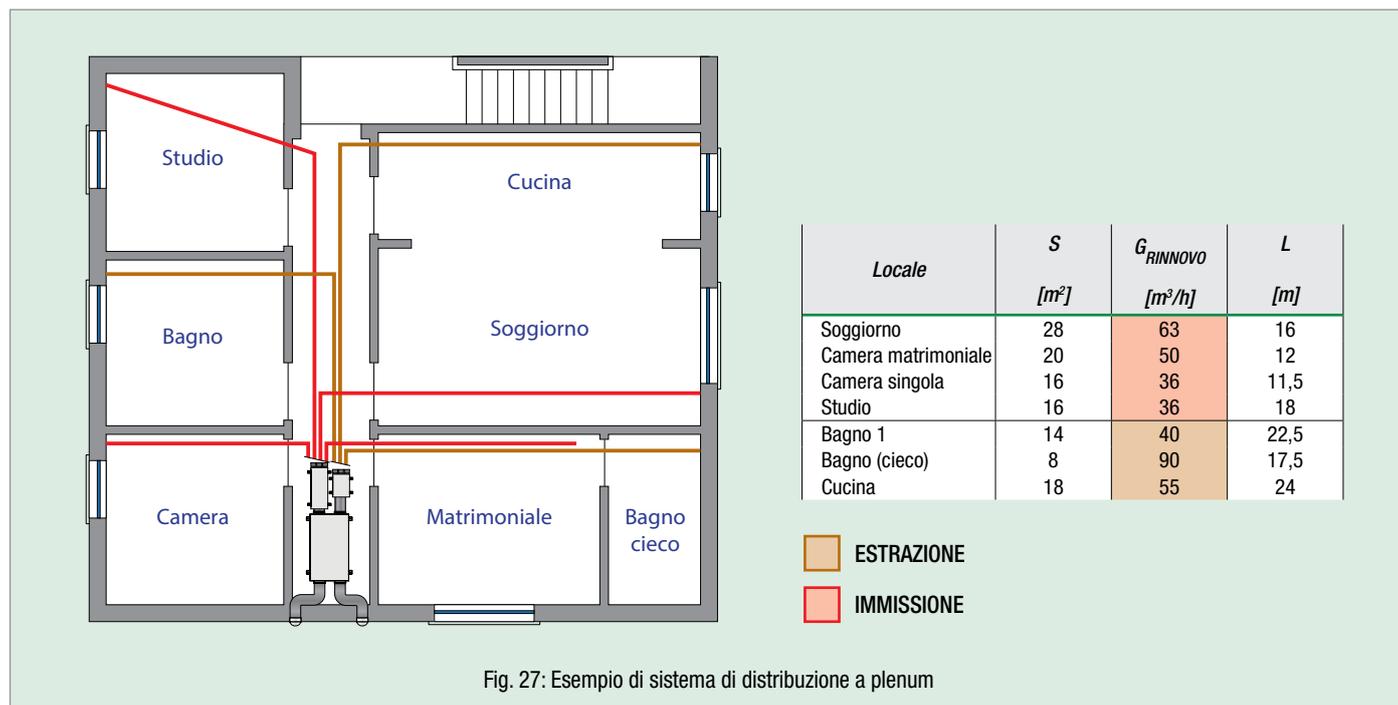
Nel caso le perdite di carico risultino eccessive si procede ad un nuovo dimensionamento con canalizzazioni di diametro maggiore.

*Il calcolo delle perdite concentrate può essere effettuato analiticamente oppure, per questa tipologia di impianti, può essere approssimato secondo la seguente formula:

$$\Delta P_c = 0,7 \cdot \Delta P_D$$

Esempio

Si dimensiona una distribuzione a plenum per l'abitazione rappresentata in Fig. 27 (la medesima considerata per il calcolo delle portate di immissione ed estrazione riportate a pagg. 22 e 23). Per questa abitazione si è stabilito di posizionare la macchina di ventilazione nel disimpegno e di alimentare le bocchette ambiente tramite una distribuzione a controsoffitto. In Fig. 27 sono riassunte in tabella le portate e le lunghezze delle canalizzazioni secondarie tra le bocchette e il plenum per ogni ambiente servito.



La Tabella 6 riassume il dimensionamento dei singoli tratti della distribuzione. Per semplicità di installazione si è mantenuto un diametro costante delle canalizzazioni secondarie pari a $\varnothing e$ 90 mm aumentando il numero di canali dove necessario. In questo caso, le perdite di carico delle canalizzazioni secondarie di immissione ed estrazione più sfavorite risultano essere rispettivamente quelle dello studio (60 Pa) e quella del bagno 1 (90 Pa). A queste vanno sommate le perdite di carico dei tratti principali di immissione ed espulsione (9 Pa), calcolati per la portata totale di rinnovo di 185 m³/h. Possiamo quindi concludere che il dimensionamento è corretto in quanto le perdite di carico complessive delle reti di immissione (60 Pa + 9 Pa) ed estrazione (90 Pa + 9 Pa) consentono un ampio margine di sicurezza dal confronto con le prevalenze disponibili delle macchine di ventilazione (150–200 Pa).

	Locale/Tratto	G _{RINNOVO} [m ³ /h]	L [m]	$\varnothing e$ [mm]	$\varnothing i$ [mm]	Numero canali	v (singolo canale) [m/s]	ΔP_D [Pa]	ΔP_C [Pa]	ΔP_{TOT} [Pa]
IMMISSIONE	Soggiorno	63	16	90	76	2	2,1	25	18	43
	Camera matrimoniale	50	12	90	76	2	1,7	12	8	20
	Camera singola	36	11,5	90	76	1	2,4	23	16	39
	Studio	36	18	90	76	1	2,4	35	25	60
	Immissione primaria	185	8,5	200	171	1	2,2	5	4	9
ESTRAZIONE	Bagno 1	40	22,5	90	76	1	2,7	53	37	90
	Bagno (cieco)	90	17,5	90	76	2	3,0	51	36	87
	Cucina	55	24	90	76	2	1,8	29	20	49
	Espulsione primaria	185	8,5	200	171	1	2,2	5	4	9

Tabella 6: Dimensionamento dei singoli tratti della distribuzione a plenum

IL DIMENSIONAMENTO DEI SISTEMI DI DISTRIBUZIONE RAMIFICATI

In questa tipologia di distribuzione, l'immissione e la ripresa dell'aria sono effettuate derivando i rami secondari che alimentano le bocchette ambiente dai tratti principali, come schematicamente rappresentato in Fig. 28.

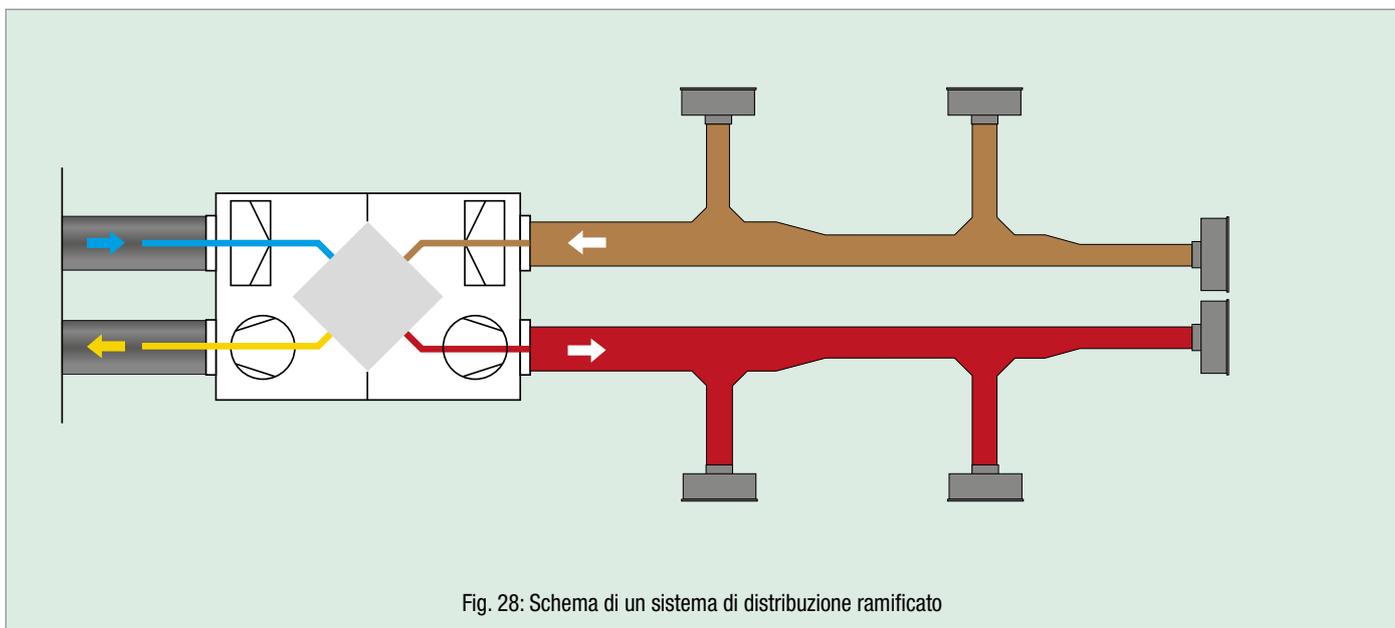


Fig. 28: Schema di un sistema di distribuzione ramificato

Il dimensionamento di questa tipologia di distribuzione si effettua secondo i seguenti passaggi principali:

1. Portata d'aria bocchetta

Calcolare la portata d'aria di ciascuna bocchetta ambiente (di immissione o estrazione).

