

TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

I sistemi di ventilazione **a due flussi** non solo asportano l'aria esausta, ma forniscono anche aria fresca e sono giustificati nel caso in cui l'aria esterna deve essere in qualche maniera trattata, ossia filtrata, riscaldata, raffreddata, umidificata o deumidificata. Sono vietati trattamenti che potrebbero comprometterne la qualità.

Questi impianti sono suddivisi in due comparti: uno che fornisce aria esterna ed un altro che asporta l'aria esausta. Il comparto di fornitura consiste in una presa d'aria posta all'esterno, in ventilatori che generano il flusso d'aria e in un sistema di canali di distribuzione. L'aria esterna deve essere prelevata in luoghi ove non vi sia alcun pericolo di inquinamento, cioè non in prossimità di strade, parcheggi o garage. Le prese d'aria devono essere inoltre munite di filtri che ritengono la polvere. Il sistema dei canali d'asportazione è uguale a quello a flusso unico. I flussi d'aria nei due comparti sono coordinati da un sistema di regolazione.

Le bocchette d'aspirazione vanno disposte come nei sistemi di sola asportazione, cioè in prossimità del soffitto; quelle d'immissione in prossimità del pavimento e del parapetto delle finestre.

TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

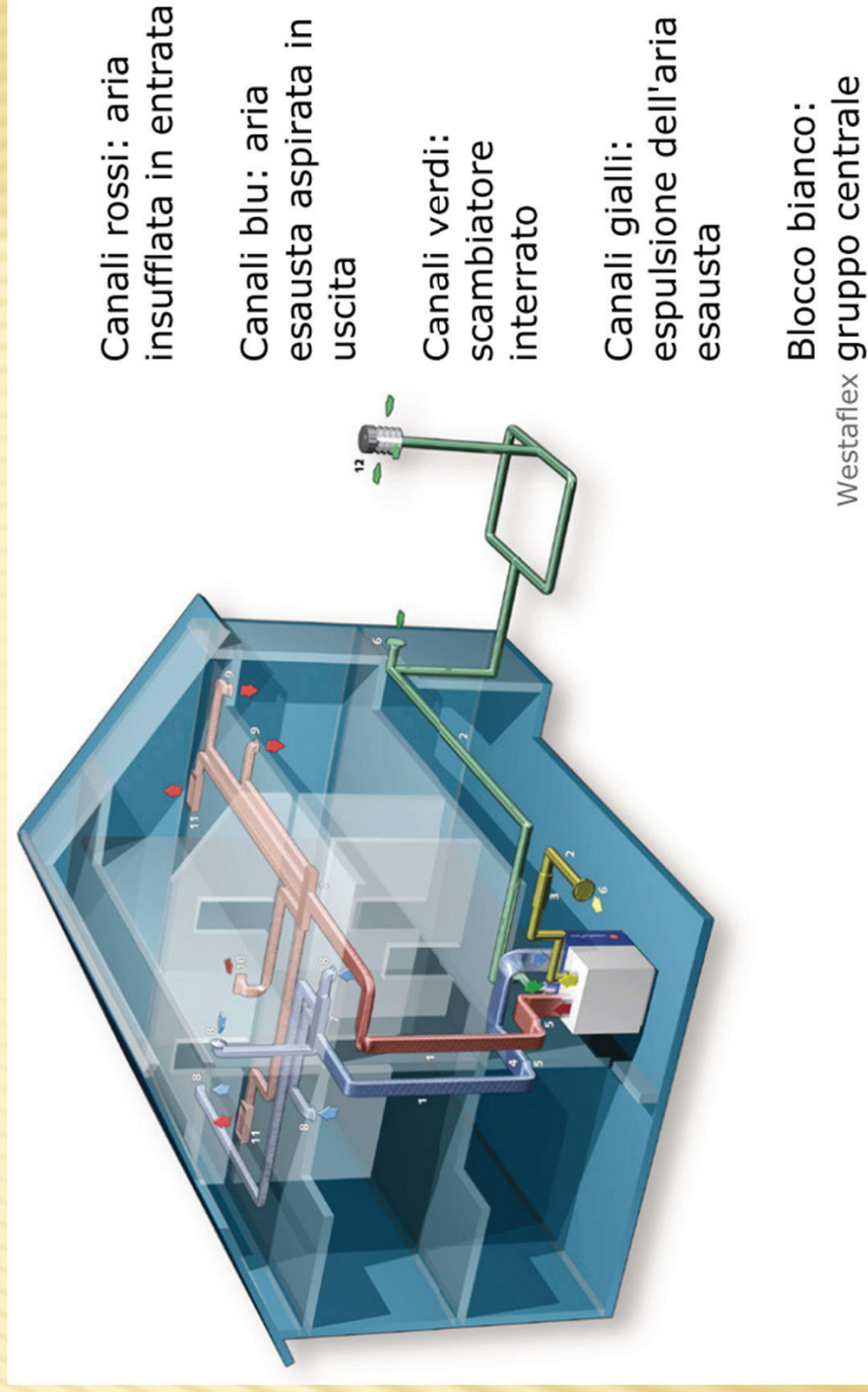
Solo questi impianti consentono il **recupero del calore** dall'aria esausta. I due sistemi di canali (aria in uscita, aria in entrata) si incrociano in uno scambiatore di calore in cui l'aria esausta (calda) cede una parte del calore all'aria in entrata. Lo scambiatore dovrebbe recuperare almeno il 60 % del calore.

Il sistema a due flussi consente inoltre l'integrazione di uno **scambiatore di calore** interrato che preriscalda (o raffredda) l'aria esterna prima di entrare nel sistema di ventilazione. La temperatura dello scambiatore interrato rimane quasi costante durante tutto l'anno (10-15°C) pertanto, in inverno, l'aria esterna (-5°C) si riscalda e, in estate (> 25°C) si raffredda.

La combinazione dei sistemi a due flussi con il free cooling non è possibile se i sistemi non sono previsti per elevati flussi volumici; il flusso volumico dell'aria è normalmente prestabilito solo in funzione al normale ricambio d'aria e non in riguardo all'asportazione di elevati carichi termici.

TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

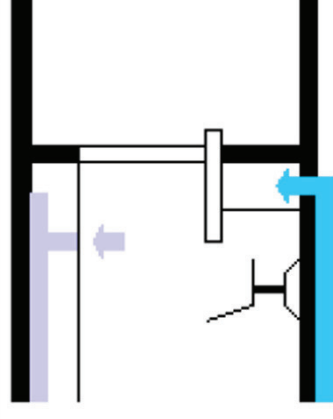


TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

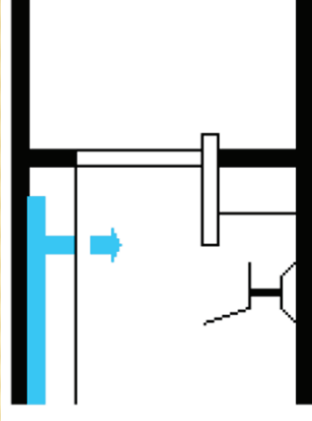
SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

Ventilazione in uffici

In uffici "open space", l'immissione dell'aria può avvenire anche in prossimità dei tavoli da lavoro, per esempio, mediante colonnine o bocchette inserite nel pavimento. In questo caso, l'aria esausta viene aspirata dalle bocchette disposte sul soffitto. Un'altra soluzione ancora è quella dell'immissione di getti d'aria fresca dall'alto, tramite speciali diffusori. A questa soluzione si ricorre spesso per fornire individualmente aria riscaldata (o raffrescata) ad un singolo posto di lavoro, come, per esempio, alla reception, collocata in un ampio atrio d'albergo, o agli sportelli di un ufficio postale. L'aria gettata in questa maniera, dovrebbe avere la temperatura richiesta sul posto di lavoro. Questo sistema ha però delle implicazioni sui consumi energetici. In alcuni casi occorre l'immissione di maggiori volumi d'aria per asportare i carichi termici causati da fonti interne o per raffreddare l'aria al fine di deumidificarla.



Ventilazione di uno sportello. Afflusso dell'aria fresca dal basso, aspirazione dell'aria esausta dall'alto



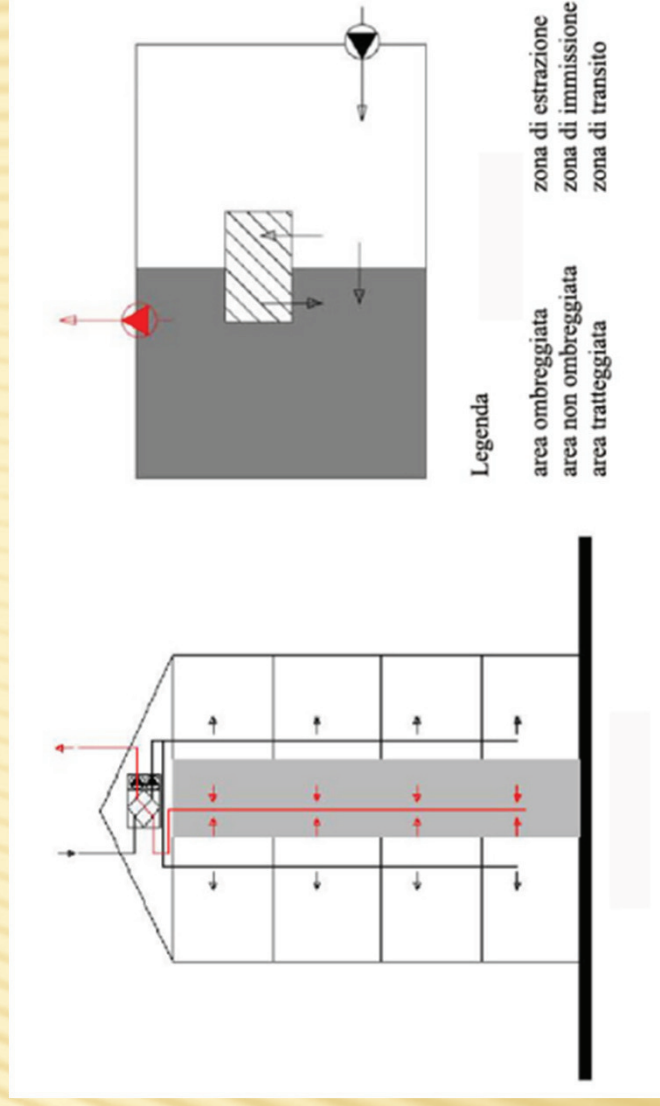
Ventilazione di uno sportello. Getto d'aria fresca dall'alto

TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

SISTEMA A DOPPIO FLUSSO (BILANCIATO)

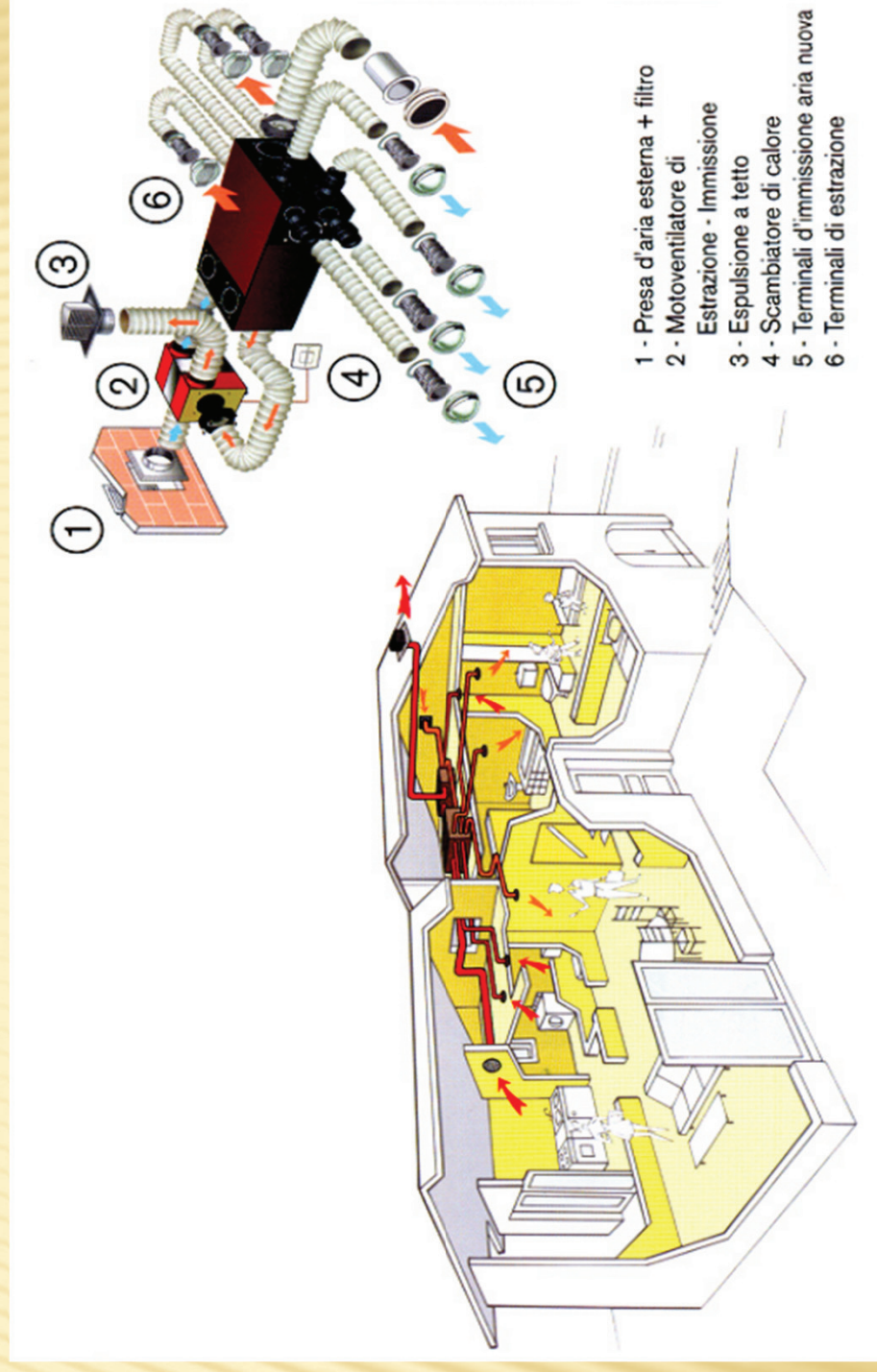
Immissione ed estrazione d'aria, mediante distinti ventilatori, usualmente attraverso dispositivi di recupero del calore dall'aria espulsa.

Richiede una rete aeraulica di mandata e una di ripresa.



TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

SISTEMA A DOPPIO FLUSSO (BILANCIATO)



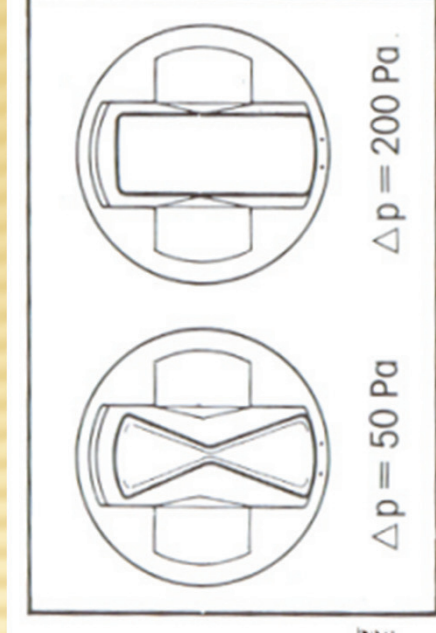
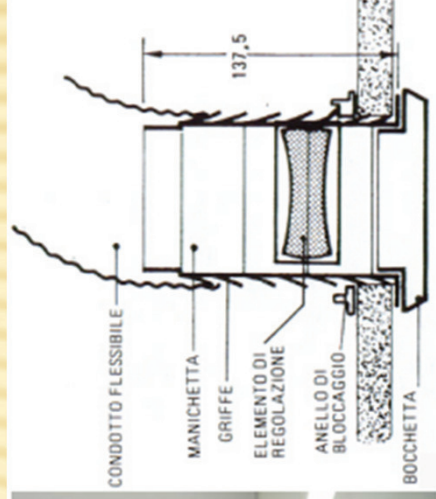
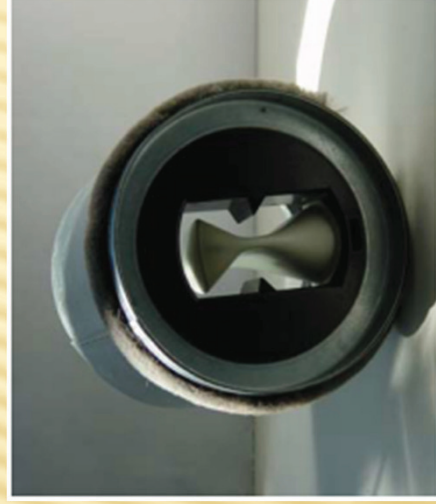
TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

I sistemi di VMC a **doppio flusso** si differenziano da quelli a **semplice flusso** per avere **una rete di immissione e una rete di estrazione dell'aria** dai locali, collegate ciascuna ad un ventilatore.

L'**immissione** dell'aria avviene nei locali soggiorno e stanze da letto mediante bocchette di immissione precedute da moduli di regolazione della portata.

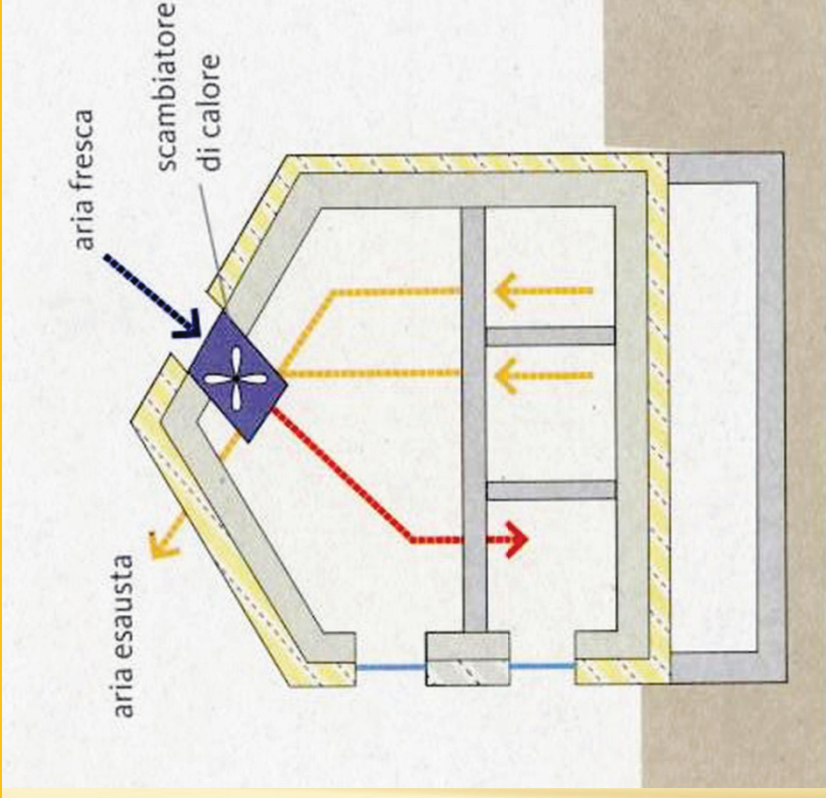
Analogamente avviene l'**estrazione** dell'aria, per la quale esistono anche dispositivi di estrazione particolari per bagno e cucina.



TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

RECUPERO DI CALORE – IL PRINCIPIO DELLO SCAMBIATORE

L'espulsione all'esterno dell'aria esausta comporta sempre notevoli sprechi di calore e questo è contrario al principio del risparmio energetico. Molta energia può essere risparmiata, in inverno, con il recupero di calore dall'aria esausta in uscita. Il recupero richiede un impianto di ventilazione meccanica. Gli edifici ad alta efficienza energetica sono pertanto dotati di **impianti di ventilazione con scambiatori** in cui il calore dell'aria in uscita (20°C) viene conferito all'aria fresca in entrata. Per ottenere buoni risultati, gli scambiatori devono avere un rendimento di almeno il 60-75 %.

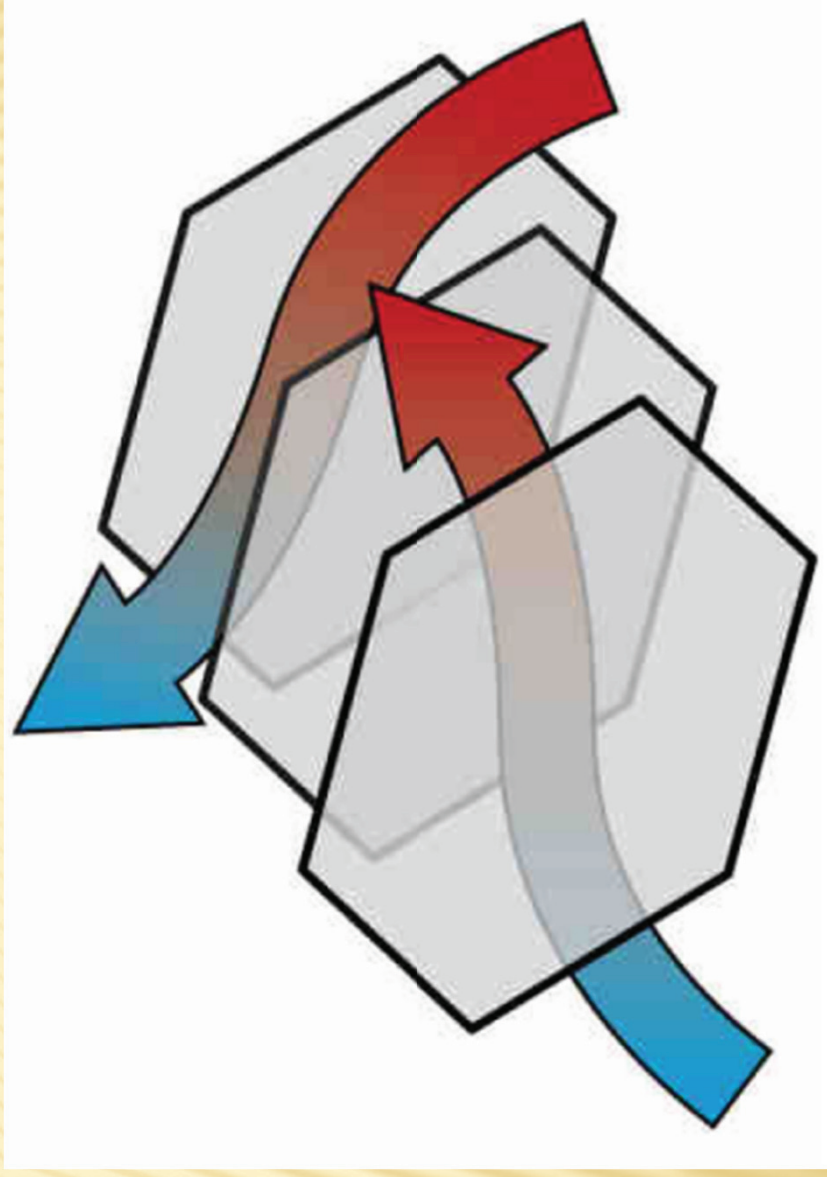


Schema semplificato di un impianto di ventilazione controllata con recupero termico mediante scambiatore di calore. Il calore contenuto nell'aria esausta è utilizzato per preriscaldare l'aria fresca in immissione.

TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

RECUPERO DI CALORE – IL PRINCIPIO DELLO SCAMBIATORE

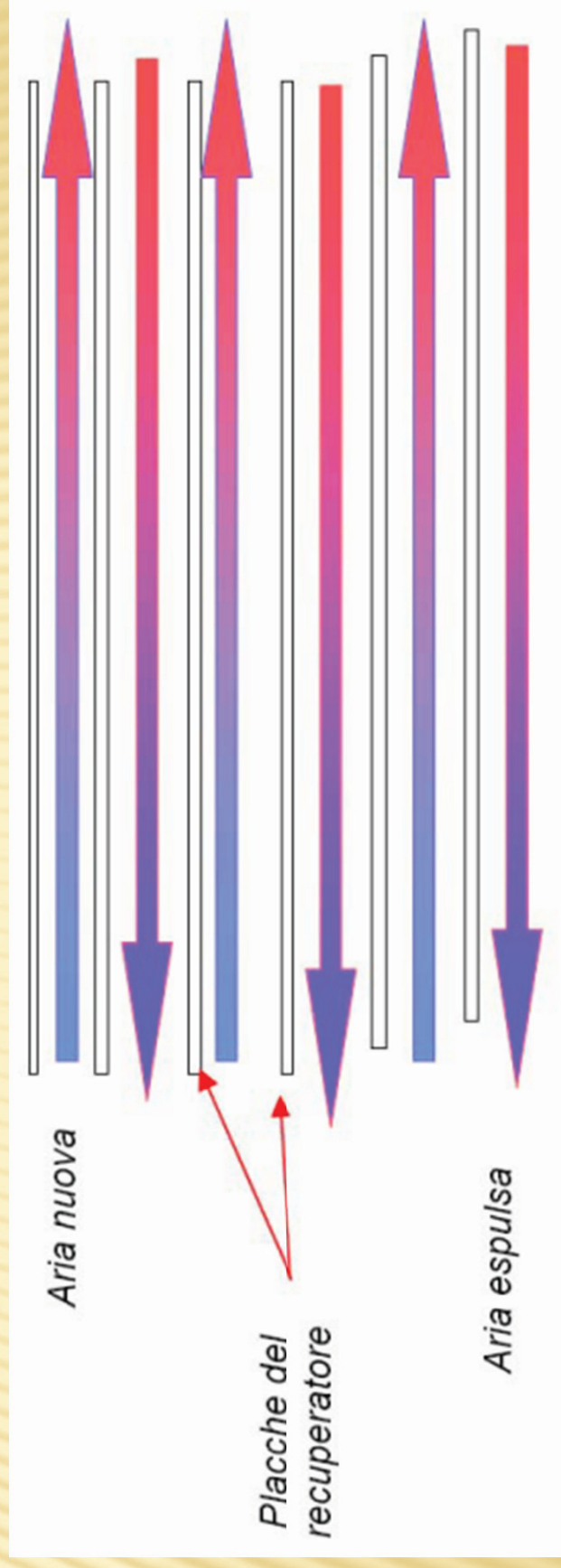
Le placche separano i due flussi dell'aria nuova e di quella espulsa, che non si mescolano mai.



TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

RECUPERO DI CALORE – FUNZIONAMENTO DELLO SCAMBIATORE

Lo scambio di calore avviene per trasmissione attraverso la superficie delle placche del recuperatore.



TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

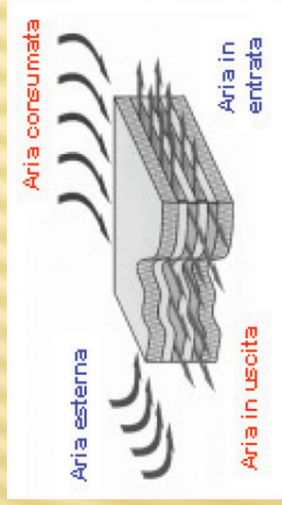
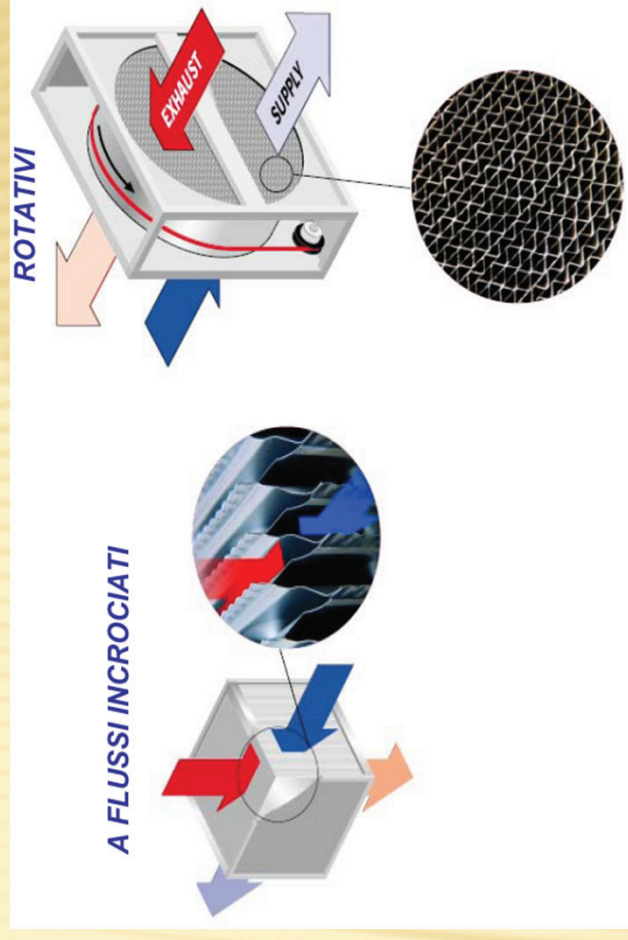
TIPOLOGIE DI RECUPERATORI DI CALORE

Sono in uso due tipi di scambiatori:

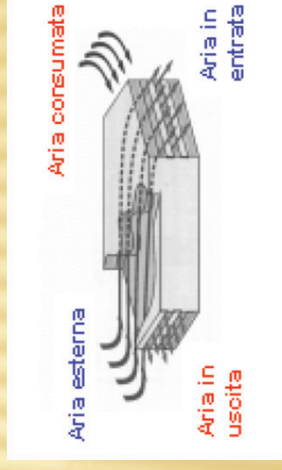
- 1) scambiatori a vie incrociate
- 2) scambiatori a flusso inverso

I primi hanno un rendimento del 60 %, i secondi possono recuperare fino al 95 % del calore.

E' possibile anche l'installazione in serie di due scambiatori a vie incrociate, così il recupero sale fino all'80%.



1)



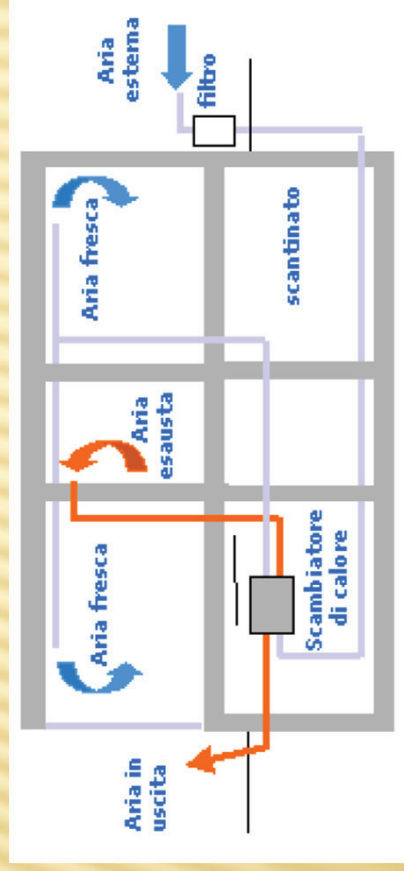
2)

TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

RECUPERATORI DI CALORE

Il **recuperatore** dovrebbe trovarsi all'interno dell'edificio termicamente ben isolato, per mantenere minime le perdite di calore; deve essere inoltre ben accessibile per le operazioni di ricambio filtri e manutenzione.

Negli scambiatori può formarsi della condensa che deve essere asportata e smaltita nella fognatura. Nel caso di impianti di ventilazione autonomi, cioè della collocazione degli scambiatori e dei ventilatori all'interno di un alloggio, bisogna tenere conto della leggera rumorosità dell'impianto ed installarlo in un locale con pareti e porte acusticamente isolate. Affinché lo scambiatore non congeli a basse temperature, l'aria fresca aspirata può essere preriscaldata in uno scambiatore di calore interrato. A questo scopo, il tubo d'aspirazione va interrato per alcuni metri. Questo preriscaldamento riduce le perdite di calore dell'impianto durante il periodo di riscaldamento e, in estate, lo scambiatore interrato raffredda l'aria calda esterna in entrata.

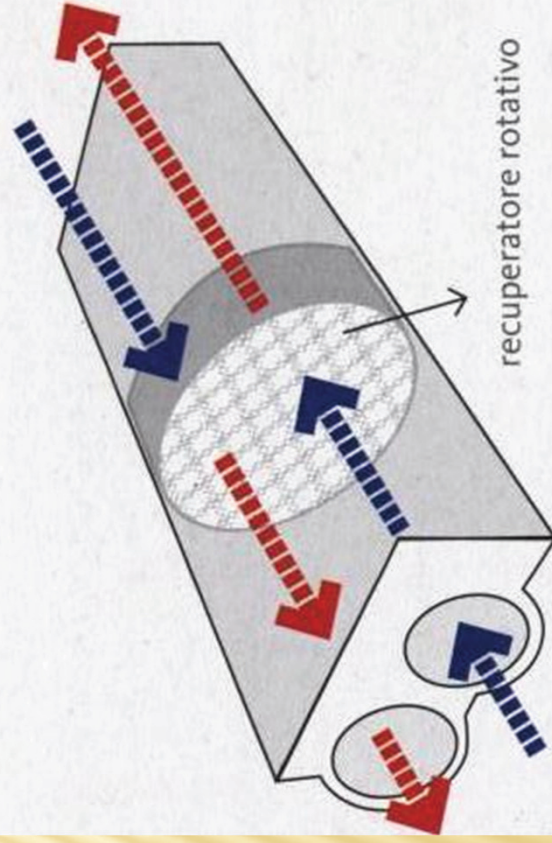


Inserimento dello scambiatore nel sistema di ventilazione

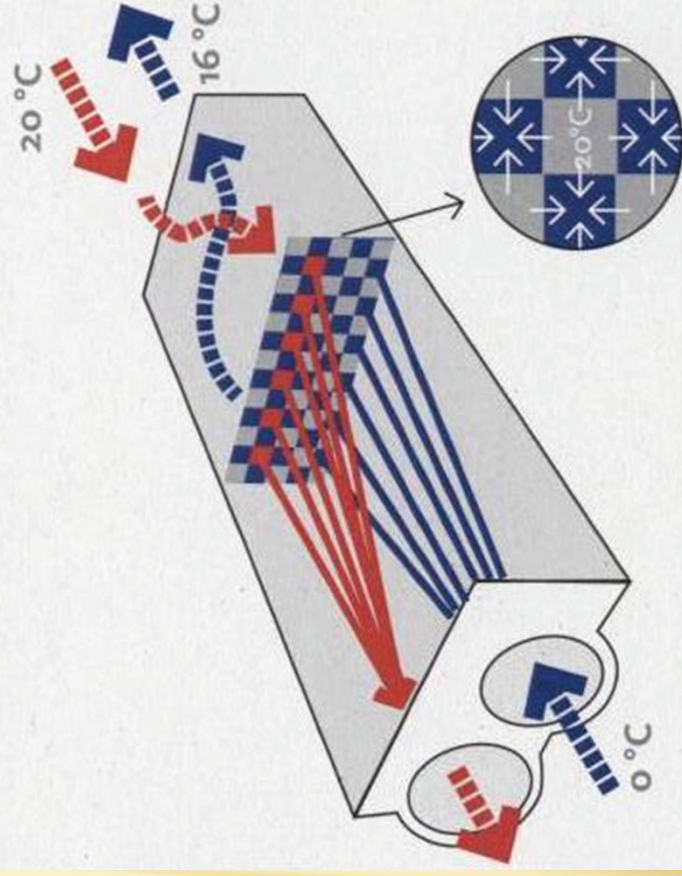
TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

RECUPERATORI DI CALORE

Esempio di una macchina di ventilazione con un recuperatore rotativo in grado di garantire un elevato recupero termico e dell'umidità



Esempio di uno scambiatore di calore ad elevato grado di recupero



TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

RECUPERATORI DI CALORE

Gruppi monoblocco

Per l'uso in alloggi a basso consumo energetico, l'industria produce apparecchi monoblocco che espletano tre funzioni: **ventilazione, recupero di calore e produzione d'acqua calda.**

La dimensione di questi apparecchi non supera quella di un frigorifero con congelatore (0,6 x 0,5 x 1,8 m), pur contenendo anche un serbatoio per l'acqua calda sanitaria.

Questi apparecchi funzionano a corrente continua (24 V) e hanno una potenza < 40 Watt, consentono un trasporto d'aria tra 80 e 210 m³/h e la loro potenza di ventilazione è compresa tra 0,3 e 0,45 Watt/m³ d'aria trasportata, possono essere inoltre collegati anche ad un collettore solare.