2. Lunghezze canalizzazioni

Calcolare le lunghezze delle canalizzazioni secondarie che collegano le bocchette ai tratti principali di distribuzione.

3. Portata d'aria e lunghezze canalizzazioni primarie

Si individuano le portate d'aria e le lunghezze delle canalizzazioni dei tratti principali di immissione e ripresa. Partendo dall'ultima bocchetta ambiente servita, per ciascun tratto principale la portata viene calcolata sommando progressivamente le portate dei singoli rami secondari collegati.

4. Dimensionamento canalizzazioni

Tramite l'utilizzo di diagrammi specifici

(Idraulica n. 62, pagg. 30–31) si dimensionano e si calcolano le perdite di carico di tutti i tratti principali, compresi quelli di collegamento all'ambiente esterno, e dei rami secondari.

5. Calcolo perdite di carico rete di immissione

Si calcolano le perdite di carico complessive (distribuite e concentrate*) della rete di immissione individuando il percorso più sfavorito contraddistinto dalla maggior caduta di pressione (in genere quello della bocchetta di immissione più lontana).

6. Calcolo perdite di carico rete di estrazione

Si calcolano le perdite di carico complessive (distribuite e concentrate*) della rete di estrazione individuando il percorso più sfavorito contraddistinto dalla maggior caduta di pressione (in genere quello della bocchetta di estrazione più lontana).

7. Verifica perdita di carico e prevalenza

Si verifica che la perdita di carico complessiva sia inferiore alla prevalenza disponibile dei ventilatori della macchina di

ventilazione, mantenendo un margine di sicurezza che consideri l'inevitabile sporco dei filtri durante il normale utilizzo. A questo scopo, è possibile tenere in considerazione che la prevalenza disponibile dalle unità di ventilazione è generalmente di almeno 150–200 Pa. In alternativa, è possibile effettuare una verifica accurata delle prestazioni effettive della macchina scelta.

8. Nuovo dimensionamento

Nel caso le perdite di carico risultino eccessive si procede ad un nuovo dimensionamento con canalizzazioni di diametro maggiore.

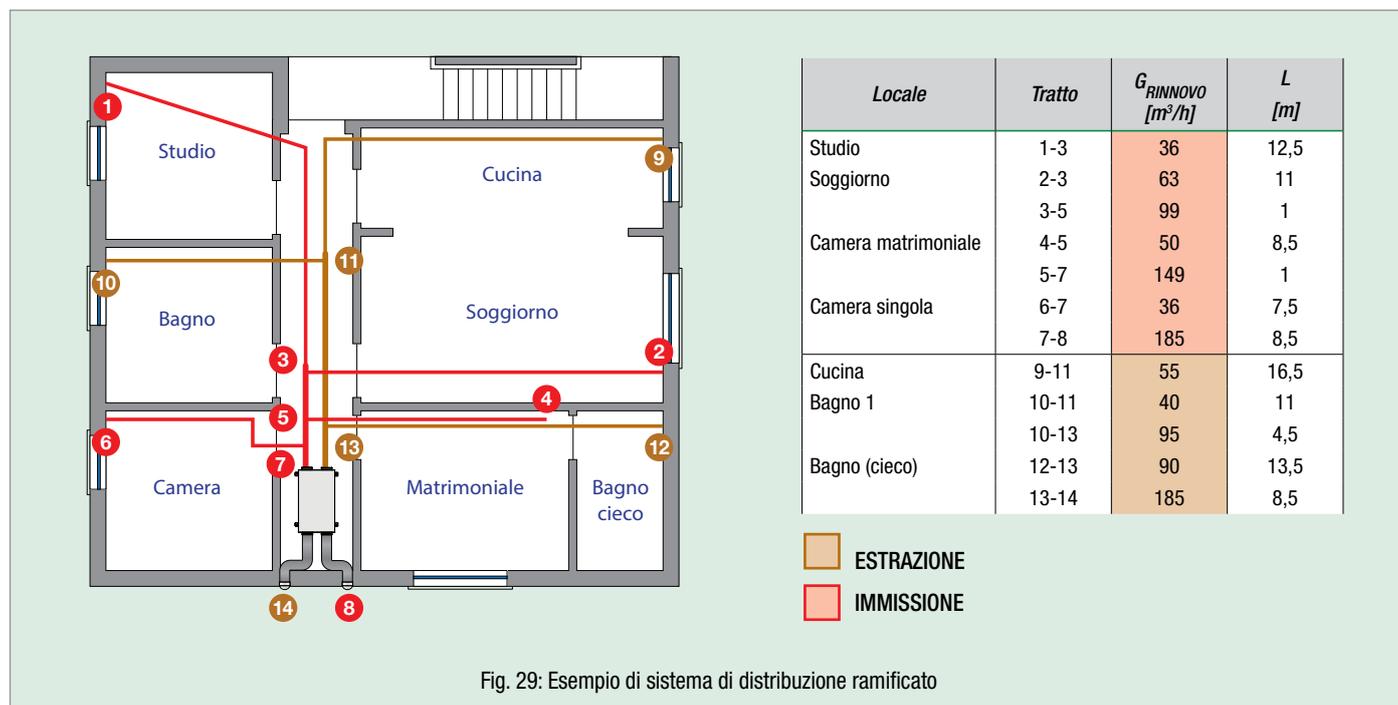
*Il calcolo delle perdite concentrate può essere effettuato analiticamente oppure, per questa tipologia di impianti, può essere approssimato secondo la seguente formula:

$$\Delta P_c = 0,7 \cdot \Delta P_D$$

Esempio

Si dimensiona una rete di distribuzione ramificata per l'abitazione rappresentata in Fig. 29 (la medesima considerata per il calcolo delle portate di immissione ed estrazione riportate a pagg. 22 e 23).

Per questa abitazione si è stabilito di posizionare la macchina di ventilazione nel disimpegno e di alimentare le bocchette ambiente tramite una distribuzione ramificata a controsoffitto. In Fig. 29 sono riassunte le portate e le lunghezze della distribuzione ramificata.



La Tabella 7 riassume il dimensionamento dei singoli tratti della distribuzione. Come è possibile vedere dalla tabella di calcolo la perdita di carico della rete di immissione, calcolata sul ramo più sfavorito risulta pari a 99 Pa. Il tratto a maggior perdita di carico della rete di estrazione presenta una perdita di carico pari a 68 Pa. Possiamo quindi concludere che il dimensionamento è corretto in quanto la perdita di carico complessiva più alta (rete di immissione) risulta essere di 99 Pa; valore che confrontato con le prevalenze disponibili delle macchine di ventilazione (150-200 Pa) consente un ampio margine di sicurezza.

	Locale	Tratto	$G_{RINNOVO}$ [m³/h]	L [m]	\varnothing_e [mm]	\varnothing_i [mm]	v [m/s]	ΔP_D [Pa]	ΔP_C [Pa]	ΔP_{TOT} [Pa]
IMMISSIONE	Studio	1-3	36	12,5	75	63	3,2	50	35	85
	Soggiorno	2-3	63	11	110	92	2,6	19	13	32
		3-5	99	1	125	105	3,2	2	1	3
	Camera matrimoniale	4-5	50	8,5	110	92	2,1	10	7	17
		5-7	149	1	160	137	2,8	1	1	2
	Camera singola	6-7	36	7,5	75	63	3,2	30	21	51
	Immissione primaria	7-8	185	8,5	200	171	2,2	5	4	9
Percorso più sfavorito		(1-3-5-7-8)					58	41	99	
ESTRAZIONE	Cucina	9-11	55	16,5	110	92	2,3	23	16	39
	Bagno 1	10-11	40	11	90	75	2,7	26	18	44
		11-13	95	4,5	125	105	3,1	9	6	15
	Bagno (cieco)	12-13	90	13,5	125	105	2,9	24	17	41
	Espulsione primaria	13-14	185	8,5	200	171	2,2	5	4	9
Percorso più sfavorito		(10-11-13-14)					40	28	68	