Gruppo monoblocco Aerex



Gruppo monoblocco Maico

TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

RECUPERATORI DI CALORE

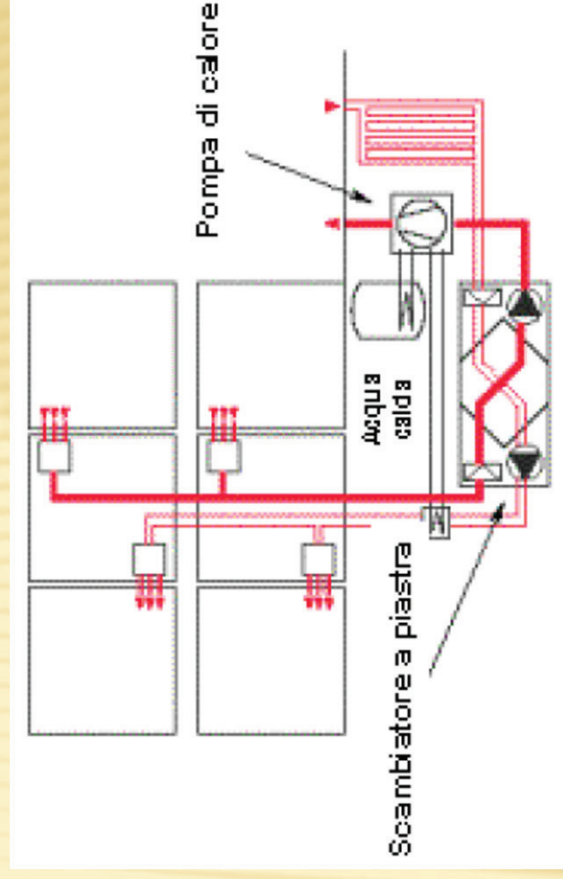
Recupero mediante una pompa di calore

Un'altra possibilità di recuperare calore dall'aria esausta la offre l'uso di una pompa di calore aria/aria.

In questo caso l'aria fresca viene aspirata direttamente (senza tubi o canali) dall'esterno e il calore recuperato dalla pompa utilizzato per riscaldare l'acqua sanitaria.

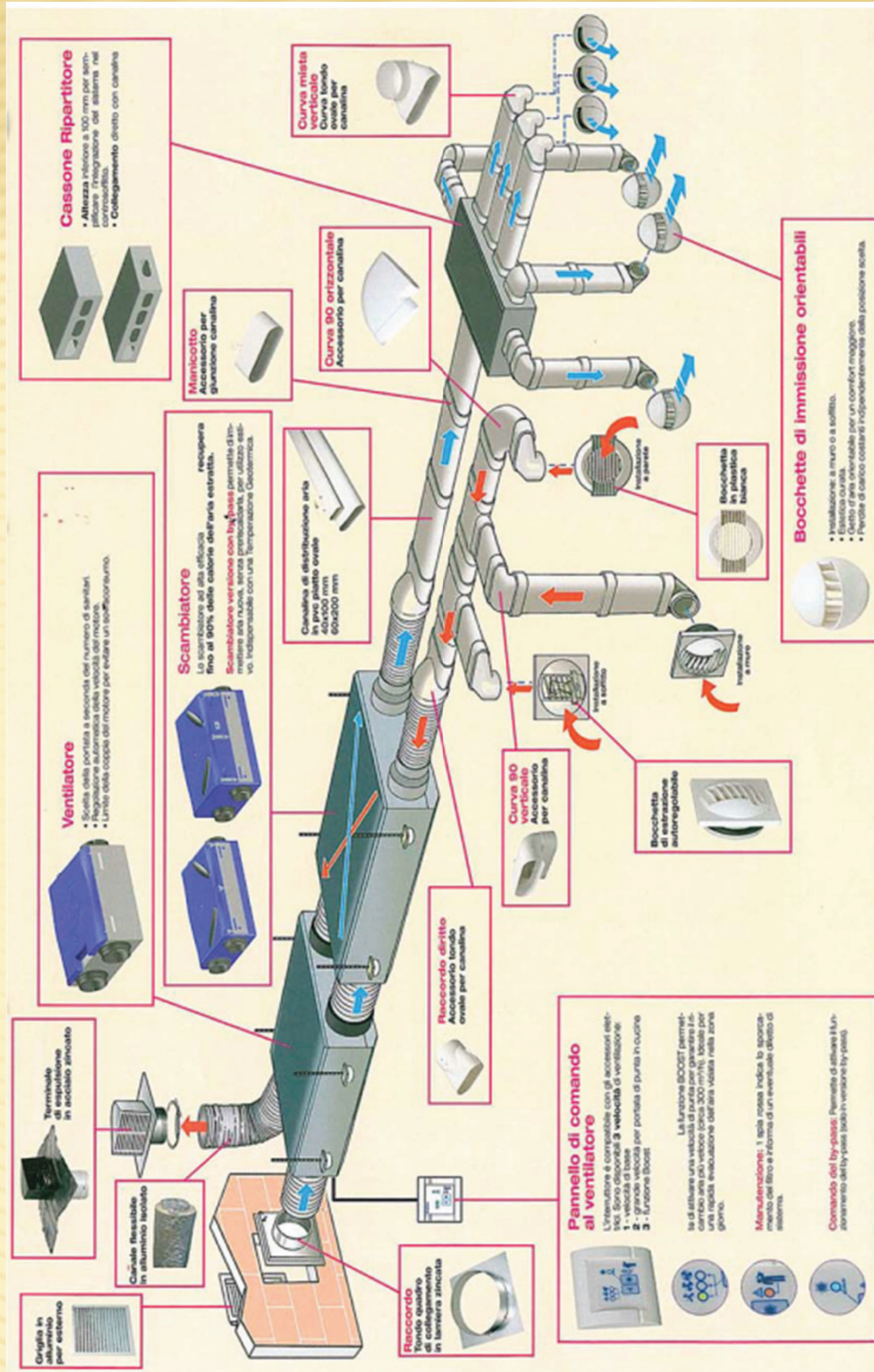
Il ventilatore e la pompa di calore possono essere integrati in un unico apparecchio. Spesso vengono anche integrati recuperatori a piastra per aumentare lo sfruttamento dell'aria esterna.

Il COP della pompa di calore dovrebbe essere decisamente maggiore di 3, cioè produrre 1.000 W energia termica da 300 W elettrica.



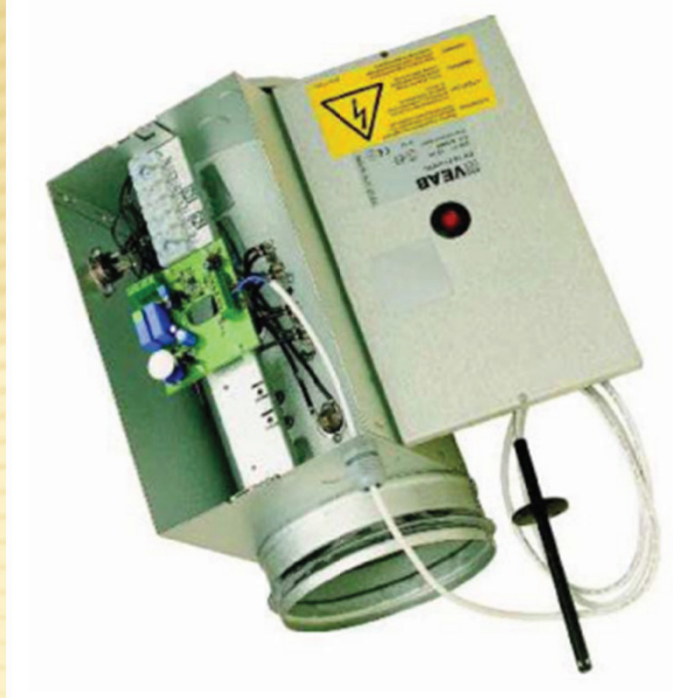
TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

SCHEMA COMPONENTI



TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

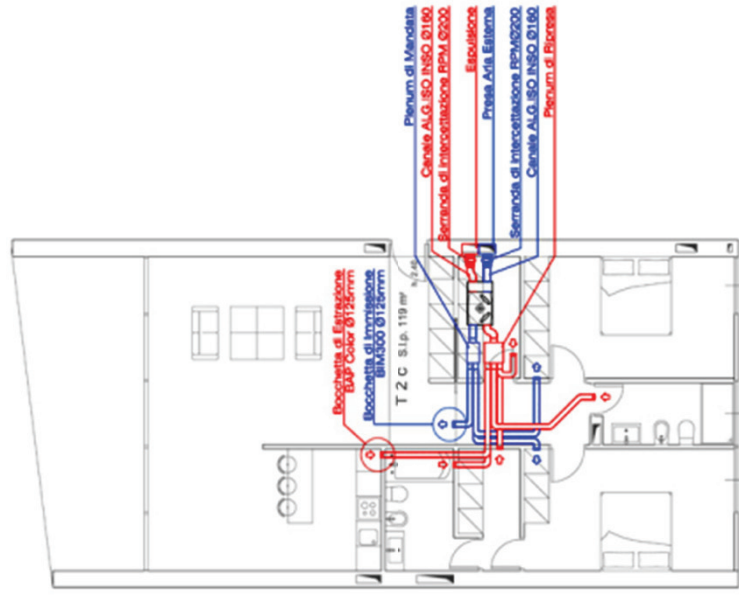
ACCESSORI



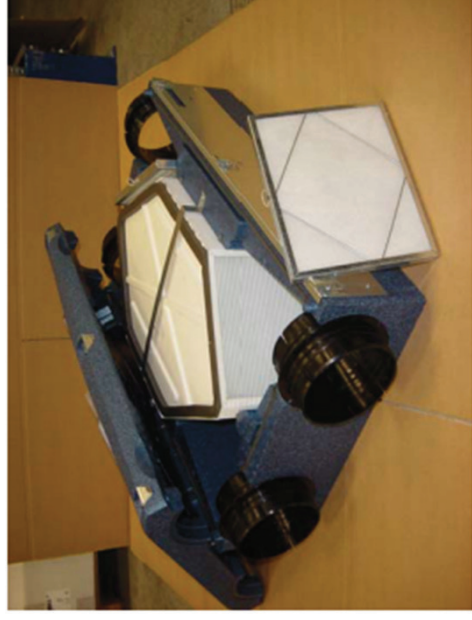
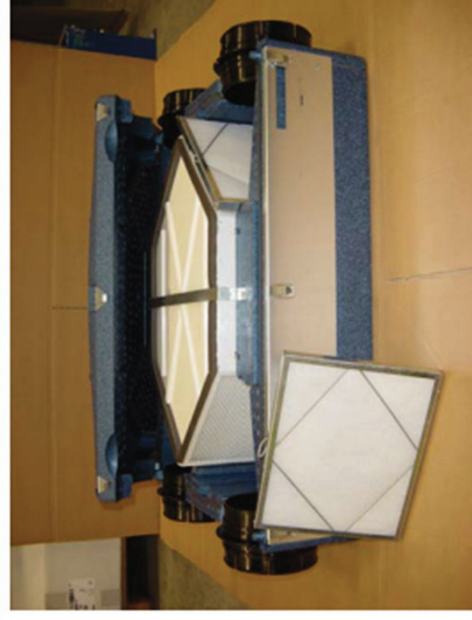
TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

ESEMPI DI UN PRODOTTO PRESENTE SUL MERCATO

PARTICOLARE DISTRIBUZIONE ALLOGGIO TIPO

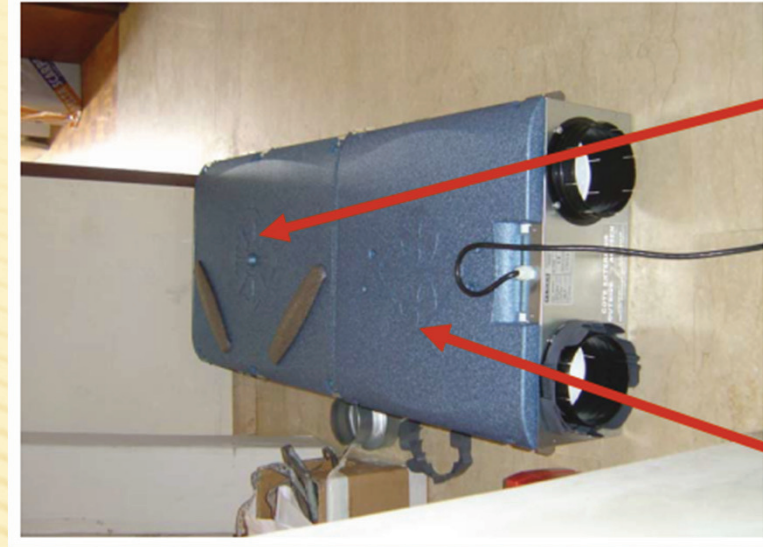


Tipologia 3 STANZE



TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

ESEMPIO DI INSTALLAZIONE IN UNA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA



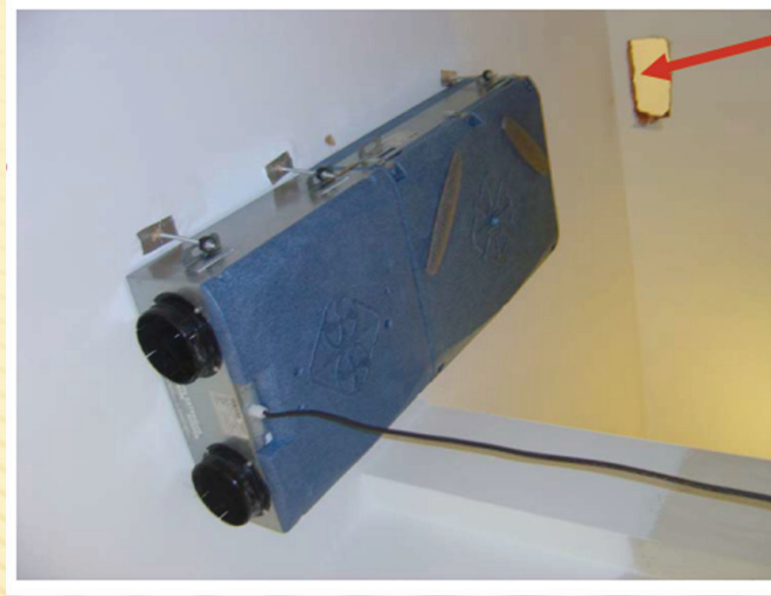
Unità ventilante e recuperatore di calore predisposti per il successivo fissaggio.



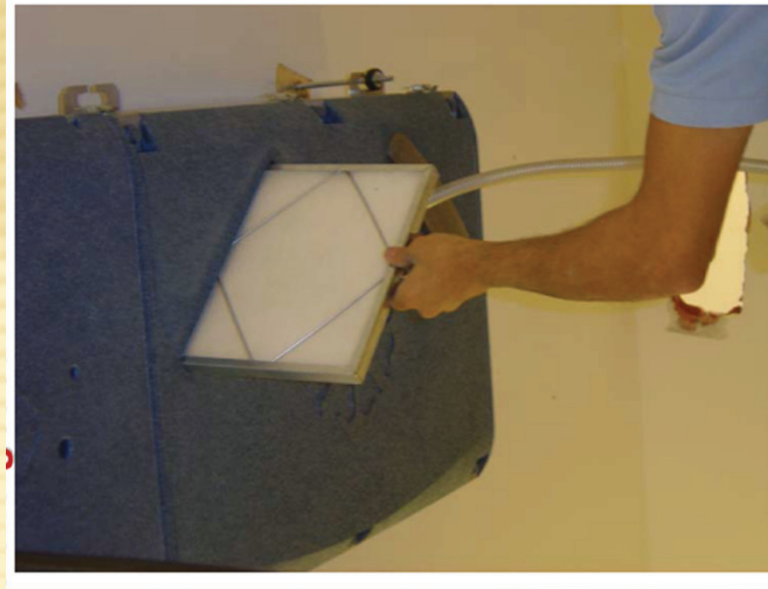
Fase di montaggio dei dispositivi a soffitto (che saranno nascosti da un soffitto in cartongesso).

TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

ESEMPIO DI INSTALLAZIONE IN UNA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA



Dispositivi montati a soffitto e realizzazione di asola per il passaggio dei canali



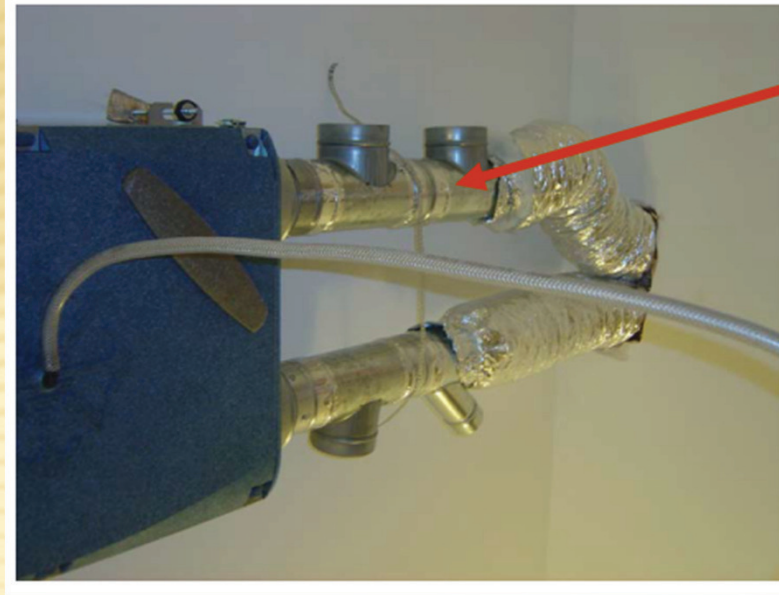
Esempio di operazione di pulizia dei filtri

TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

ESEMPIO DI INSTALLAZIONE IN UNA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA



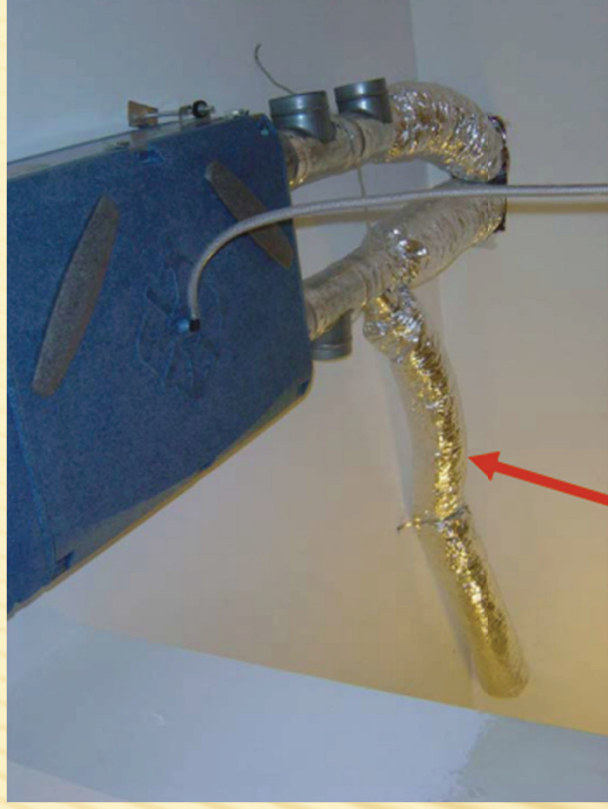
Vista dello scarico condensa.



Parziale installazione della rete
aeraulica

TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

ESEMPIO DI INSTALLAZIONE IN UNA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA



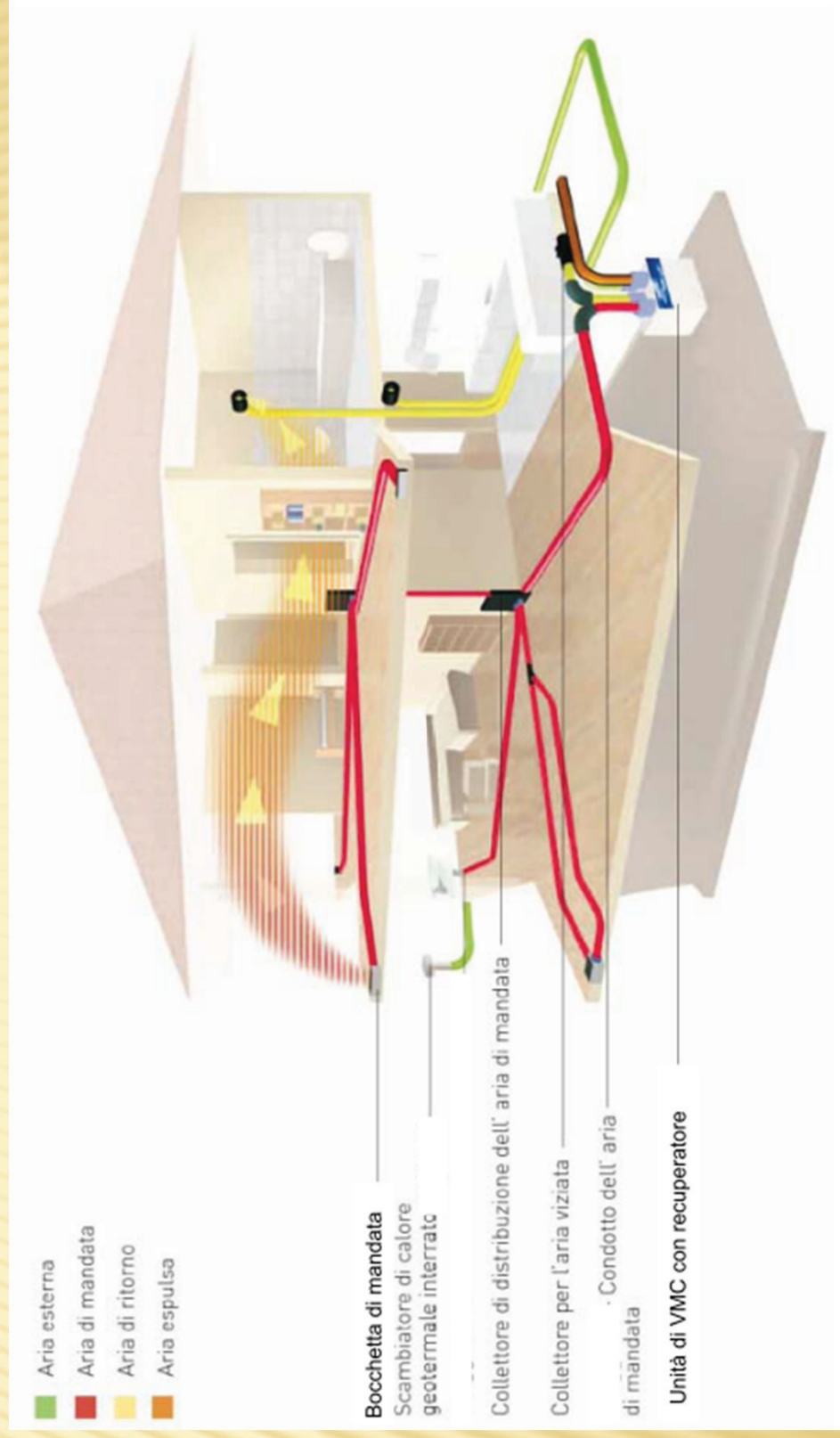
**Parziale installazione
della rete aeraulica**



**Realizzazione della
presa d'aria esterna**

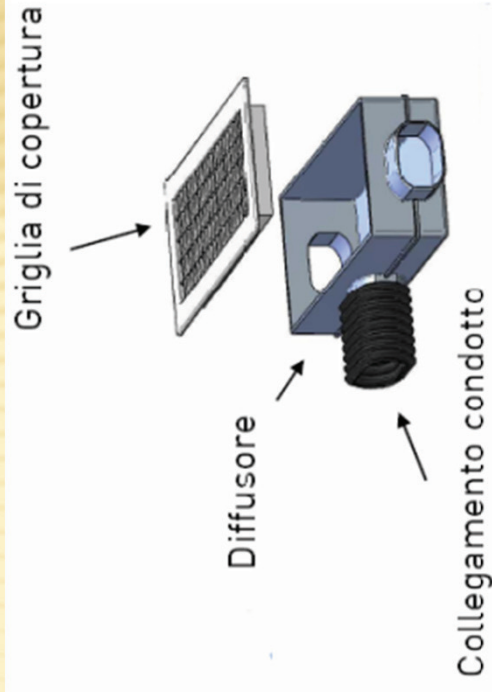
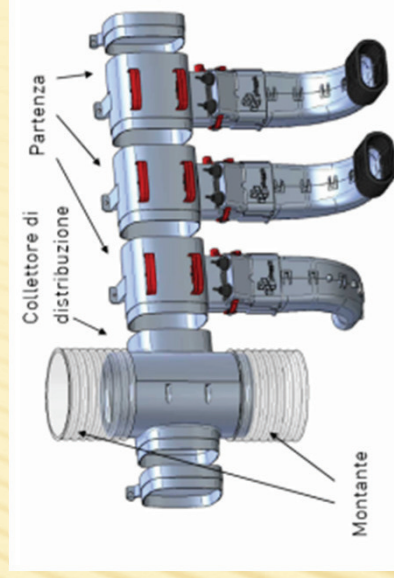
TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

ESEMPIO DI INSTALLAZIONE CON DISTRIBUZIONE A PAVIMENTO



TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

ESEMPIO DI INSTALLAZIONE CON DISTRIBUZIONE A PAVIMENTO



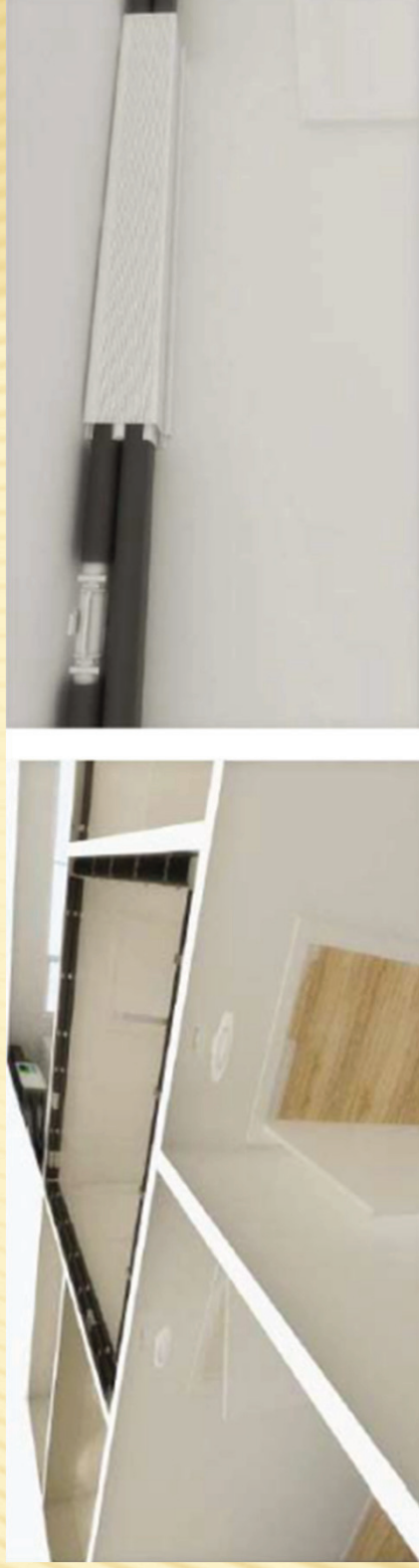
TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

ESEMPIO DI IMPIANTO IN EDIFICIO GIA' ABITATO



TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

ESEMPIO DI IMPIANTO IN EDIFICIO GIA' ABITATO



Il collettore di distribuzione è un ANELLO:

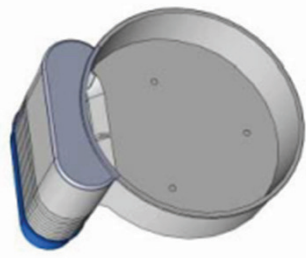
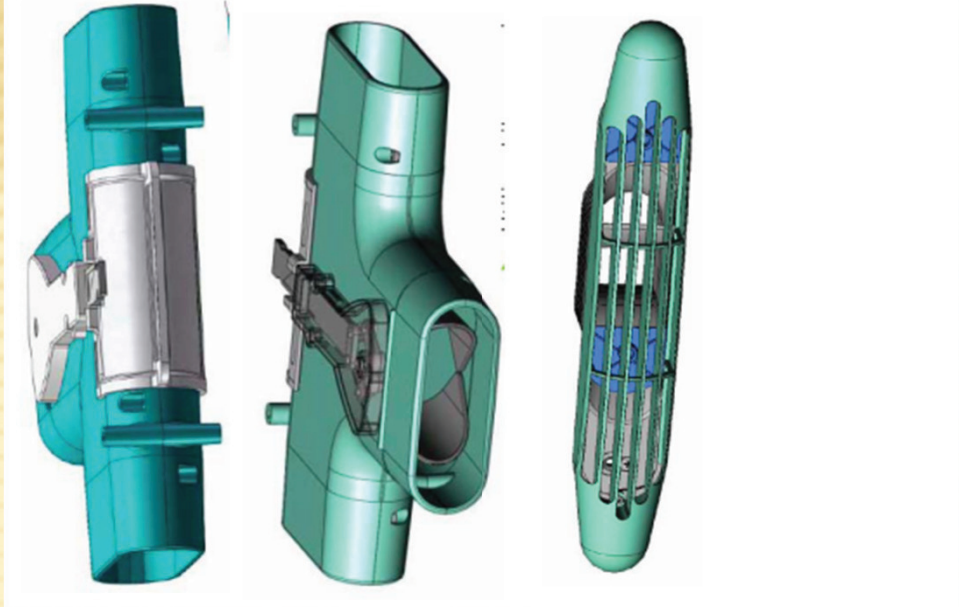
- 2 vie/direzioni di flusso per collettore di distribuzione/diffusore di mandata
- Flessibilità nel posizionamento degli elementi del collettore di distribuzione a T vicino al diffusore di mandata

Disponibile anche soluzione "sandwich" per condotti aria di mandata e aria viziata estratta.

Sistema di rivestimento: condotti sempre accessibili, facili da pulire

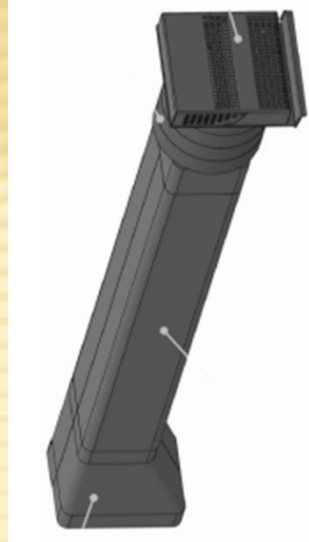
TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

ESEMPIO DI IMPIANTO IN EDIFICIO GIA' ABITATO



TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

ESEMPIO DI IMPIANTO IN EDIFICIO GIA' ABITATO

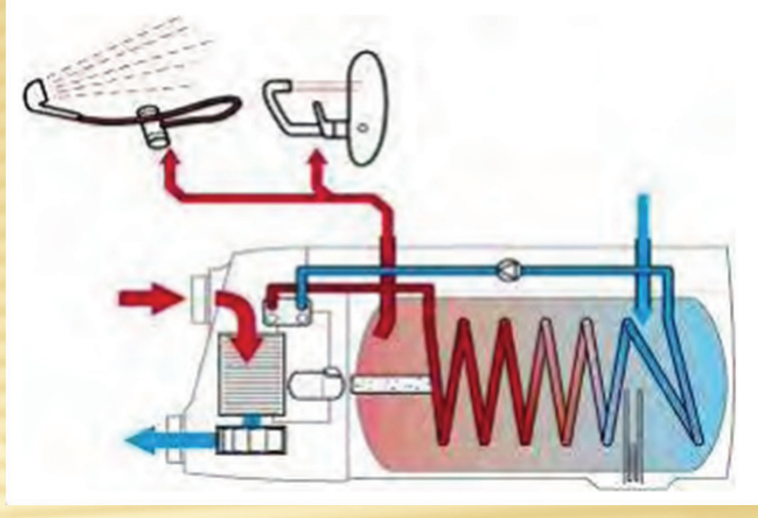


TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

SISTEMA VMC CON PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA

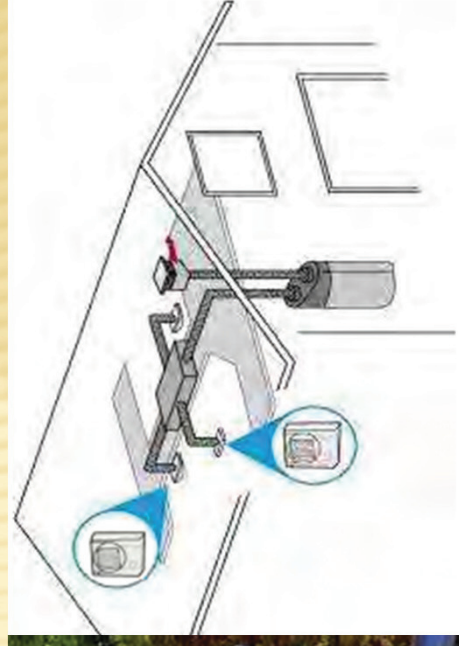
Come funziona ?

- VMC integrata: estrazione dell'aria viziata dai bagni
- Il Sistema termodinamico sfrutta l'energia dell'aria esausta dell'impianto VMC per scaldare l'acqua sino a 50°C contenuta nel serbatoio che verrà sfruttata per l'ACS.
- Il compressore adatta la potenza in funzione della portata d'aria e dell'energia disponibile per ottenere il migliore COP.



TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

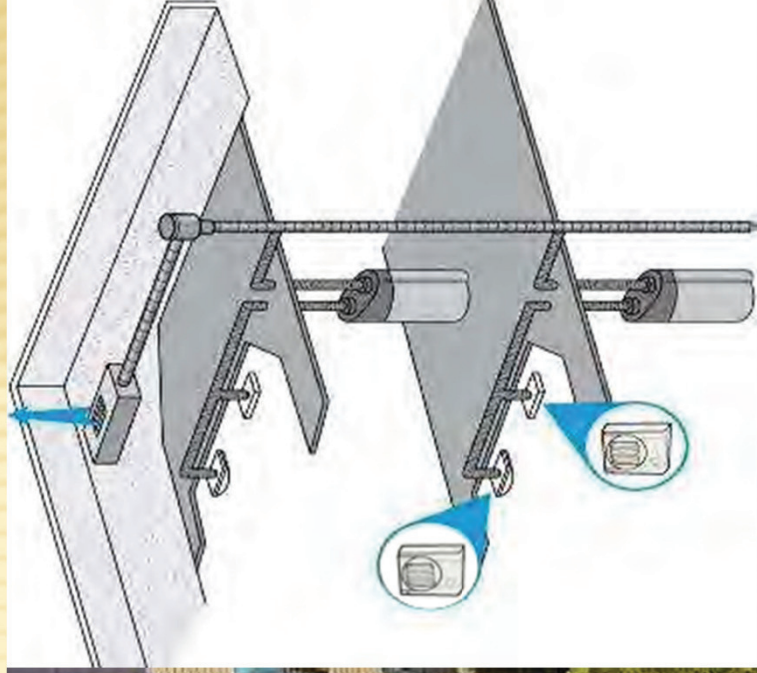
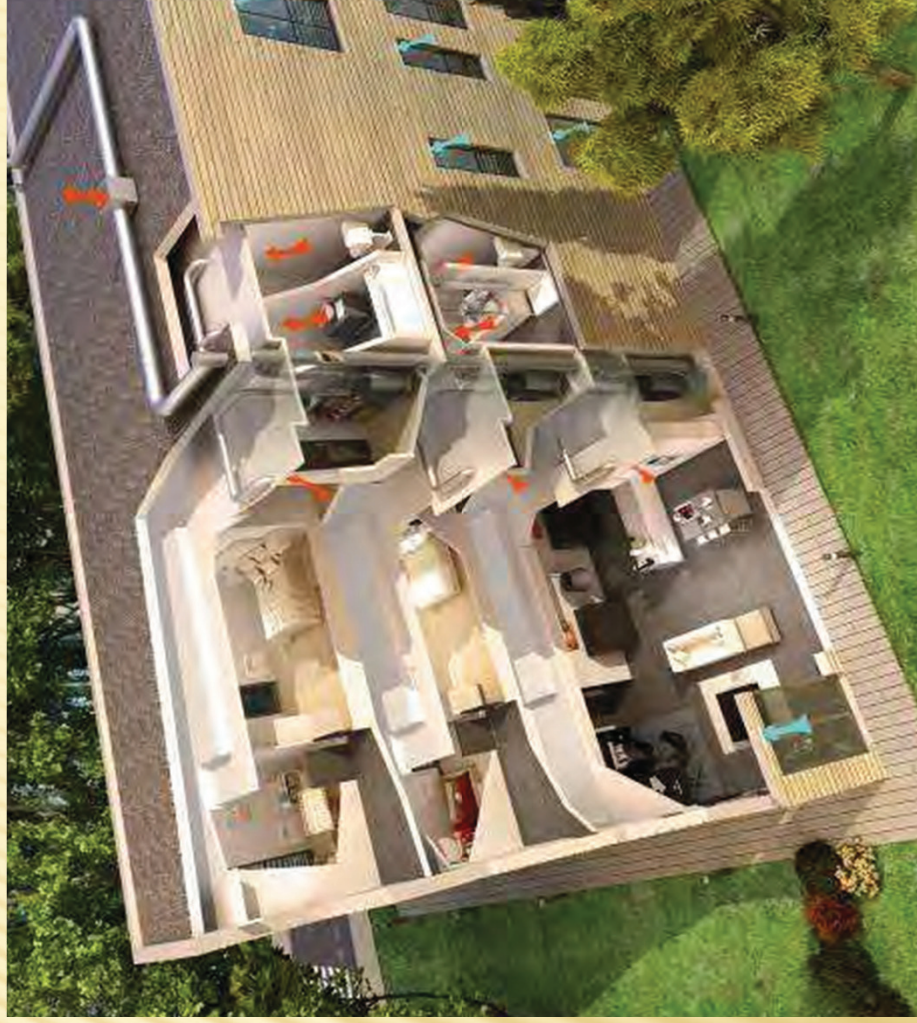
SISTEMA VMC CON PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA



Abitazioni individuali

TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

SISTEMA VMC CON PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA



Abitazioni condominiali

TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

SISTEMA VMC CON PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA

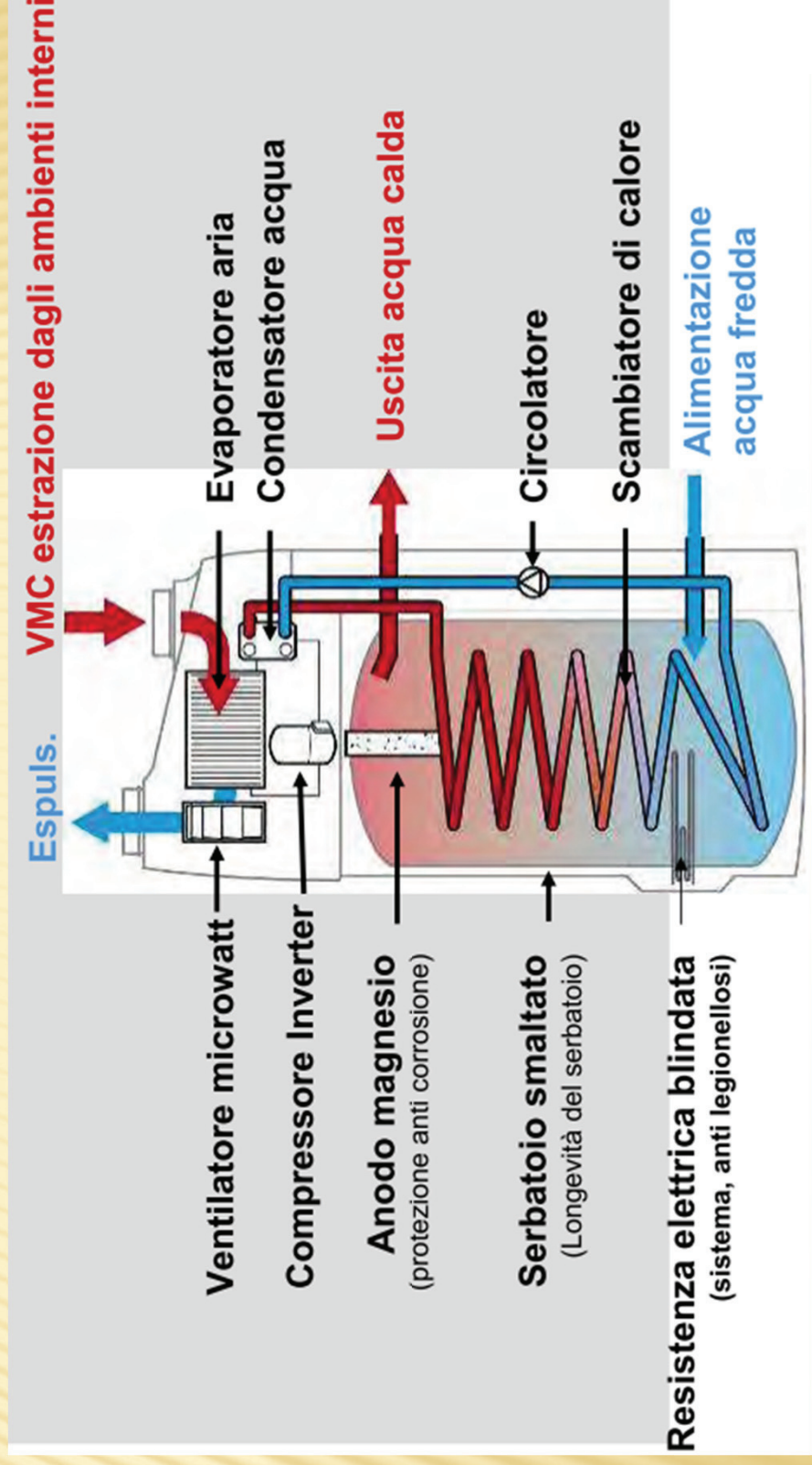
Confort ed utilizzo

- Produzione d'acqua calda sanitaria ad una temperatura fino a 55°C
- Serbatoio da 200 litri
- Produzione continua d'acqua calda, adattabile alla tariffa oraria
- Resistenza elettrica solo ad integrazione
- Trattamento anti legionellosi per incremento periodico di temperatura > 60°C grazie alla resistenza elettrica.

TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

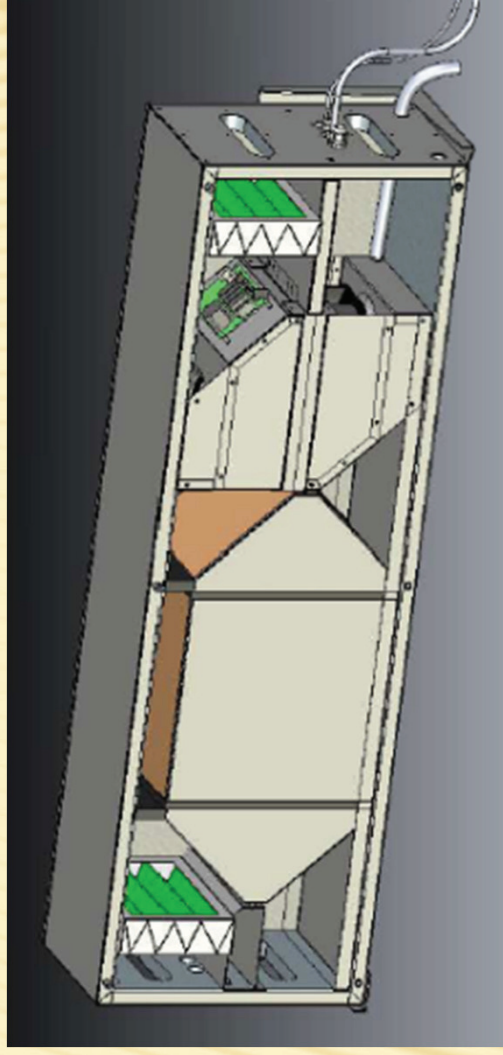
SISTEMA VMC CON PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA

Circuito termodinamico in pompa di calore per la produzione di acqua calda sanitaria



TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

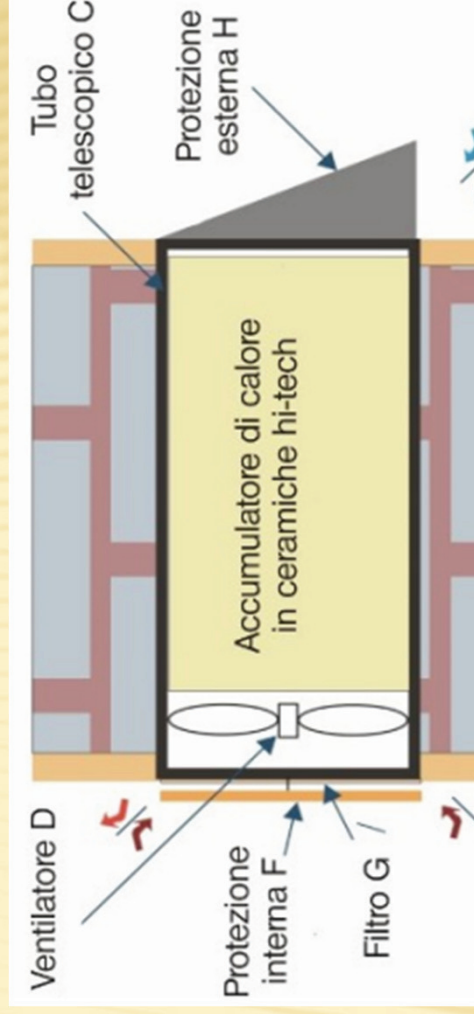
ESEMPIO DI IMPIANTO IN EDIFICIO GIA' ABITATO



- Compatto e poco ingombrante: (L x H x P) = 1140 x 360 x 240 mm; peso: 30 kg
- Flessibile: in caso di necessità possibilità di spostare facilmente il collegamento da destra a sinistra
- Portata impostabile (livello 2): 100 m³/h (con 100 Pa)
- Grado di recupero calore fino al 90%
- Regolazione del numero di giri: 3 livelli
- Ventilatori a corrente continua di ultima generazione (curvati all'indietro)
- Funzionamento continuo: circa 40 watt (100m³/h, 100 Pa)
- Classe filtro: G4
- Vaschetta della condensa su tutta la larghezza, evacuazione condensa laterale

TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

UNITA' COMPATTE: SINGLE ROOM UNITS



- Portata del flusso d'aria 13 m³/h ÷ 39 m³/h
- Recupero termico 91% ÷ 88%
- Livello di rumore 19 dB[A]ad 1m ÷ 22 dB[A]ad 1m
- Consumo energia elettrica 2W ÷ 6W
- Scambiatore di calore: Accumulatore di calore in ceramiche High-Tech Voltaggio 7-15 V in corrente continua (trasformatore incluso nella centralina elettrica)
- Dimensioni Tubo telescopico: da 25 a 46 cm
- Coperchio interno: d= 29 cm
- Coperchio esterno: (29Hx28B) cm
- Montaggio: Da montare orizzontalmente nei muri perimetrali.
- Apertura nel muro: Ø22 cm ÷ (27Hx15B) cm

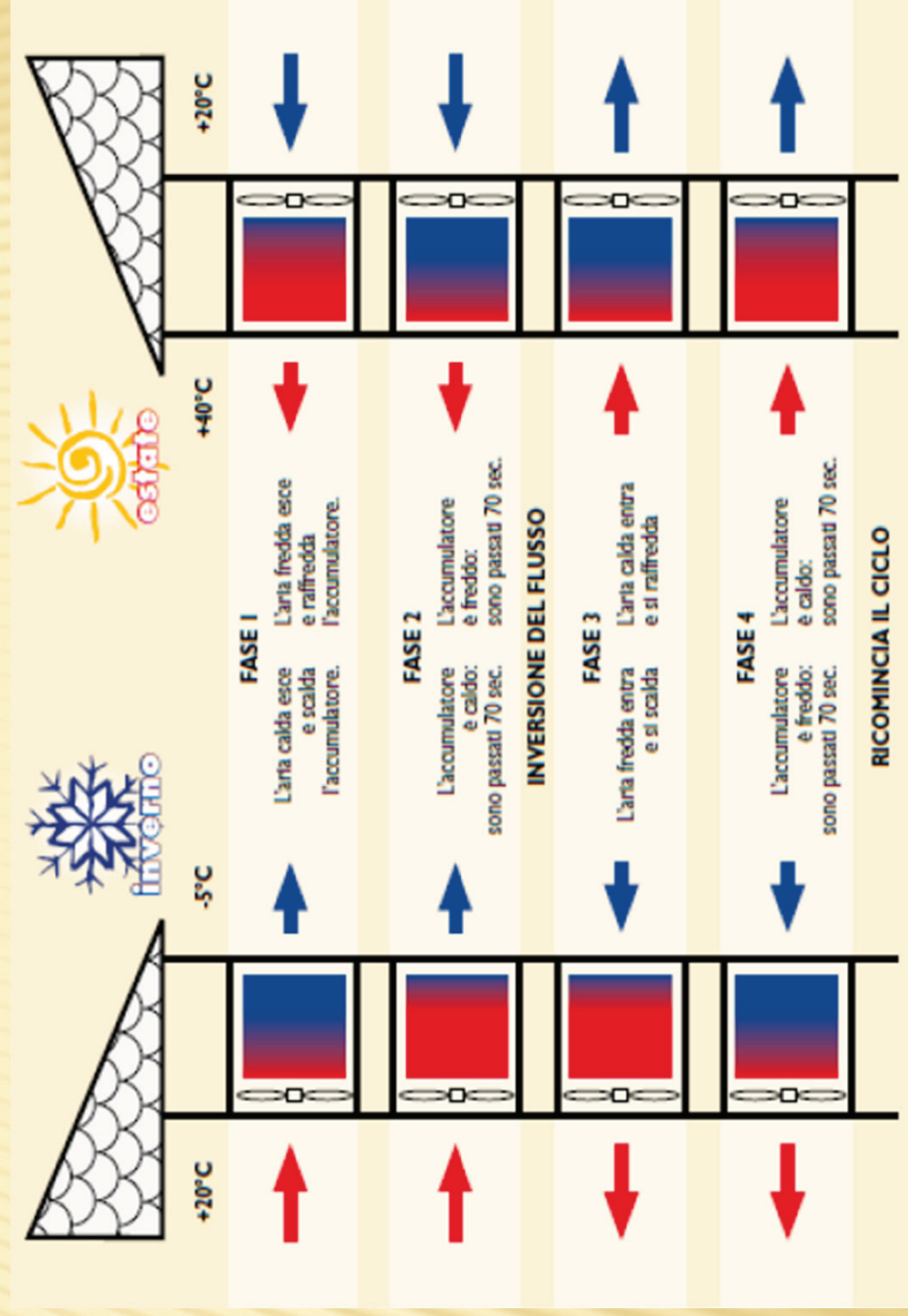
TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

UNITA' COMPATTE: SINGLE ROOM UNITS



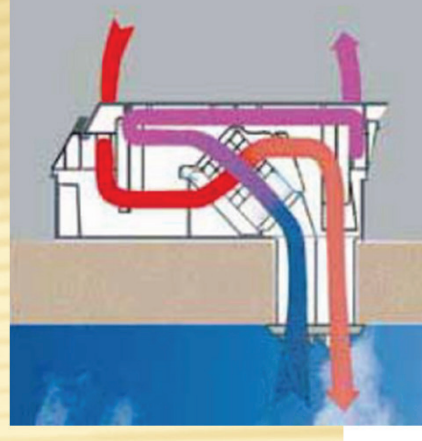
TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

UNITA' COMPATTE: SINGLE ROOM UNITS

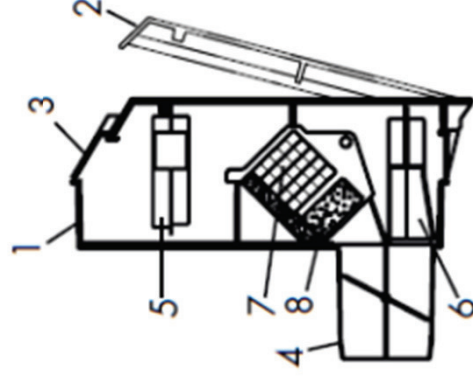


TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

UNITA' COMPATTE: SINGLE ROOM UNITS



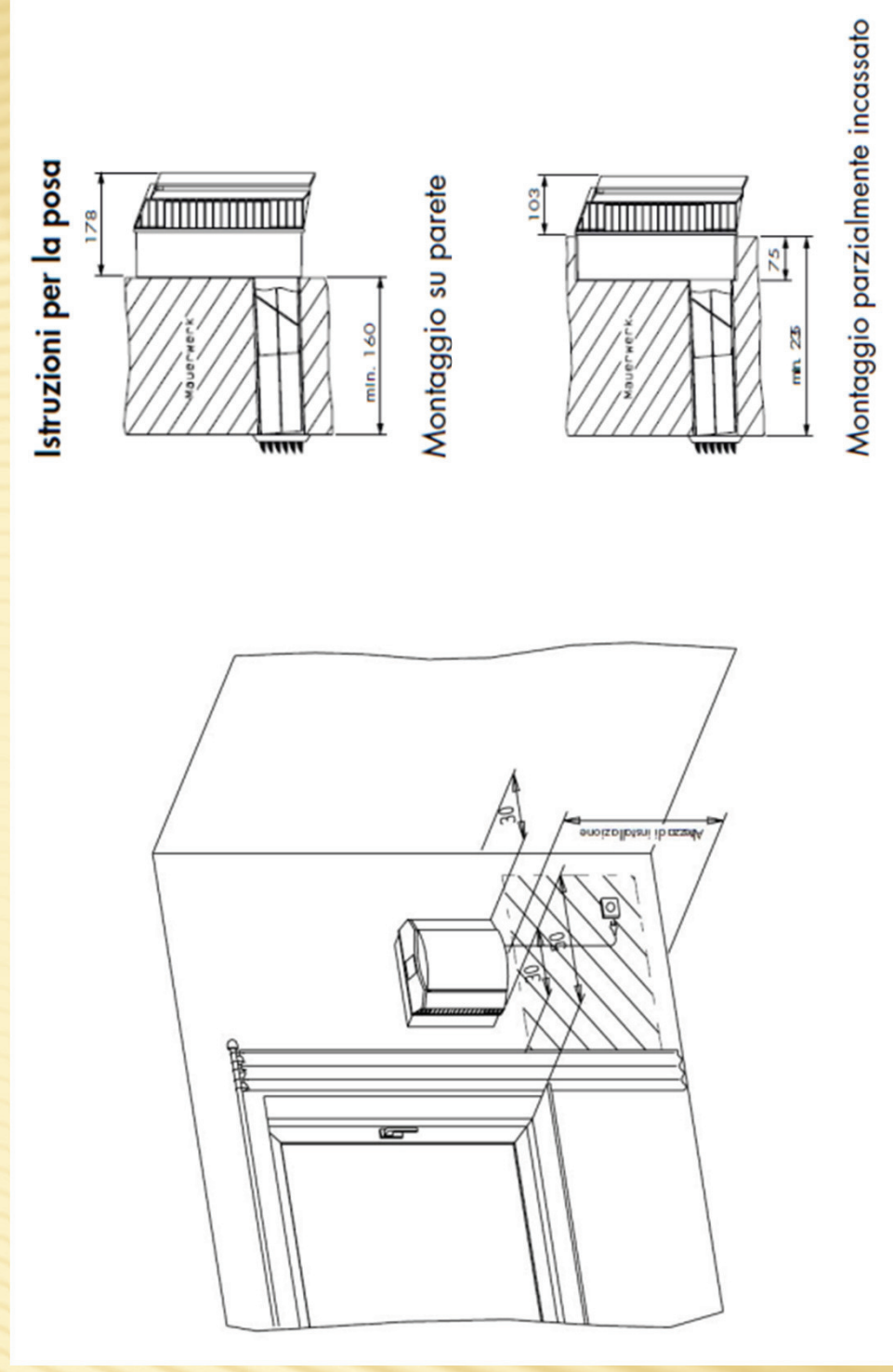
Sezione laterale



- 1: Telaio esterno
- 2: Coperchio frontale
- 3: Pannello di servizio con interruttore
- 4: Tubo a due vie con coperchio di chiusura
- 5: Unità ventola per immissione aria
- 6: Unità ventola per emissione aria
- 7: Griglia radiante per lo scambio di calore
- 8: Filtro