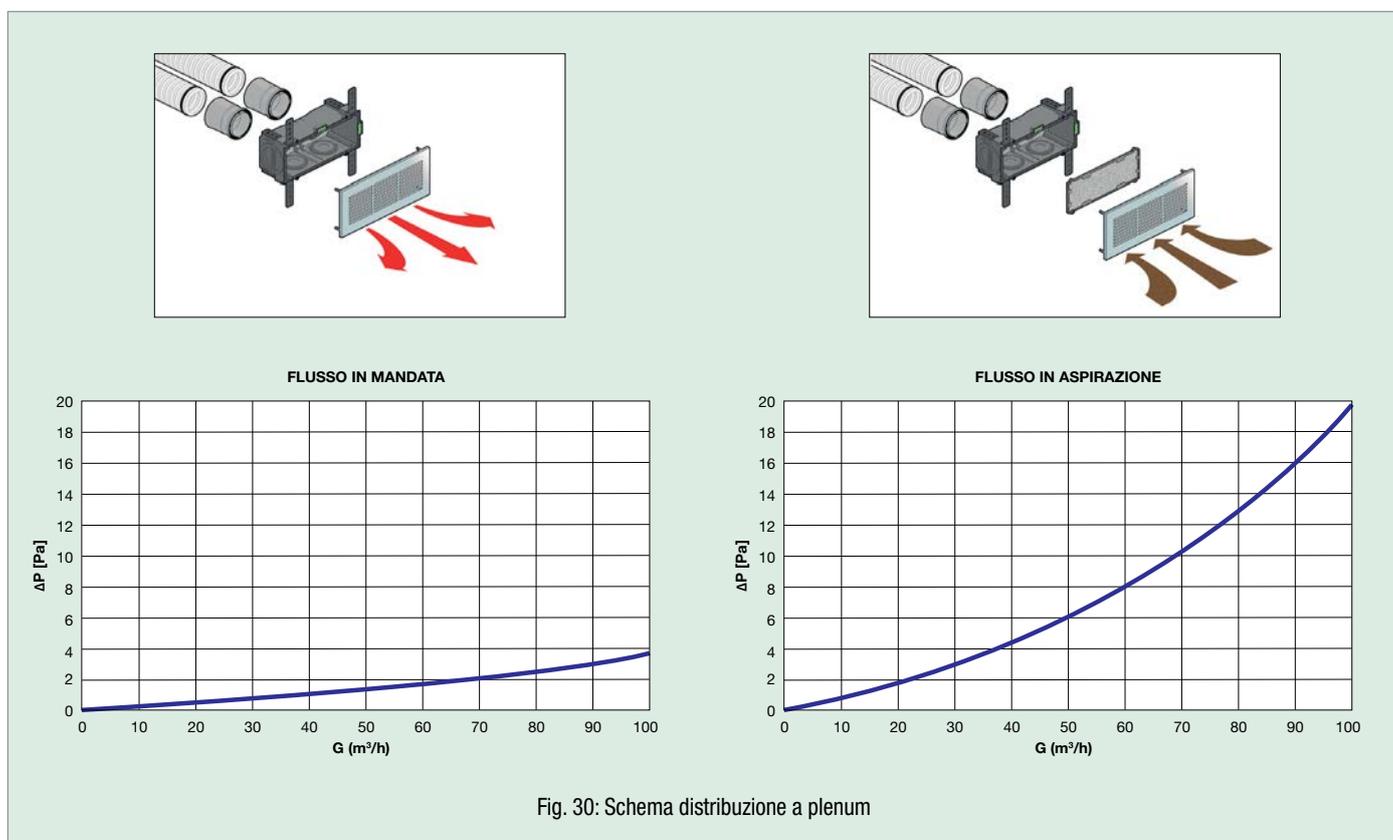
Tabella 7: Dimensionamento dei singoli tratti della distribuzione ramificata

IL DIMENSIONAMENTO DELLE BOCCHETTE DI EMISSIONE E RIPRESA

Le bocchette di immissione e ripresa vanno calcolate in base alla portata che deve transitare in uscita o in immissione. A tal proposito i produttori forniscono specifici grafici che riportano le perdite di carico al variare della portata (Fig. 30).

In genere è possibile un dimensionamento che consente di limitare le perdite di carico entro valori che non superano i 10–15 Pa. Un aspetto importante da considerare nel dimensionamento e nella scelta delle bocchette è la presenza di elementi filtranti. Infatti, tale accessorio è indispensabile per le bocchette di ripresa, in quanto protegge la rete di estrazione e il recuperatore di calore da polvere e impurità.

Per questo motivo le perdite di carico associate alle bocchette di ripresa sono generalmente più elevate. Può quindi essere utile, laddove sia possibile o necessario, suddividere la portata di estrazione su più bocchette.

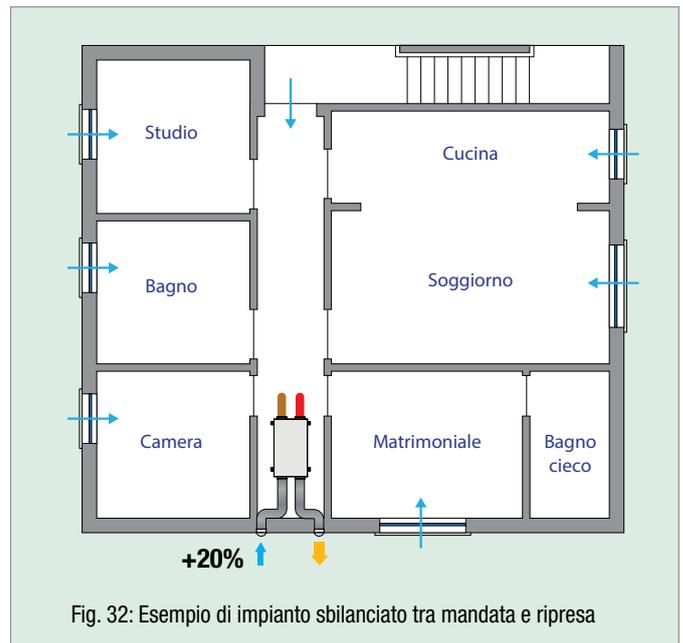
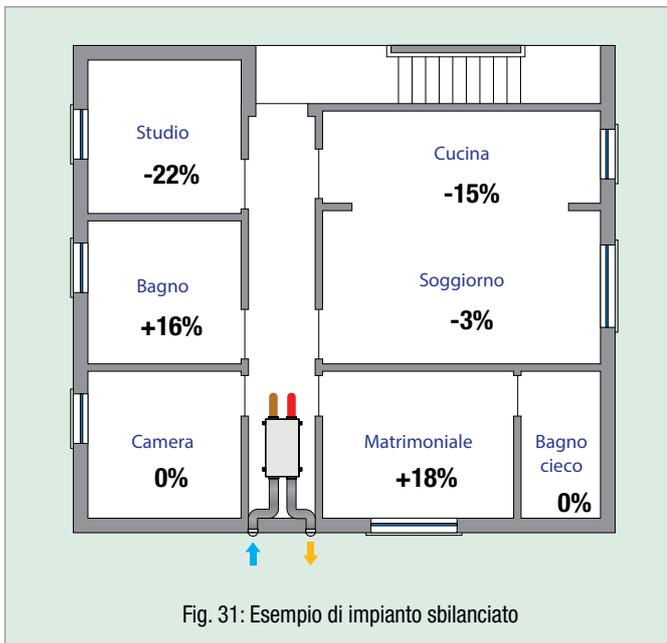


LA VERIFICA E IL BILANCIAMENTO DEL SISTEMA

Una volta effettuato il dimensionamento di tutti i componenti è necessario prevedere opportuni sistemi di bilanciamento. Questi dispositivi risultano necessari per poter regolare le portate d'aria alle singole bocchette. Quelle più sfavorite, in assenza di bilanciamento, lavorerebbero infatti con portate minore di quelle previste. Questa situazione può essere più o meno marcata a seconda della tipologia e delle lunghezze delle canalizzazioni della rete di distribuzione (Fig. 31). In genere, le reti di distribuzione a plenum soffrono in misura minore di problematiche di bilanciamento rispetto a quelle ramificate.

Sono da evitare operazioni di aumento generale della portata totale d'aria di rinnovo per far fronte a problematiche di bilanciamento, in quanto comporterebbero un peggioramento dell'efficienza della macchina, oltre che possibili funzionamenti rumorosi. Un ulteriore aspetto legato al bilanciamento corrisponde ad eventuali differenze di portata tra il flusso d'aria di immissione rispetto a quello di ripresa. Ad esempio (Fig. 32), nel caso in cui il flusso di estrazione sia maggiore rispetto a quello di immissione, si possono originare infiltrazioni d'aria che comportano perdite energetiche e, nei mesi più freddi, possibili correnti d'aria fredda a discapito del comfort percepito.

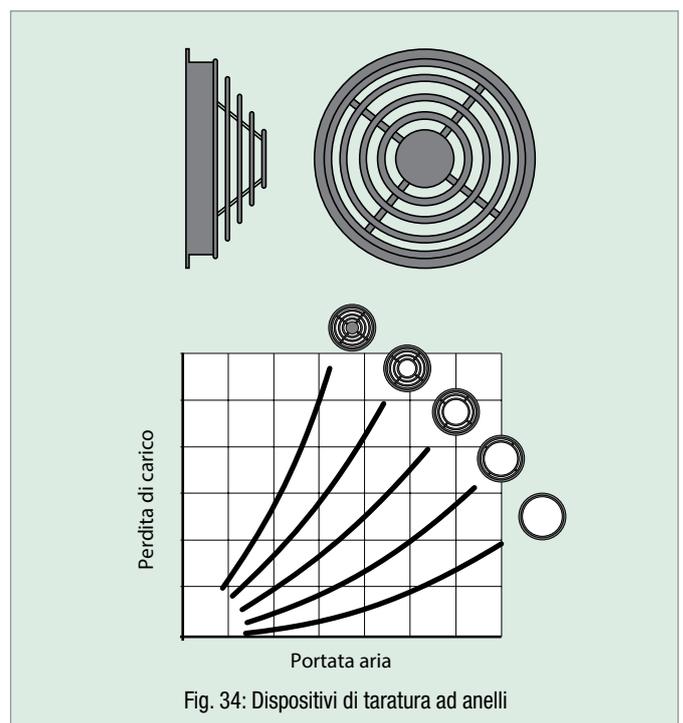
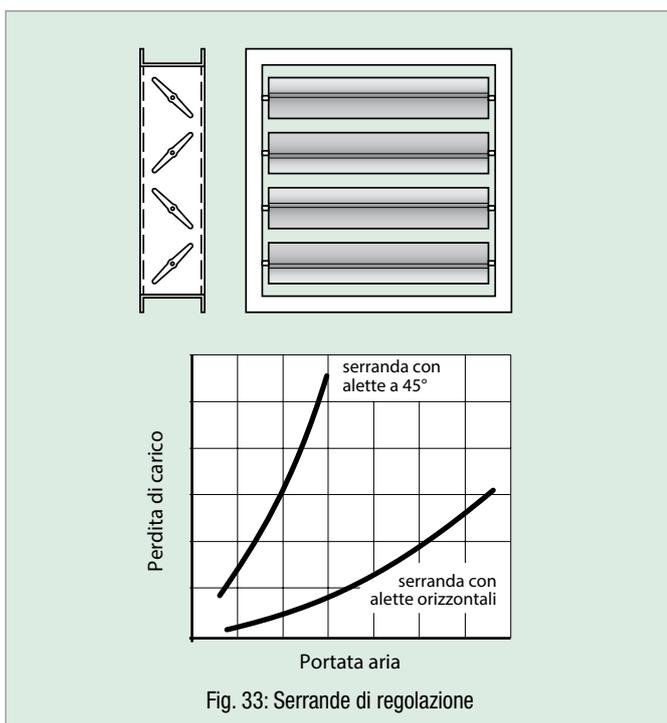
Per far sì che l'impianto di ventilazione sia equilibrato si può ricorrere a dispositivi di bilanciamento, che hanno lo scopo di introdurre nella rete di distribuzione opportune perdite di carico sui rami più favoriti, in modo da diminuirne la portata agevolando il flusso verso i terminali aeraulicamente più svantaggiati.