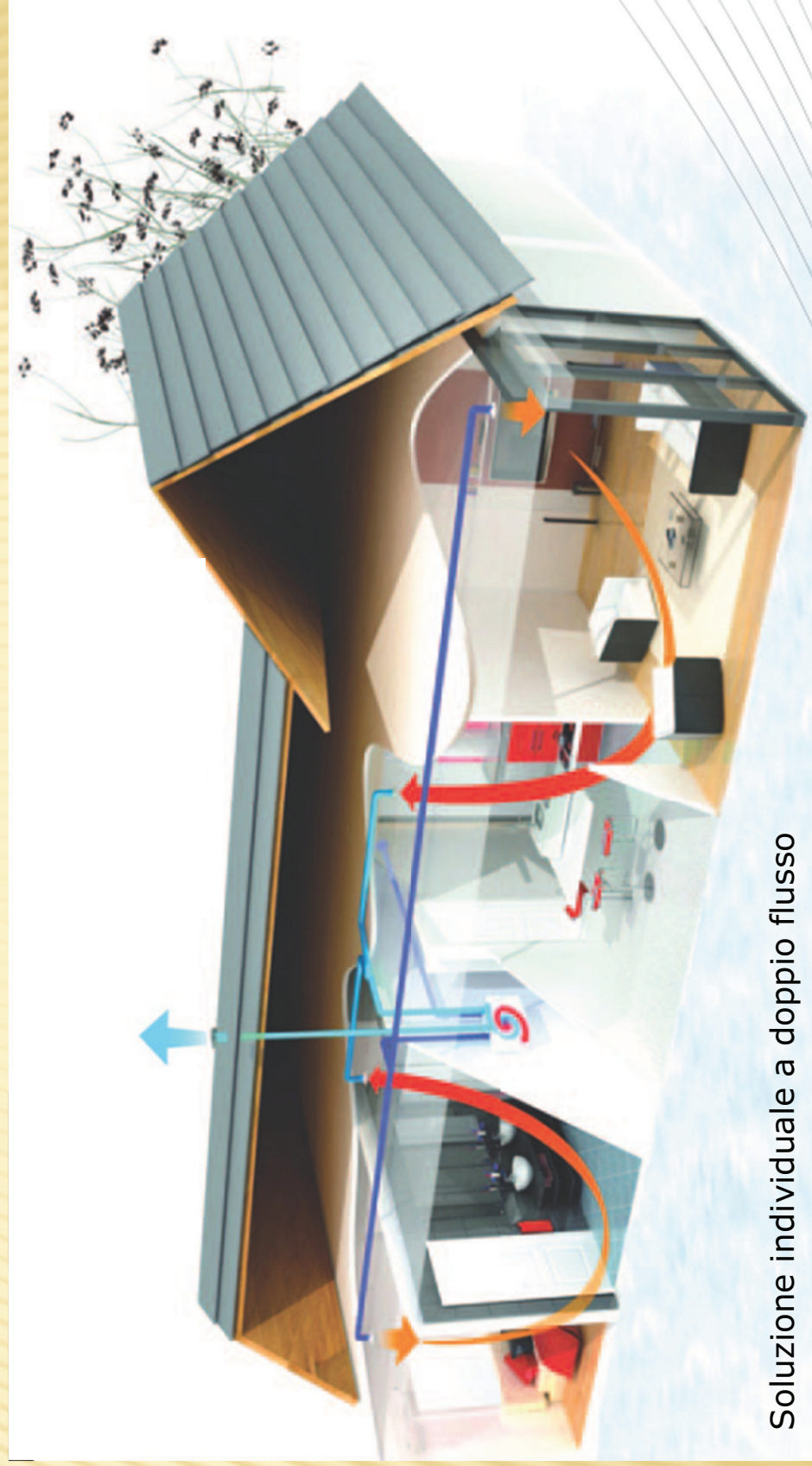
TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

UNITA' COMPATTE: SINGLE ROOM UNITS



TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

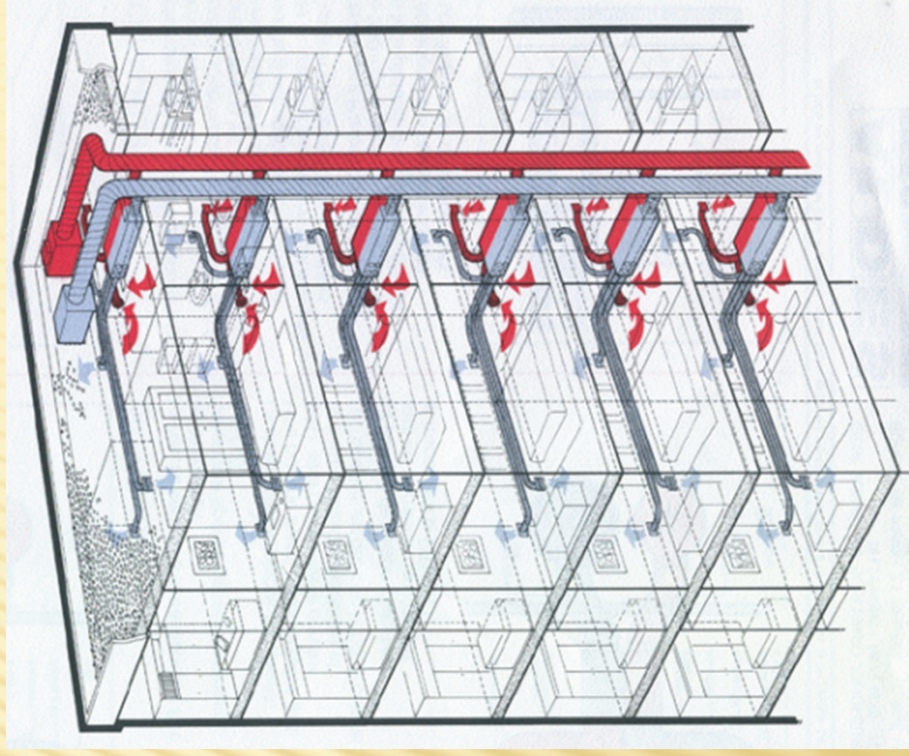
SISTEMA A DOPPIO FLUSSO PER ABITAZIONE INDIVIDUALE



Soluzione individuale a doppio flusso

TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

SISTEMA A DOPPIO FLUSSO PER ABITAZIONE COLLETTIVA

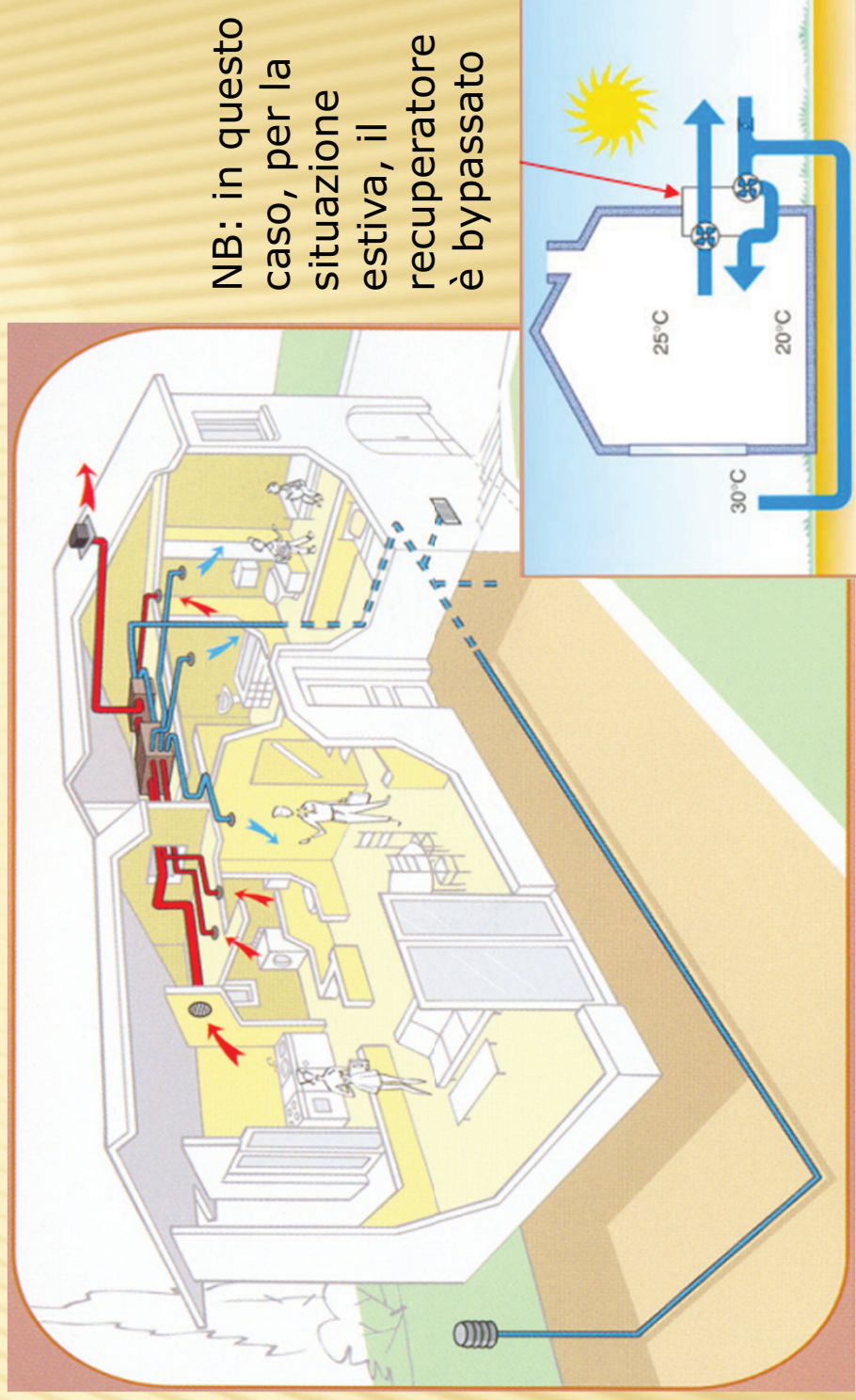


Questa installazione prevede:

- 1 – utilizzo di ventilatori centralizzati
- 2 – utilizzo di dispositivi di recupero di calore singoli (la configurazione è valida sia per recuperatori statici che termodinamici)

TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

VENTILAZIONE GEOTERMICA



TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

VENTILAZIONE GEOTERMICA

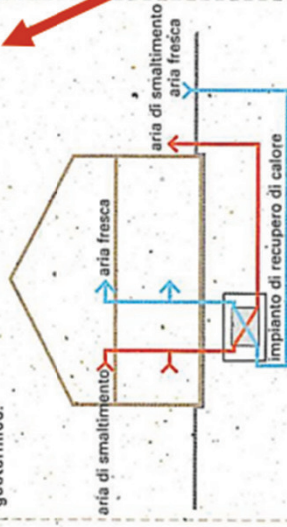
4 Ventilazione

Respirare è una funzione vitale come mangiare, bere e dormire. Per sentirsi bene bisogna respirare bene e pertanto ventilare i locali regolarmente: mediamente una persona necessita di circa 30 metri cubi di aria fresca all'ora. Con la ventilazione, l'aria fresca entra nei locali e contemporaneamente l'aria viziata viene espulsa all'esterno. Negli edifici caratterizzati da un buon isolamento e pertanto da uno scarso ricambio naturale dell'aria, bisogna prestare massima attenzione alla ventilazione. Durante i mesi invernali l'aria deve essere preventivamente riscaldata prima di essere immessa nei locali. Naturalmente questo fabbisogno energetico rappresenta un costo aggiuntivo, spesso rilevante, per il proprietario dell'immobile.

L'alternativa alla ventilazione naturale è rappresentata dalla ventilazione controllata. Con la ventilazione controllata si garantisce una buona qualità dell'aria con costi energetici ridotti: in tal modo si evita di aprire le finestre dei locali se non nel caso di ambienti molto umidi (bagni, cucine). Con una ventilazione controllata costantemente in funzione nell'arco della giornata, si riduce altresì la presenza di sostanze nocive negli ambienti di vita. L'aria prelevata dall'esterno, prima di essere immessa nell'edificio, viene inviata ad appositi filtri che provvedono alla sua preventiva depurazione. Una ventilazione controllata è particolarmente indicata per i soggetti affetti da allergie; in tal modo si garantiscono ambienti privi di pollini.

Impianto geotermico

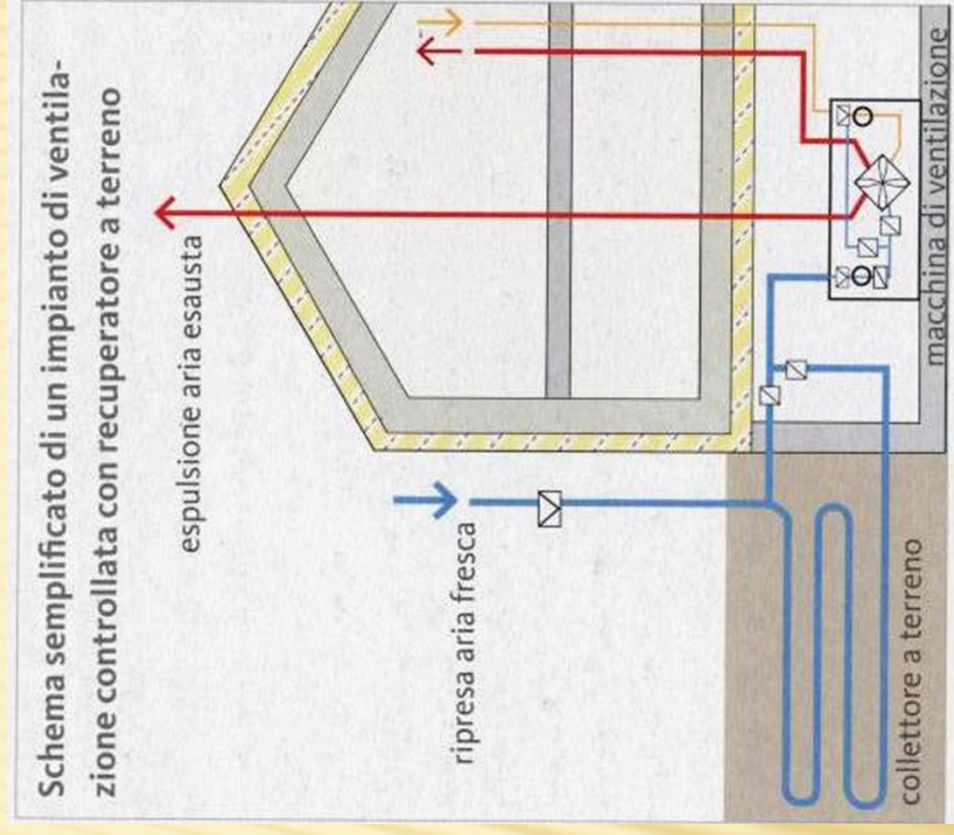
La ventilazione controllata viene combinata spesso con un impianto geotermico. L'impianto geotermico sfrutta il calore del terreno e migliora di conseguenza il bilancio energetico dell'edificio. Il risparmio energetico annuo che ne deriva oscilla, a seconda della tipologia impiantistica, tra 0,5 e 1,5 kWh per metro quadrato di superficie riscaldata. Normalmente in una CasaClima la ventilazione controllata viene abbinata quasi sempre ad un impianto geotermico.



Materiale tratto da un fascicolo divulgativo pubblicato da "CasaClima" distribuito in occasione di fiere.

TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

VENTILAZIONE GEOTERMICA



TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

VENTILAZIONE GEOTERMICA



Tubo in materiale plastico corrugato esternamente e liscio all'interno, adatto per collettori nel terreno



Recuperatore geotermico in una casa monofamiliare



Canali di aspirazione dell'aria esterna



Recuperatore geotermico in un'applicazione condominiale

TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

VENTILAZIONE GEOTERMICA

Trattazione sulla ventilazione
geotermica sulla rivista Casa&Clima

Il pozzo canadese, ossia come ottenere aria temperata dalla terra

DEFINITO ANCHE POZZO PROVENZALE, O SCAMBIATORE ARIA-SUOLO, OFFRE ARIA TEMPERATA D'ESTATE, COME IN INVERNO, BASANDOSI SU UNA TECNICA GIÀ NOTA IN PASSATO

di Alessandro Casati

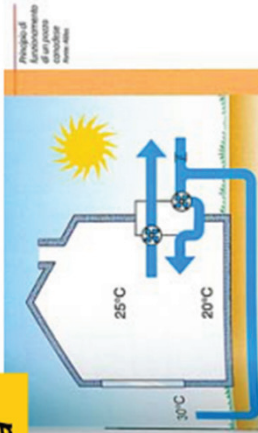
Il pozzo canadese, detto anche provenzale, è un condotto d'aria sotterraneo che utilizza la temperatura relativamente costante del suolo per riscaldare o raffreddare l'aria prima dell'ingresso nell'abitazione, offrendo così un apporto termico al sistema di climatizzazione domestico. È un sistema di superficie, poiché le sonde non scendono in profondità nel terreno e – a differenza dei sistemi geotermici ad acqua – utilizza l'aria come vettore termico.