A questo proposito si può ricorrere a diversi dispositivi anche se ogni sistema di bilanciamento va comunque tarato e calibrato in campo una volta terminata l'installazione.

Serrande di regolazione. Sono organi formati da una o più pale che possono essere opportunamente ruotate in senso ortogonale al flusso. La rotazione delle pale modifica la sezione libera di passaggio del flusso d'aria, variando, di conseguenza, le perdite di carico necessarie per il loro attraversamento. Le serrande di regolazione presentano il vantaggio di essere tarabili in modo continuo e preciso. Inoltre la loro taratura è modificabile nel tempo. Sono tipicamente impiegate nelle distribuzioni di tipo ramificato.

Dispositivi di taratura ad anelli. Sono dispositivi che consentono di essere configurati rimuovendo uno o più anelli concentrici, diminuendone di conseguenza le perdite di carico secondo necessità. Sono di facile utilizzo ed efficaci allo stesso tempo, che, in virtù anche della loro economicità, trovano impiego specialmente negli impianti di tipo residenziale.



ESEMPIO 1

Dimensionamento di un impianto VMC in un appartamento

Si eseguirà di seguito il dimensionamento dell'impianto di ventilazione meccanica controllata di un appartamento composto da ingresso, soggiorno e cucina open space, camera singola, camera matrimoniale e due bagni di cui uno cieco. Per questa tipologia è stata pensata una distribuzione a soffitto.

1. CALCOLO DELLE PORTATE

Si procede al calcolo della portata di prima approssimazione G'_{TOT} .

Locale	S [m ²]	h [m]	V [m ³]
Ingresso	6,6	2,7	17,7
Soggiorno	8,9	2,7	24,0
Cucina	8,8	2,7	23,8
Camera Singola	12,5	2,7	33,8
Bagno 1 (cieco)	4,0	2,7	10,8
Disimpegno	2,3	2,7	6,3
Camera matrimoniale	14,0	2,7	37,8
Bagno 2	5,1	2,7	13,8
TOTALE	62,1		167,8

Tabella 8: Calcolo delle volumetrie

Nel caso di ambiente di tipo residenziale si calcola:

$$G'_{TOT} = 0,5 \cdot V_{TOT} = 0,5 \cdot 168 = 84 \text{ m}^3/\text{h}$$

Si verifica la portata di rinnovo con il criterio dell'affollamento (3 persone):

$$a > G_{TOT} / G_{PERSONA} = 84 / 35 = 2,4 \text{ Esito: Si}$$

Si calcola quindi la portata totale di rinnovo come:

$$G_{TOT} = a \cdot G_{PERSONA} = 3 \cdot 35 = 105 \text{ m}^3/\text{h}$$

2. IMMISSIONE

Si riproporciona la portata di immissione in base al volume effettivo dei locali da servire.

Locale	V [m ³]	R _% [m]	G' _{IMMISSIONE} [m ³]	G _{IMMISSIONE} [m ³]
Soggiorno	24,0	25 %	26	35
Camera Singola	33,8	35 %	37	37
Camera matrimoniale	37,8	40 %	42	42
TOTALE	95,6	100 %	105	114

Tabella 9: Calcolo portata di immissione

Avendo ottenuto dei valori più bassi rispetto ai minimi consigliati (vedi pag. 24), sono stati aumentati i ricambi previsti, ottenendo un valore di portata in immissione di 114 m³/h.

3. ESTRAZIONE

Locale	V [m ³]	R _% [m]	G' _{ESTRAZIONE} [m ³]	G _{ESTRAZIONE} [m ³]	Ricambio [vol/h]
Cucina	23,8	49 %	56	39	1,6
Bagno 1 (cieco)	10,8	22 %	26	45	4,2
Bagno 2	13,8	29 %	33	30	2,2
TOTALE	48,4	100 %	114	114	

Tabella 10: Calcolo portata di estrazione

Essendoci un bagno cieco si è corretto il ricambio previsto considerando un'estrazione continua maggiore di 4 vol/h. In funzione di questo, le estrazioni negli altri due ambienti sono state ritirate.

4. SCELTA DELLA MACCHINA

Il calcolo delle portate è necessario per poter effettuare la scelta dell'unità di ventilazione. Si seleziona una macchina con portata d'aria massima di 150 m³/h.

Come mostrato in Fig. 35 il valore di 114 m³/h è centrato nel campo di lavoro, con prevalenza utile di circa 260 Pa.

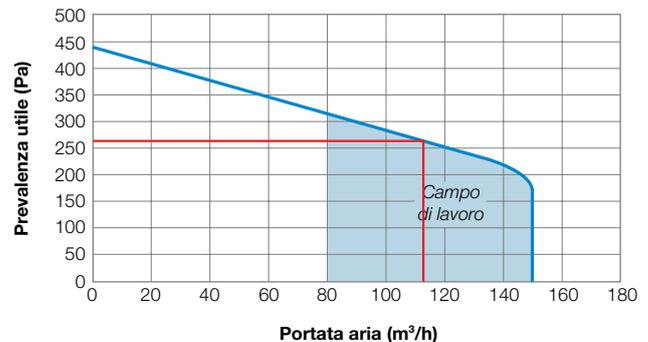


Fig. 35: Punto di lavoro macchina di ventilazione

5. CALCOLO SISTEMA DI DISTRIBUZIONE

Si riporta in Fig. 36 il posizionamento della macchina in controsoffitto, con relativa distribuzione.

In tabella vengono riportate le lunghezze dei tratti di canale, tenendo conto che le bocchette di immissione saranno posizionate nella parte bassa della parete con canale in traccia.

Locale	Funzione	L [m]
Soggiorno - Cucina	Immissione	8
Soggiorno - Cucina	Estrazione	5
Camera Singola	Immissione	8
Bagno 1 (cieco)	Estrazione	3
Camera matrimoniale	Immissione	9
Bagno 2	Estrazione	3
Immissione	Immissione	4
Estrazione	Estrazione	4

Tabella 11: Caratteristiche sistema di distribuzione

Utilizzando i canali DN 75 si prosegue nel dimensionamento come mostrato nelle tabelle seguenti, controllando che le velocità all'interno dei canali non siano superiori a circa 3 m/s (o le portate non siano superiori a 30 m³/h). In caso contrario, si suddivide la portata su più canali.

	Locale	$G_{IMMISSIONE}$ [m ³ /h]	L [m]	$\varnothing e$ [mm]	Numero canali	v (singolo canale) [m/s]	ΔP_D [Pa]	ΔP_C [Pa]	ΔP_{TOT} [Pa]
IMMISSIONE	Soggiorno	35	8	75	2	1,6	9	6	15
	Camera singola	37	8	75	2	1,6	10	7	17
	Camera matrimoniale	42	9	75	2	1,9	14	10	24
	Immissione primaria	114	4	160	1	2,1	3	2	5
ESTRAZIONE	Cucina	39	5	75	2	1,7	7	5	12
	Bagno 1 (cieco)	45	3	75	2	2,0	5	4	9
	Bagno 2	30	3	75	1	2,7	9	6	15
	Espulsione primaria	114	4	160	1	2,2	3	2	5

Tabella 12: Calcolo distribuzione di immissione ed estrazione

Infine, si calcolano le perdite di carico dei tratti più sfavoriti della distribuzione secondaria (evidenziati nella tabella 13):

$$\Delta P_{IMMISSIONE} = \Delta P_{SFAVORITO} + \Delta P_{PRIMARIO} = 24 + 5 = 29 \text{ Pa}$$

$$\Delta P_{ESTRAZIONE} = \Delta P_{SFAVORITO} + \Delta P_{PRIMARIO} = 15 + 5 = 20 \text{ Pa}$$

6. VERIFICA PERDITE DI CARICO

La prevalenza dell'unità di ventilazione (Fig. 35) va confrontata con le perdite di carico maggiori, che in questo caso risultano essere quelle relative alla rete di immissione.

Si può ritenere il dimensionamento corretto per l'impianto analizzato, in quanto la prevalenza disponibile è in grado di garantire le portate di progetto anche considerando lo sporcamento dei filtri.

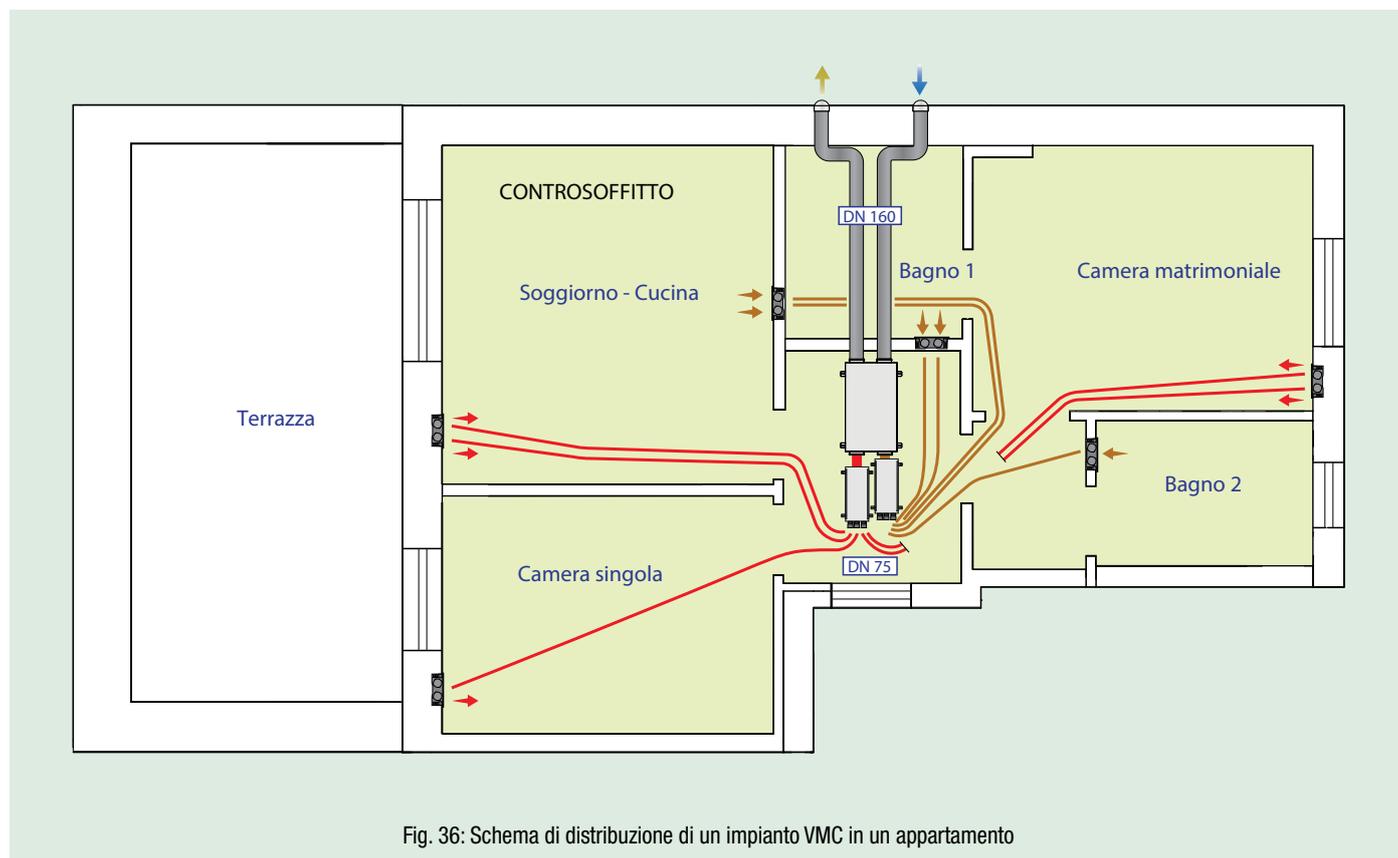


Fig. 36: Schema di distribuzione di un impianto VMC in un appartamento

ESEMPIO 2

Dimensionamento di un impianto VMC in un locale uffici

Si eseguirà ora il dimensionamento dell'impianto di ventilazione meccanica controllata di un piccolo ufficio disposto su un singolo livello e composto da un open-space, due uffici singoli ed un blocco bagni. Per questa tipologia è stata pensata una distribuzione ramificata a controsoffitto.

1. CALCOLO DELLE PORTATE

Si procede al calcolo della portata di prima approssimazione (G'_{TOT}).

Locale	S [m ²]	h [m]	V [m ³]
Open space	35,0	2,7	94,5
Ufficio 1	11,2	2,7	30,2
Ufficio 2	9,0	2,7	24,3
Disimpegno	5,5	2,7	14,8
Bagno 1	2,6	2,7	7,1
Bagno 2	2,9	2,7	7,9
TOTALE	66,2		178,8

Tabella 13: Calcolo delle volumetrie

Nel caso di uffici si calcola:

$$G'_{TOT} = 2 \cdot V_{TOT} = 2 \cdot 179 = 358 \text{ m}^3/\text{h}$$

Si verifica la portata di rinnovo con il criterio dell'affollamento (8 persone):

$$a > G'_{TOT} / G_{PERSONA} = 358 / 40 = 8,95 \text{ Esito: NO}$$

Si calcola quindi la portata totale di rinnovo come:

$$G_{TOT} = G'_{TOT} = 358 \text{ m}^3/\text{h}$$

2. IMMISSIONE

Si riproporciona la portata di immissione in base al volume effettivo dei locali da servire.

Locale	V [m ³]	R _%	G' _{IMMISSIONE} [m ³]	G _{IMMISSIONE} [m ³]
Open space	95	64 %	227	240
Ufficio 1	30	20 %	73	70
Ufficio 2	24	16 %	58	60
TOTALE	149	100 %	358	370

Tabella 14: Calcolo portata di immissione

La portata di immissione del locale open-space viene leggermente aumentata per garantire il ricambio necessario per l'affollamento previsto di 6 persone, considerando un $G_{PERSONA} = 40 \text{ m}^3/\text{h}$.

3. ESTRAZIONE

Si riproporciona la portata di immissione in base ai volumi degli ambienti in cui effettua l'estrazione, favorendo leggermente quella nei bagni.

Locale	V [m ³]	R _% [m]	G' _{ESTRAZIONE} [m ³]	G _{ESTRAZIONE} [m ³]	Ricambio [vol/h]
Open space	94,5	86 %	318	280	3,0
Bagno 1 (cieco)	7,1	7 %	26	45	6,3
Bagno 2	7,9	7 %	26	45	5,7
TOTALE	110	100 %	370	370	

Tabella 15: Calcolo portata di estrazione

4. SCELTA DELLA MACCHINA

Il calcolo delle portate è necessario per poter effettuare la scelta dell'unità di ventilazione. Si seleziona una macchina con portata d'aria massima di 450 m³/h.

Come mostrato in Fig. 37 il valore di 370 m³/h è all'interno del campo di lavoro, con prevalenza utile di circa 320 Pa.

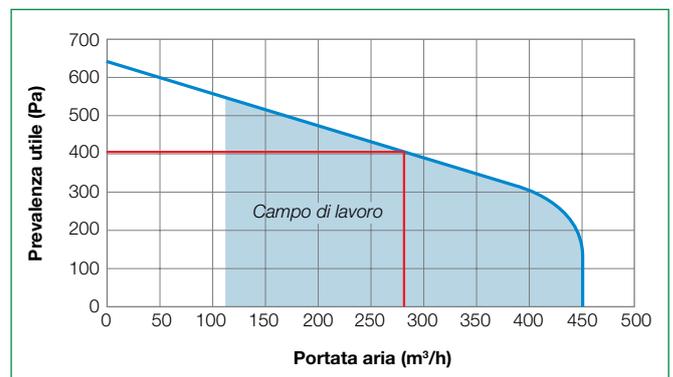


Fig. 37: Punto di lavoro macchina di ventilazione

5. CALCOLO SISTEMA DI DISTRIBUZIONE

Si riporta in Fig. 38 il posizionamento della macchina, con relativa distribuzione.

Locale	Funzione	L [m]
Open-space	1-2	4
	2-3	8
	3-4	5
IMMISSIONE PRIMARIA	4-5	3,5
	Open-space	6,7
Bagno 1	6-7	1,1
	8-7	0,3
	7-10	1,1
Bagno 2	9-10	2
	10-11	5,5
ESPULSIONE PRIMARIA	11-12	

Tabella 16: Caratteristiche sistema di distribuzione

Ipotizzando una distribuzione in lamiera zincata si procede al dimensionamento dei canali come da tabella 17.