TEMPERATURA COSTANTE

Il principio è semplice: far passare sotto terra l'aria esterna attraverso il maggior numero possibile di tubi (a seconda del volume e della portata richiesta) i quali si scaldano a partire da un unico condotto posto all'esterno, per poi fluire in un collettore posto all'interno dell'edificio. Questa tecnica sfrutta il principio secondo il quale la temperatura del sottosuolo, a diverse profondità, subisce una variazione molto più debole che in superficie.

che, rimanendo attorno ai 15°C. Nel sottosuolo, infatti, gli sbalzi di temperatura sono deboli: nel passaggio da una stagione all'altra, nulli tra il giorno e la notte, e non sono legati alle condizioni meteorologiche giornaliere. Più si scende nel suolo, più le temperature si avvicinano alla media annuale in superficie. Già a partire da una trentina di centimetri di profondità, la temperatura del suolo non varia nel passaggio dal giorno alla notte. A 2,5 metri di profondità, l'oscillazione termica annuale è ridotta della metà. E a 7 metri, la temperatura è stabile tutto l'anno.

Questo inverte il ruolo dei sottosuoli, che riscalda l'aria in inverno e la raffredda in estate, è conosciuta da millenni. Lo dimostrano, nei paesi del Medio Oriente e in Iran, le torri a vento. Grandi camini, orientati al vento, captano l'aria che, passando attraverso una canalizzazione sotterranea, va a raffreddare la casa. Nei paesi nordici, i contatti, (teleriscaldamento e preriscaldamento) che entra, durante la



Intervista, indagato dalla Studio di architettura e ingegneria, il pozzo canadese è un sistema di ventilazione geotermica a doppio flusso. È un sistema di superficie, poiché le sonde non scendono in profondità nel terreno e – a differenza dei sistemi geotermici ad acqua – utilizza l'aria come vettore termico.

Oggi questo impianto si è considerevolmente evoluto, grazie al miglioramento dei materiali e a numerosi studi condotti da imprese private ed enti pubblici.

PROGETTAZIONE E COSTRUZIONE DEL POZZO

Il pozzo provenzale può essere installato durante la costruzione dell'edificio, oppure in una fase successiva. Nel caso di una nuova costruzione conviene utilizzare gli scavi di fondazione (pneum, elettrico, ecc.) per collocare le tubazioni sotto terra, limitando così le spese. Nel caso, invece, di una ristrutturazione, la perforazione dello scavo può rivelarsi troppo onerosa se la natura del terreno è difficile. Chi sceglie il pozzo può installare direttamente il pozzo, ma è sempre raccomandabile affidarsi a un professionista. In ogni caso, prima dell'installazione, è neces-

COSTI E BENEFICI
L'aspetto più interessante di un pozzo provenzale è il suo costo. Il pozzo canadese, infatti, è un sistema di ventilazione geotermica a doppio flusso, che viene realizzato in un unico condotto posto all'esterno, per poi fluire in un collettore posto all'interno dell'edificio. Questo sistema sfrutta il principio secondo il quale la temperatura del sottosuolo, a diverse profondità, subisce una variazione molto più debole che in superficie. Il pozzo canadese, detto anche provenzale, è un condotto d'aria sotterraneo che utilizza la temperatura relativamente costante del suolo per riscaldare o raffreddare l'aria prima dell'ingresso nell'abitazione, offrendo così un apporto termico al sistema di climatizzazione domestico. È un sistema di superficie, poiché le sonde non scendono in profondità nel terreno e – a differenza dei sistemi geotermici ad acqua – utilizza l'aria come vettore termico.

stato effettuare uno studio termico preliminare che occorre valutare diversi parametri: volume degli ambienti, natura dei materiali, ventilazione ecc.

La spesa per il pozzo deve essere calcolata in base al volume dell'edificio. Il pozzo canadese, infatti, è un sistema di ventilazione geotermica a doppio flusso, che viene realizzato in un unico condotto posto all'esterno, per poi fluire in un collettore posto all'interno dell'edificio.



TECNOLOGIE PER LA VMC - SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

VENTILAZIONE GEOTERMICA



Presa delle condotte nel terreno

Bisogna considerare che, se il suolo è sabbioso, lo scambio termico tra il terreno e l'aria sarà minimo. Al contrario, un suolo roccioso offre buone prestazioni. Tuttavia, in questo caso il costo dello scavo diventa proibitivo in rapporto ai rendimenti attesi.

Se un solo tubo non è sufficiente, è più vantaggioso, piuttosto che raddoppiare con una diversa presa d'aria. Inoltre, se il terreno non ha una lunghezza di almeno 25-30 metri, i tubi possono essere collocati a zigzag, ma devono necessariamente sempre una distanza di almeno 0,80 metri.

Il tubo può essere costituito da diversi materiali: PVC (il meno caro), polietilene, calcocristallo/termoisolante (preferibile per diametri superiori a 300 millimetri, ma può ermetizzare i nodi), tarocata, quest'ultima adatta nelle regioni con emissioni deboli di radon o dove i periodi di gelo sono più intensi.

Un sistema di ventilazione geotermica per la distribuzione dell'aria negli ambienti



Luce di spezzone del sistema



PRESA D'ARIA

La bocchetta di adduzione dell'aria va trovata a una distanza minima di 1,50 metri dalla casa e, ovviamente, non deve essere collocata in mezzo a vegetazione. Inoltre, per evitare di portare della polvere, deve essere posta a una altezza minima di 1,20 metri. Il suolo è dotato di una griglia per impedire l'ingresso di radici, insetti e altri animali. È possibile anche installare il peritubo per migliorare la qualità dell'aria. Per quanto concerne i materiali, è meglio ricorrere a quelli poco emissivi come l'alluminio o la latta.

TUBI E CONDOTTE

Il diametro dei tubi dovrebbe essere di almeno 200 millimetri. Con un diametro inferiore la circolazione dell'aria e lo scambio termico potrebbero essere insufficienti. In media si utilizzano da 25 a 40 metri di tubo per evitare perdite di carico. Se il tubo è più spesso, richiede troppa energia al ventila-



Presa dei tubi nel terreno: per ridurre problemi di condensa occorre prevedere una leggera inclinazione

molto presente nei sottilissimi granuli e vulcanici, come pure in certi materiali da costruzione come il calcestruzzo. Se il pozzo provenziale non è totalmente a tenuta stagna, piccole quantità di radon possono entrare nell'abitazione ed accumularsi negli spazi chiusi. Per diminuirne la sua concentrazione, bisogna aereare e ventilare la casa, il sottopavimento e migliorare la tenuta dei rivestimenti, e infine, prima di costruire un pozzo provenziale, è bene informarsi sulla presenza di radon nella propria zona e, per precauzione, misurare la sua quantità su più settimane con l'aiuto di un dosimetro (costo da 20 a 40 euro), che sarà analizzato in un laboratorio.

Altri rischi legati al pozzo provenziale sono i batteri patogeni come la legionella. Se il pozzo è stato costantemente progettato, essi non si possono sviluppare. Al contrario, se la condensa all'interno del condotto non viene correttamente smaltita, possono formarsi dei ristagni che rendono il pozzo mal sano, fonte di malattie e di cattivi odori. Da qui l'importanza di prevedere una certa pendenza di scolo e un sifone.



Soluzione sottomano: il tubo deve essere installato in PVC con un diametro di almeno 200 millimetri



Condotta e bocchettone per la ventilazione geotermica interna, preventi della società francese Incoeur Thermoclima

specie nei cambi di stagione, si avvicina a quella di comfort (tra i 10 e i 25°C), il pozzo provenziale non risulta più necessario. In questo caso, un impianto di deviazione consente di interrompere l'afflusso d'aria.

PROBLEMI DI CONDENSA

Il sistema deve prevedere un sifone per evacuare la condensa che si forma nel pozzo. Specialmente in estate, infatti, l'aria che circola nel condotto insonato, rinfreddandosi, può produrre vapore d'acqua; nei periodi più caldi si può formare fino a un litro di acqua al giorno, che in breve tempo, rischia di interrompere il flusso d'aria. Per evitare questo rischio, i tubi vengono rivestiti con un argento variabile da 1,5 a 3 centimetri, in modo tale da far scorrere l'acqua verso il sifone. Quest'ultimo, se l'abitazione possiede una cantina, può essere installato all'esterno della casa, nel punto più basso del condotto. In assenza di una cantina, si può optare per un sistema di infiltrazione nel suolo mediante tubi, o installare una luce di spezzone nel punto più basso del pozzo, utile anche per la manutenzione e la sorveglianza dell'impianto.

ATTENZIONE AL RADON

Installare un pozzo provenziale può comportare alcuni rischi. Il più serio riguarda il radon, un gas radioattivo di origine naturale,

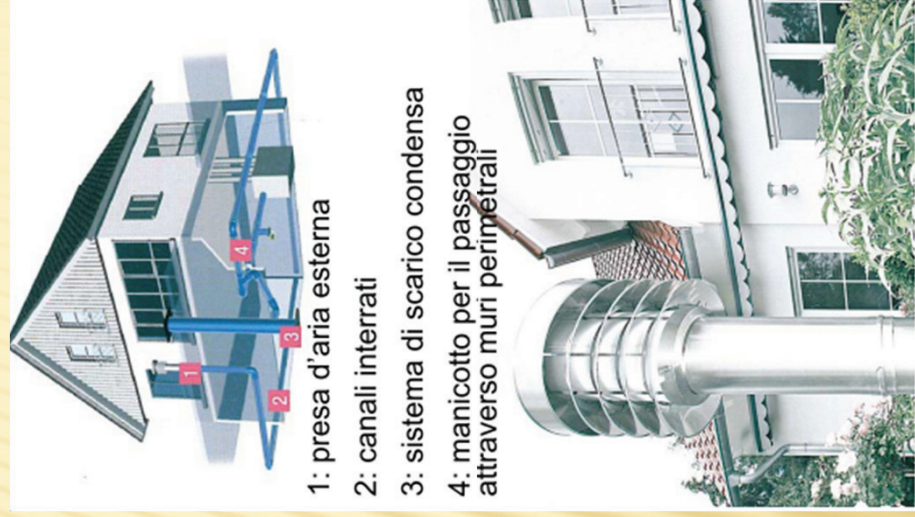
DISTRIBUZIONE DELL'ARIA NEGLI AMBIENTI

L'aria, attraverso i tubi, può passare per la cantina o per un vuoto sanitario. Può essere distribuita direttamente o addotta a un ripartitore che la distribuisce nelle diverse stanze. È buona norma che non vi siano, all'interno dell'edificio, altre prese d'aria (per esempio griglie di ventilazione sulle finestre), ma è comunque necessaria un'estrusione ben calcolata e ripartita in modo da ottimizzare il ricambio.

Il ventilatore è necessario per garantire la circolazione dell'aria nel sistema. Devono essere due tipi di apparecchi per supportare la perdita di carico del pozzo un VMC semplice, o a doppio flusso e un ventilatore corellaghi. Per ragioni acustiche, è preferibile che i ventilatori siano alloggiati in una scatola insonorizzata. I condotti di ventilazione devono essere sovradimensionati per consentire al pozzo di funzionare in modo regolare, e vanno isolati acusticamente o insonorizzati, secondo la zona di servizio. Si deve inoltre regolare la ventilazione in funzione della temperatura esterna e interna, poiché il pozzo provenziale non è concepito per funzionare in modo continuo. Quando la temperatura esterna,

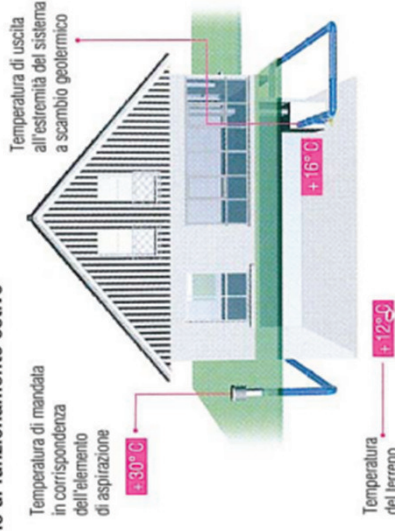
TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

VENTILAZIONE GEOTERMICA: SCHEMI TECNICI

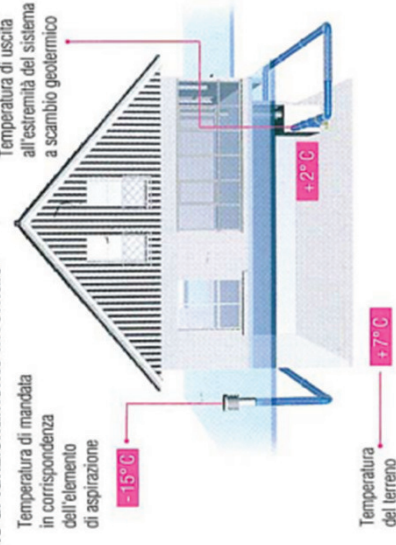


- 1: presa d'aria esterna
- 2: canali interrati
- 3: sistema di scarico condensa
- 4: manicotto per il passaggio attraverso muri perimetrali

Principio di funzionamento estivo



Principio di funzionamento invernale



SCAMBIATORE TERMICO ARIA-TERRA PER LA VENTILAZIONE CONTROLLATA

TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

VENTILAZIONE GEOTERMICA: PRESA ARIA ESTERNA

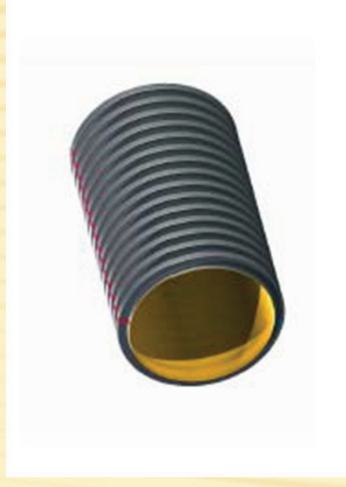


Vista del
filtro sulla
presa d'aria
esterna



TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

VENTILAZIONE GEOTERMICA: PARTICOLARI



TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

VENTILAZIONE GEOTERMICA: UNI EN 15241

Come è possibile valutare le prestazioni dei sistemi di ventilazione geotermica?

- *Leggere alcune linee guida tedesche relative alla Passive House;*
- *Applicare un metodo di calcolo riportato nell'appendice della norma di supporto all'EPBD, EN 15241;*



UNI EN 15241 – Ventilation for buildings — Calculation methods for energy losses due to ventilation and infiltration in commercial buildings

The standard describes the method to calculate the energy impact of ventilation systems (including airing) in buildings to be used for applications such as energy calculations, heat and cooling load calculation.

Its purpose is to define how to calculate the characteristics (temperature, humidity) of the air entering the building, and the corresponding energies required for its treatment and the auxiliaries electrical energy required.

TECNOLOGIE PER LA VMC – SISTEMA A DOPPIO FLUSSO

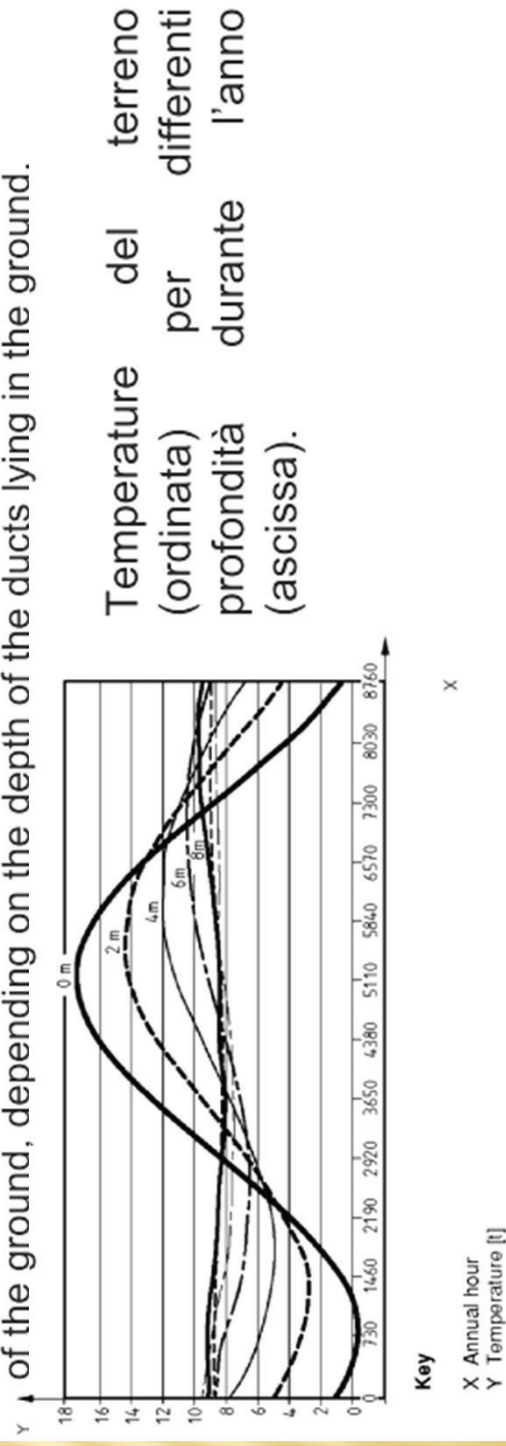
VENTILAZIONE GEOTERMICA: UNI EN 15241- APPENDICE A

Si tratta di un metodo di calcolo per stimare il preriscaldamento dovuto all'immissione di aria che attraversa condotti interrati.

The model calculates:

- the leaving air temperature of the heat exchanger;
- heat flux between ground and air in duct;
- pressure losses depending on the air velocity and the specific duct parameters.

The model takes into consideration the specific duct parameters and the inertia of the ground, depending on the depth of the ducts lying in the ground.