	Locale	Tratto	$G_{IMMISSIONE}$ [m ³ /h]	L [m]	\varnothing_i [mm]	v [m/s]	ΔP_D [Pa]	ΔP_C [Pa]	ΔP_{TOT} [Pa]
IMMISSIONE	Open space	1-2	240	4	200	2,1	1	1	2
		2-3	310	8	200	2,7	4	3	7
		3-4	370	5	250	2,1	1	1	2
	Immissione primaria	4-5	370	3,5	250	2,1	1	1	2
		Percorso più sfavorito	1-2-3-4-5						
ESTRAZIONE	Open space	6-7	280	6,7	200	2,5	3	2	5
		Bagno 1	7-8	45	1,1	80	2,5	2	1
	Bagno 2	7-10	325	0,3	200	2,9	-	-	-
		9-10	45	1,1	80	2,5	2	1	3
		10-11	370	2	250	2,1	1	1	2
	Estrazione primaria	11-12	370	5,5	250	2,1	2	1	3
	Percorso più sfavorito	6-7-10-11-12							10

Tabella 17: Calcolo distribuzione di immissione

6. VERIFICA PERDITE DI CARICO

La prevalenza dell'unità di ventilazione (Fig. 38) va confrontata con le perdite di carico maggiori, che in questo caso risultano essere quelle relative alla rete di immissione. Si può ritenere il dimensionamento corretto per l'impianto analizzato, in quanto la prevalenza disponibile è in grado di garantire le portate di progetto anche considerando lo sporcamento dei filtri.

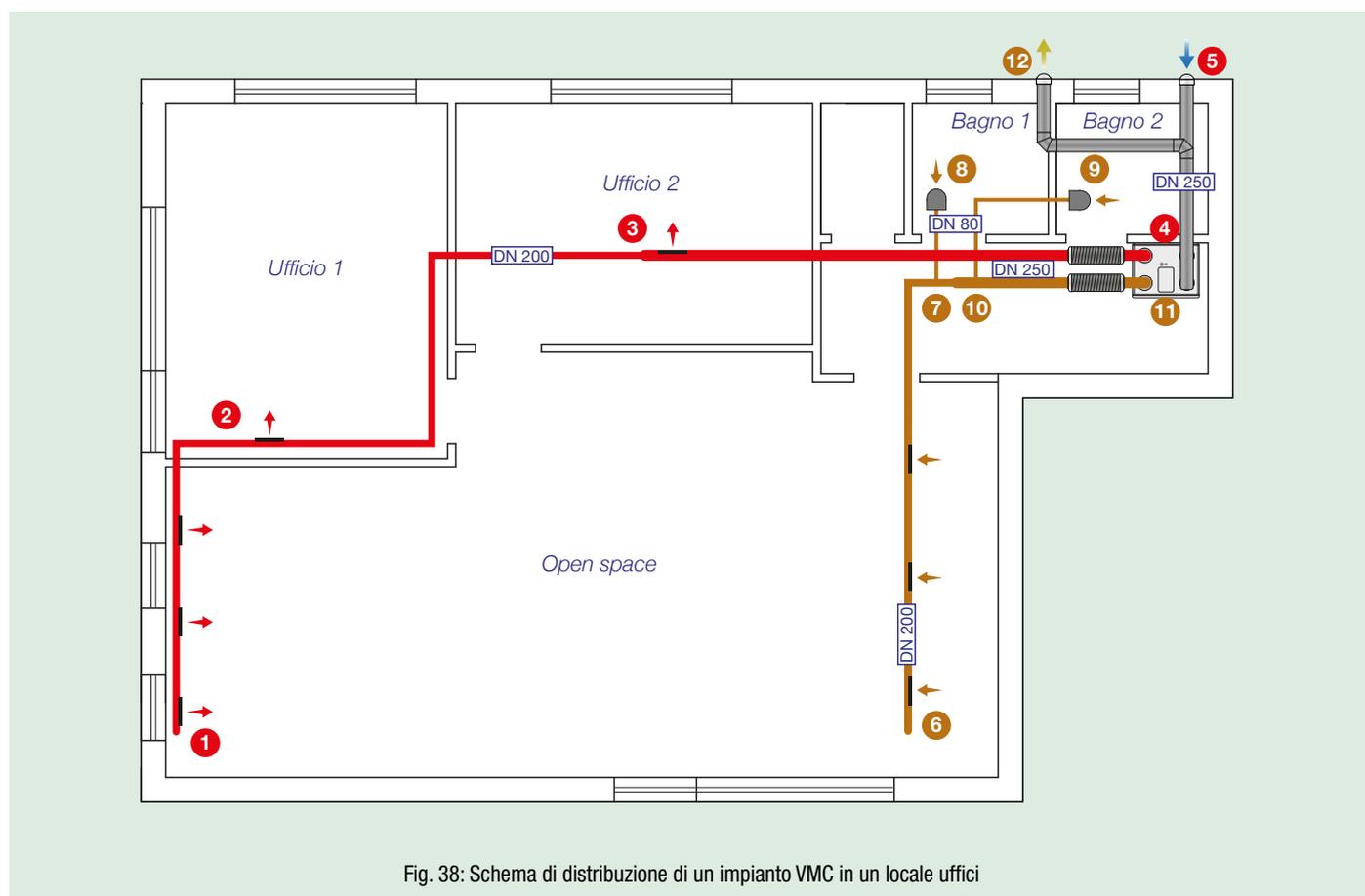


Fig. 38: Schema di distribuzione di un impianto VMC in un locale uffici

ESEMPIO 3

Dimensionamento di un impianto VMC in un'abitazione privata a due piani

Si eseguirà ora il dimensionamento dell'impianto di ventilazione meccanica controllata di una villa disposta su due piani. Al piano terra l'abitazione si compone di soggiorno, pranzo, cucina, locale tecnico, bagno, guardaroba e uno studio. Al piano primo ci sono quattro camere da letto, una cabina armadio e due bagni. Per questa tipologia è stata pensata una distribuzione a massetto.

1. CALCOLO DELLE PORTATE

Si procede al calcolo della portata di prima approssimazione (G'_{TOT}).

Locale	S [m ²]	h [m]	V [m ³]
Soggiorno - Pranzo	46,4	2,7	125,3
Cucina	15,7	2,7	42,5
Disimpegno giorno	3,3	2,7	8,8
Studio	9,2	2,7	24,8
Guardaroba	3,5	2,7	9,3
Bagno	5,9	2,7	16,0
Locale tecnico	12,8	2,7	34,7
Disimpegno notte	10,8	2,7	29,3
Bagno notte	6,8	2,7	18,6
Camera 1	13,6	2,7	36,5
Camera 2	18,7	2,7	50,6
Camera 3	14,4	2,7	38,9
Cabina armadio	13,8	2,7	37,1
Bagno matrimoniale	9,2	2,7	24,8
Camera matrimoniale	14,2	2,7	38,4
TOTALE	198,3		535,6

Tabella 18: Calcolo delle volumetrie

Nel caso di ambiente di tipo residenziale si calcola:

$$G'_{TOT} = 0,5 \cdot V_{TOT} = 0,5 \cdot 536 = 268 \text{ m}^3/\text{h}$$

Si verifica la portata di rinnovo con il criterio dell'affollamento (4 persone):

$$a > G_{TOT} / G_{PERSONA} = 268 / 35 = 7,7 \text{ Esito: NO}$$

Si calcola quindi la portata totale di rinnovo come:

$$G_{TOT} = G'_{TOT} = 268 \text{ m}^3/\text{h}$$

2. IMMISSIONE

Si riproporciona la portata di immissione in base al volume effettivo dei locali da servire.

Locale	V [m ³]	R _% [m]	G' _{ESTRAZIONE} [m ³]	G _{ESTRAZIONE} [m ³]
Soggiorno - Pranzo	125,3	40 %	107	107
Studio	24,8	8 %	21	21
Camera 1	36,5	12 %	32	32
Camera 2	50,6	16 %	43	43
Camera 3	38,9	12 %	32	32
Camera matrimoniale	38,4	12 %	33	50
TOTALE	314,5	100 %	268	285

Tabella 19: Calcolo portata di immissione

Avendo ottenuto dei valori più bassi rispetto ai minimi consigliati (vedi pag. 24), sono stati aumentati i ricambi previsti, ottenendo un valore di portata di immissione pari a 285 m³/h.

3. ESTRAZIONE

Locale	V [m ³]	R _% [m]	G' _{ESTRAZIONE} [m ³]	G _{ESTRAZIONE} [m ³]	Ricambio [vol/h]
Cucina	42,5	29 %	82	80	1,9
Bagno	16,0	11 %	31	31	1,9
Guardaroba	9,3	6 %	18	20	2,2
Bagno notte	18,6	13 %	36	36	1,9
Bagno matrimoniale	24,8	17 %	47	47	1,9
Cabina armadio	37,1	25 %	71	71	1,9
ESTRAZIONE	148,3	100 %	285	285	

Tabella 20: Calcolo portata di estrazione

Per garantire i valori di immissione minima (20 m³/h) è stata aumentata la portata di estrazione nel locale guardaroba.

4. SCELTA DELLA MACCHINA

Il calcolo delle portate è necessario per poter effettuare la scelta dell'unità di ventilazione. Si seleziona una macchina con portata d'aria massima di 450 m³/h.

Come mostrato in Fig. 39 il valore 285 m³/h è all'interno del campo di lavoro, con prevalenza utile di circa 400 Pa.

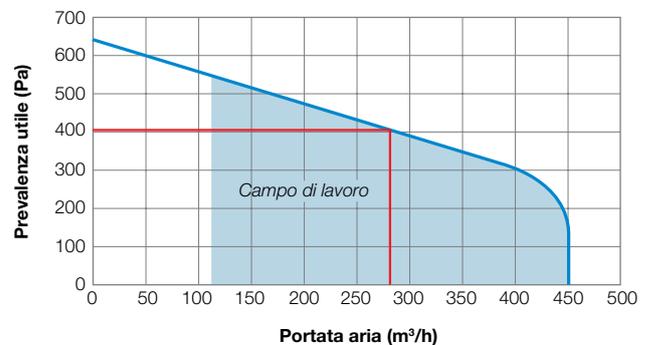


Fig. 39: Punto di lavoro macchina di ventilazione

5. CALCOLO SISTEMA DI DISTRIBUZIONE

Si riporta in Fig. 40 il posizionamento della macchina in controsoffitto, con relativa distribuzione.

In tabella vengono riportate le lunghezze dei tratti di canale.

Locale	L [m]
Soggiorno - Pranzo	13,5
Studio	12
Camera 1	15
Camera 2	18
Camera 3	16
Camera padronale	6
Cucina	17
Bagno	11
Guardaroba	13
Bagno notte	18,5
Bagno padronale	15
Cabina armadio	18
Immissione	3
Estrazione	3

Tabella 21: Caratteristiche sistema di distribuzione

Utilizzando i canali DN 90 si prosegue nel dimensionamento come mostrato nelle tabelle seguenti, controllando che le velocità all'interno dei canali non siano superiori a circa 3 m/s (o le portate non siano superiori a 50 m³/h). In caso contrario, si suddivide la portata su più canali. Infine, si verificano le perdite di carico dei tratti più sfavoriti.

	Locale	$G_{IMMISSIONE}$ [m³/h]	L [m]	Øe [mm]	Numero canali	v (singolo canale) [m/s]	ΔP_D [Pa]	ΔP_C [Pa]	ΔP_{TOT} [Pa]
IMMISSIONE	Soggiorno - Pranzo	107	13,5	90	3	2,2	21	15	36
	Studio	21	12	90	1	1,3	7	5	12
	Camera 1	32	15	90	1	1,9	19	13	32
	Camera 2	43	18	90	1	2,6	40	28	68
	Camera 3	32	16	90	1	2,0	22	15	37
	Camera matrimoniale	50	6	90	2	1,5	5	4	9
	Immissione primaria	285	3	250	1	2,3	1	1	2
ESTRAZIONE	Cucina	100	17	90	2	3,1	33	23	56
	Bagno	30	11	90	1	1,8	14	10	24
	Guardaroba	30	13	90	1	1,8	7	5	12
	Bagno notte	50	18,5	90	1	3,1	30	21	51
	Bagno matrimoniale	50	15	90	1	3,1	41	29	70
	Cabina armadio	50	18	90	1	3,1	28	20	48
		Espulsione primaria	310	6	250	1	2,5	3	2

Tabella 22: Calcolo distribuzione di estrazione

Infine, si calcolano le perdite di carico dei tratti più sfavoriti della distribuzione secondaria (evidenziati nella tabella 30):

$$\Delta P_{IMMISSIONE} = \Delta P_{SFAVORITO} + \Delta P_{PRIMARIO} = 68 + 2 = 70 \text{ Pa}$$

$$\Delta P_{ESTRAZIONE} = \Delta P_{SFAVORITO} + \Delta P_{PRIMARIO} = 70 + 5 = 75 \text{ Pa}$$

6. VERIFICA PERDITE DI CARICO

La prevalenza dell'unità di ventilazione (Fig. 40) va confrontata con le perdite di carico maggiori, che in questo caso risultano essere quelle relative alla rete di immissione. Si può ritenere il dimensionamento corretto per l'impianto analizzato, in quanto la prevalenza disponibile è in grado di garantire le portate di progetto anche considerando lo sporcamento dei filtri.

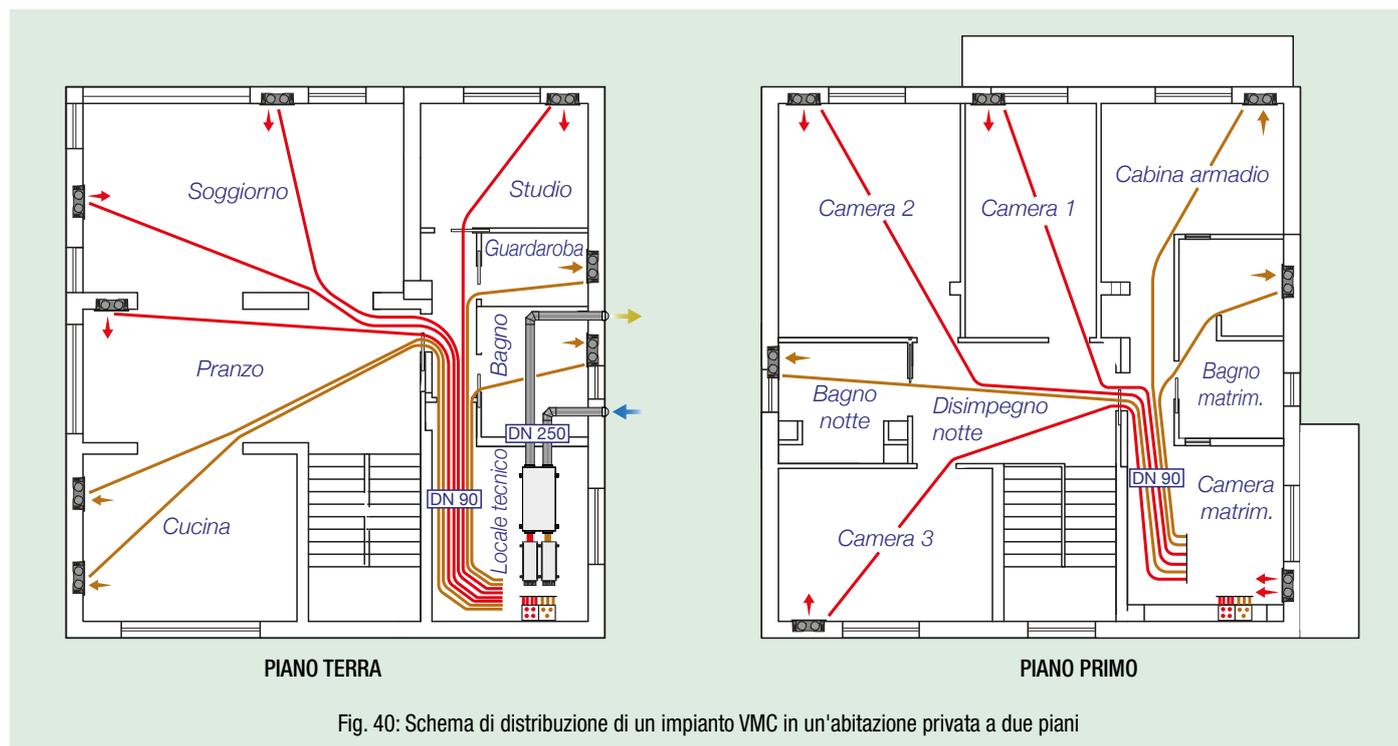


Fig. 40: Schema di distribuzione di un impianto VMC in un'abitazione privata a due piani

LA MANUTENZIONE DEGLI IMPIANTI VMC

Gli impianti di ventilazione meccanica controllata necessitano di una opportuna e ciclica manutenzione, i cui obiettivi sono principalmente i seguenti:

- mantenere nel tempo le prestazioni di progetto;
- garantire le condizioni igieniche di funzionamento;
- sostituire le parti soggette a deterioramento;
- garantire l'efficienza energetica di progetto.

La manutenzione risulta particolarmente importante in quanto, durante il normale funzionamento degli impianti VMC, l'aria aspirata dall'ambiente esterno o interno, trascinando polvere, pollini e altre particelle in sospensione tende a sporcare progressivamente i sistemi di filtrazione posti a protezione dell'impianto e delle unità di ventilazione.

La mancata pulizia o sostituzione dei filtri provoca aumenti delle perdite di carico che determinano, a loro volta,

un incremento dell'energia assorbita dai ventilatori per garantire la portata di progetto del sistema.

I depositi sui filtri possono creare un ambiente favorevole allo sviluppo di batteri e muffe, con conseguente diffusione di elementi patogeni potenzialmente pericolosi per la salute e cattivi odori. In aggiunta, i sistemi di filtrazione non garantiscono una tenuta perfetta rispetto all'aria che li attraversa, in quanto una piccola percentuale della portata trafila dalle sedi di alloggiamento. Si tratta di un aspetto del tutto trascurabile quando i filtri sono nuovi e puliti, ma che tende ad essere più marcato quando i filtri si intasano. In questa situazione, una percentuale di portata d'aria bypassa il filtro senza essere trattata (Fig. 41). L'aria sporca che entra nel sistema tende a depositarsi nell'unità di ventilazione (soprattutto nel recuperatore di calore) e nelle canalizzazioni. Lo sporco che ne consegue può comportare problemi di igiene, in quanto

le polveri depositate possono accumularsi ed essere diffuse in ambiente; inoltre, questi depositi possono creare le stesse problematiche già discusse per i filtri. Il deposito di uno strato di polvere tra le piastre del recuperatore, invece, ha il duplice effetto di ostruire il passaggio dell'aria e diminuirne la capacità di scambio termico. Questi due effetti combinati provocano una riduzione sensibile dell'efficienza di recupero termico. Un prolungato sporco comporta l'impossibilità di pulirlo in maniera efficace e, quindi, la necessità di sostituirlo per poter ripristinare la piena funzionalità del sistema di rinnovo dell'aria.

Possiamo suddividere le attività di manutenzione in due categorie (Tabella 23):

- manutenzione ordinaria;
- manutenzione straordinaria.

La manutenzione ordinaria consiste nel controllo, nella pulizia e nell'eventuale sostituzione dei filtri. Questi ultimi sono posizionati in appositi alloggiamenti

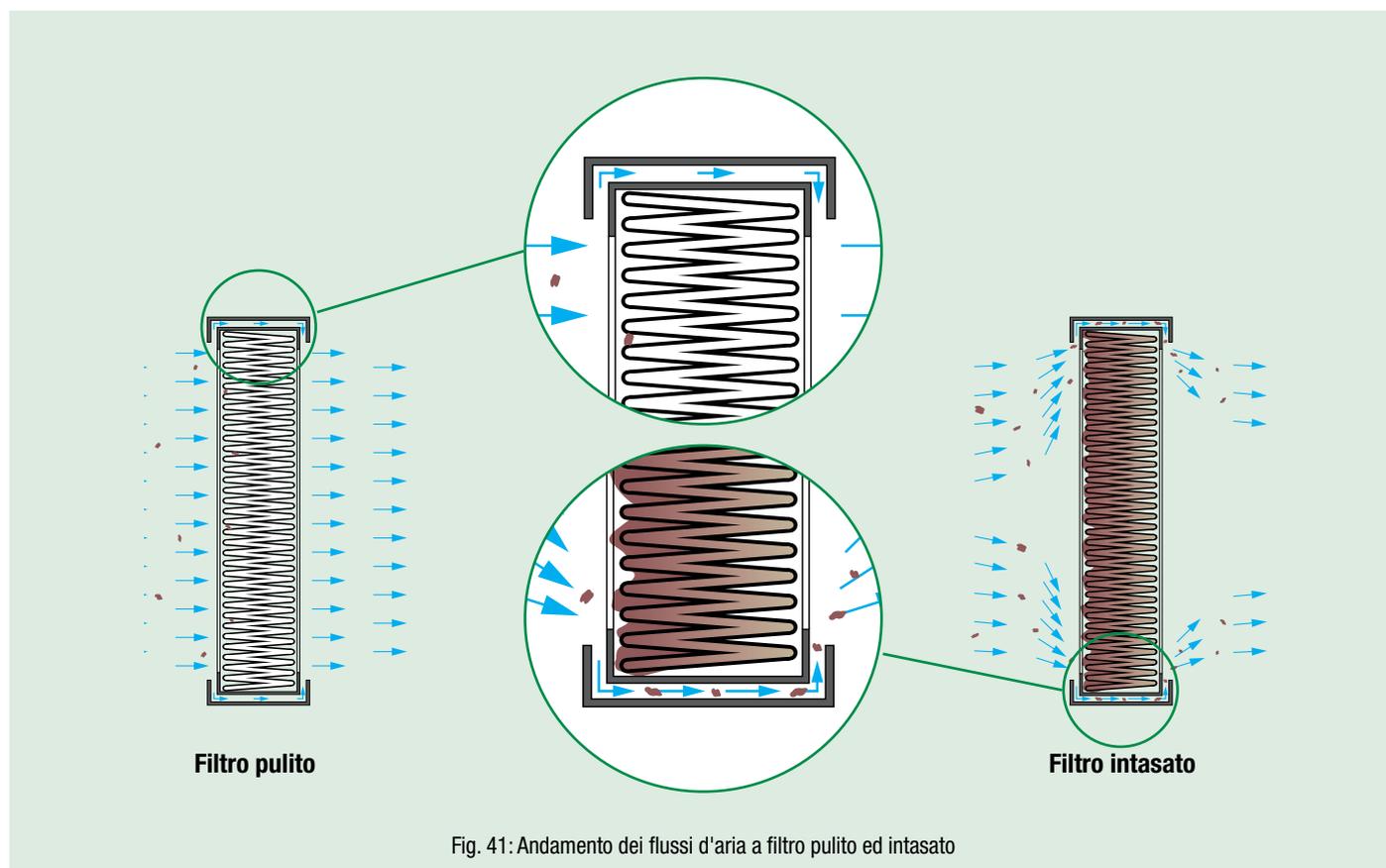


Fig. 41: Andamento dei flussi d'aria a filtro pulito ed intasato

all'interno delle unità di ventilazione e sulle bocchette di ripresa. Questa semplice operazione può essere eseguita anche dall'utente che può in autonomia procedere allo smontaggio e alla pulizia (ad esempio tramite un normale aspirapolvere). L'eventuale lavaggio con acqua può essere effettuato ma prestando attenzione alla corretta asciugatura del filtro, in modo da evitare potenziale formazioni di muffa.

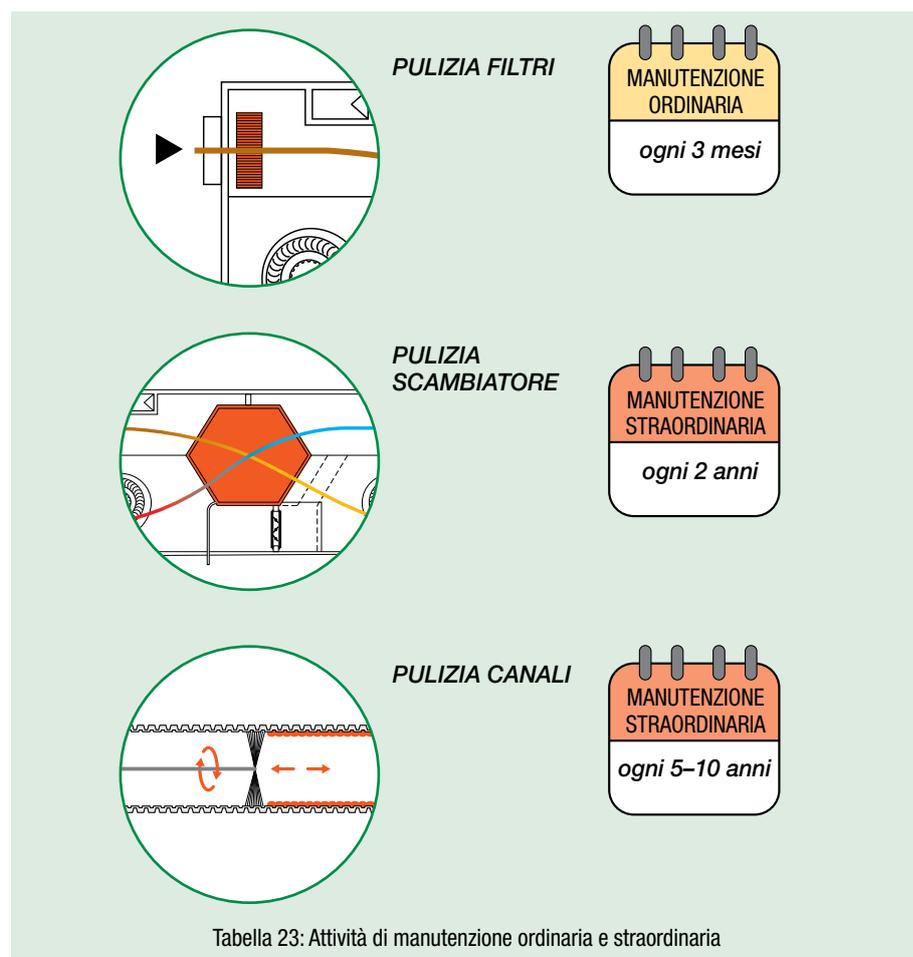
La frequenza delle manutenzioni ordinarie può essere prefissata: tipicamente si consiglia la pulizia dei filtri ogni 3 mesi e la loro sostituzione ogni 6-12 mesi. Nei sistemi più evoluti, il grado effettivo di sporco può essere misurato attraverso il monitoraggio della caduta di pressione del filtro.

Le macchine di ventilazione più evolute possono avvisare l'utente della necessità di manutenzione dei filtri basandosi su una delle due strategie precedentemente descritte e cioè ad intervalli di tempo prefissati oppure avvisando l'utente solo quando il grado di intasamento del filtro supera una soglia prefissata.

La manutenzione straordinaria riguarda, in primo luogo, la pulizia del recuperatore di calore, che deve essere effettuata preferibilmente circa ogni 2 anni. È un'operazione che va eseguita da un tecnico specializzato, che deve provvedere allo smontaggio del componente e al suo lavaggio (in genere con acqua, aspirazione o getti d'aria compressa). Qualora non fosse possibile ripristi-

narlo alle normali condizioni di lavoro, è necessario la sua sostituzione. Un'ulteriore operazione straordinaria riguarda la pulizia e sanificazione dei condotti della rete di distribuzione. Può essere effettuata con una frequenza tra i 5 e 10 anni, a seconda delle condizioni

dell'impianto. Generalmente viene effettuata con speciali spazzole collegate ad apposite prolunghe flessibili e sistemi di aspirazione professionali. Al termine di queste operazioni, è opportuno igienizzare le canalizzazioni tramite disinfettanti specifici.



V M C CALEFFI

DIFFONDE
BENESSERE



Progettiamo i nostri sistemi di **Ventilazione Meccanica Controllata Caleffi** per garantire aria pulita e un clima perfetto in tutti gli ambienti residenziali. Qualità, ricambio d'aria efficiente, risparmio energetico e assistenza continua in ogni fase della progettazione, pre e post vendita. **GARANTITO CALEFFI.**