TECNOLOGIE PER LA VMC – CONTROLLO DELLA VENTILAZIONE

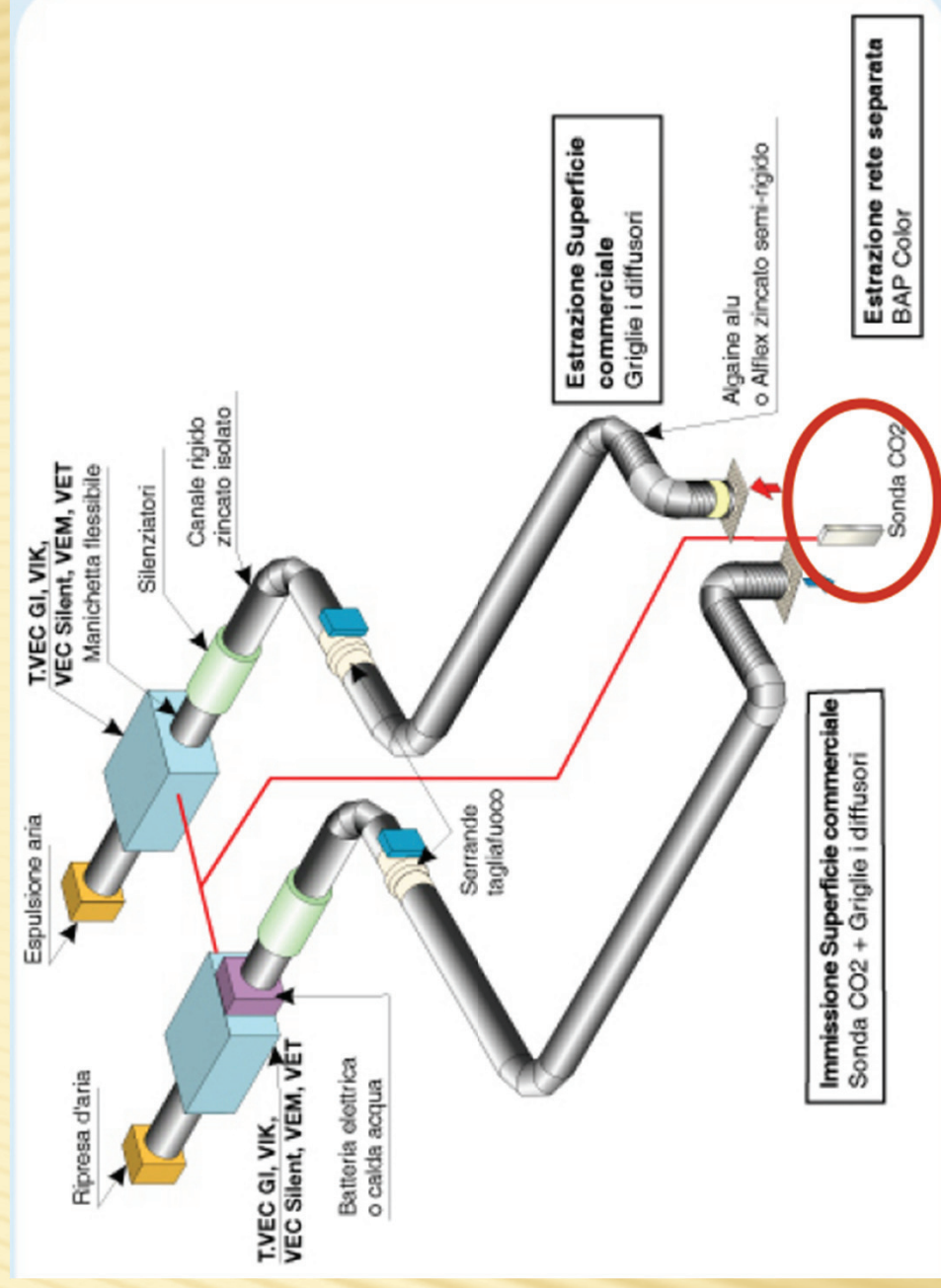
CONTROLLO DELLA VENTILAZIONE

Variazione della portata attraverso:

- 1- rilevatori di CO₂ e/o sonde di UR**
- 2- rilevatori di presenza**
- 3- regolazione sull'orologio**

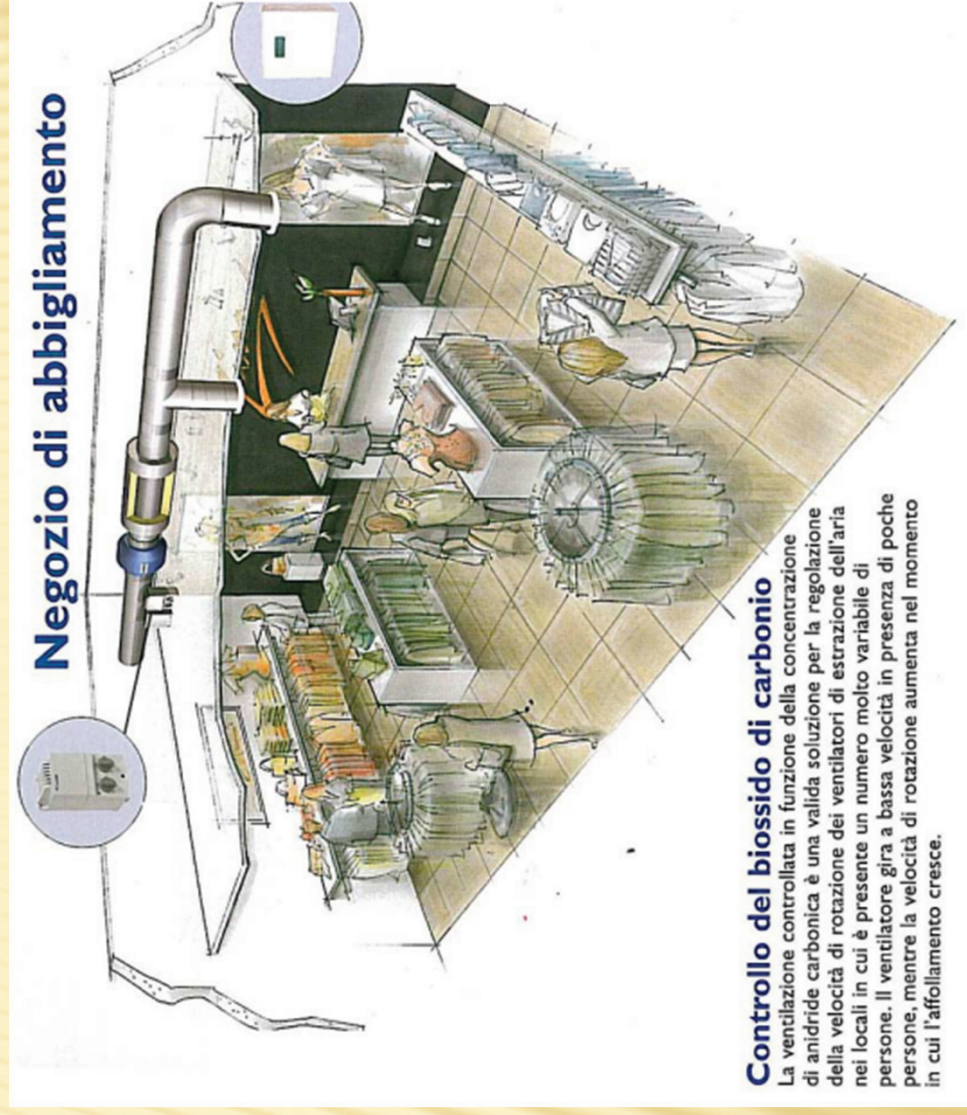
TECNOLOGIE PER LA VMC – CONTROLLO DELLA VENTILAZIONE

VENTILAZIONE A PORTATA VARIABILE – UTILIZZO DI UNA SONDA DI CO2



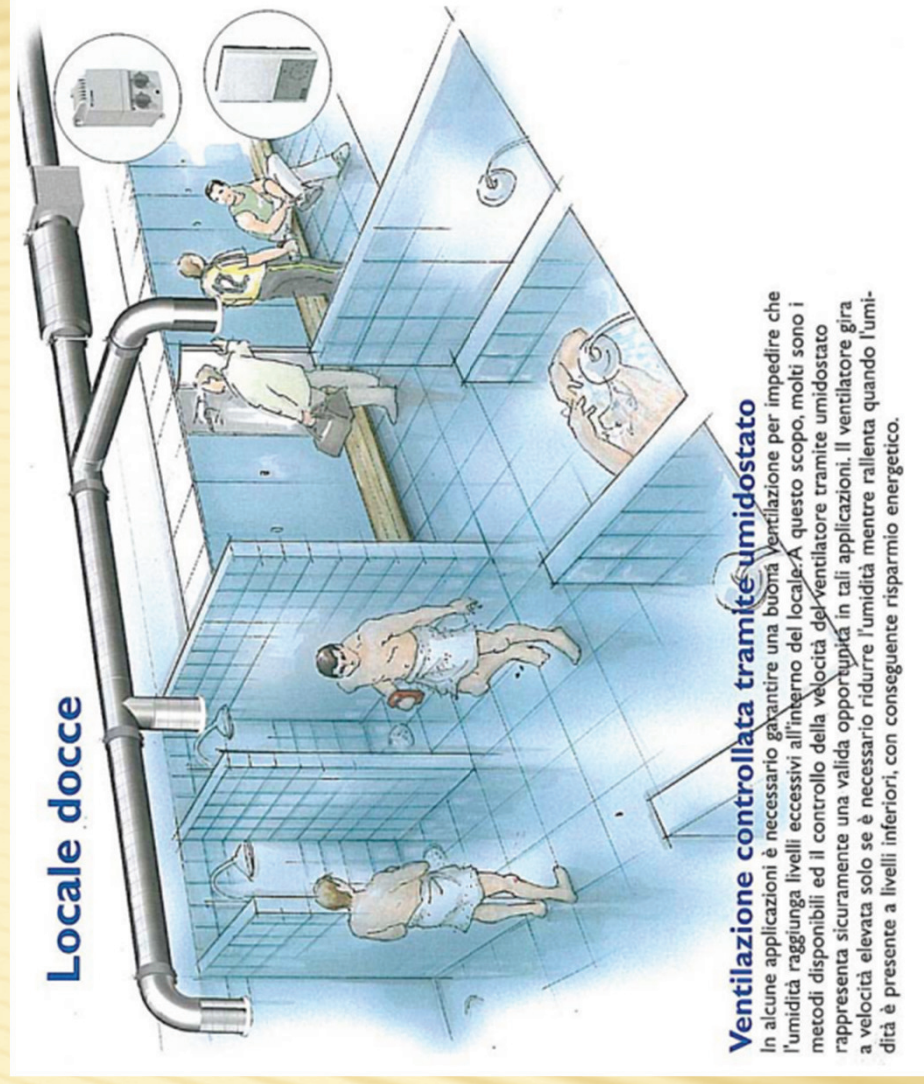
TECNOLOGIE PER LA VMC – CONTROLLO DELLA VENTILAZIONE

VENTILAZIONE A PORTATA VARIABILE – UTILIZZO DI UNA SONDA DI CO2



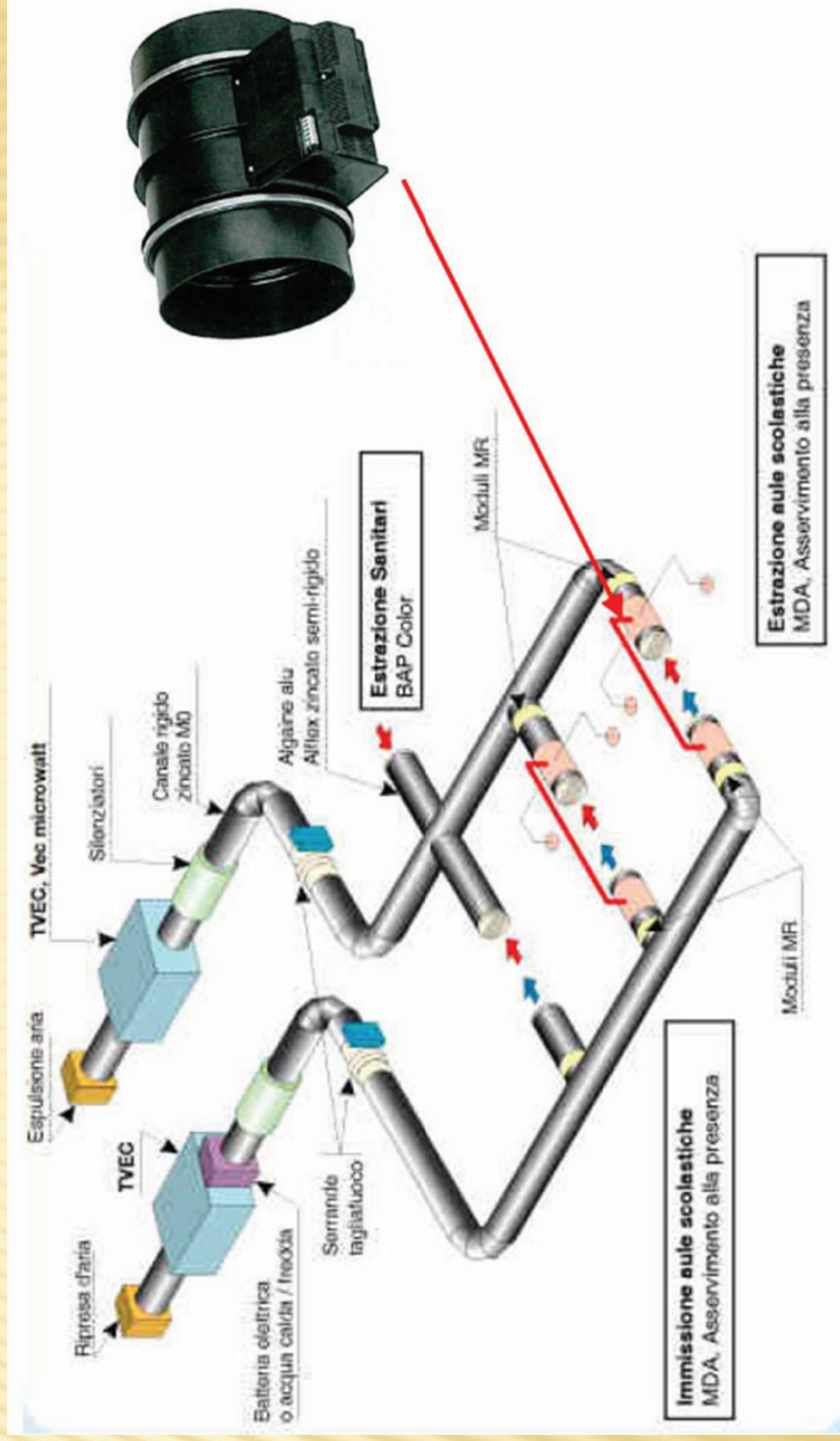
TECNOLOGIE PER LA VMC – CONTROLLO DELLA VENTILAZIONE

VENTILAZIONE A PORTATA VARIABILE – UTILIZZO DI UNA SONDA DI UR



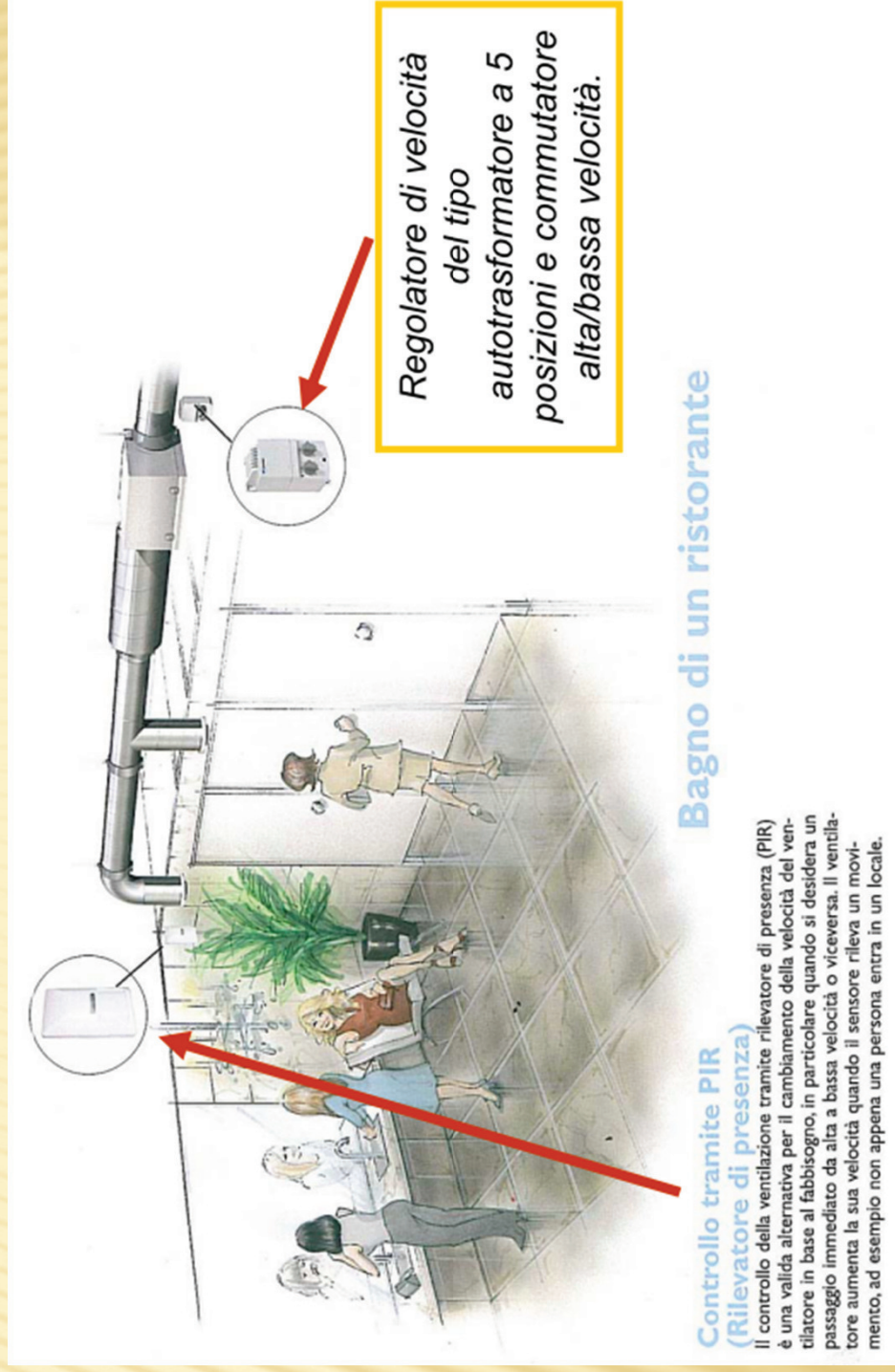
TECNOLOGIE PER LA VMC – CONTROLLO DELLA VENTILAZIONE

VENTILAZIONE A PORTATA VARIABILE
UTILIZZO DI RILEVATORI DI PRESENZA DI PERSONE (TERZIARIO)



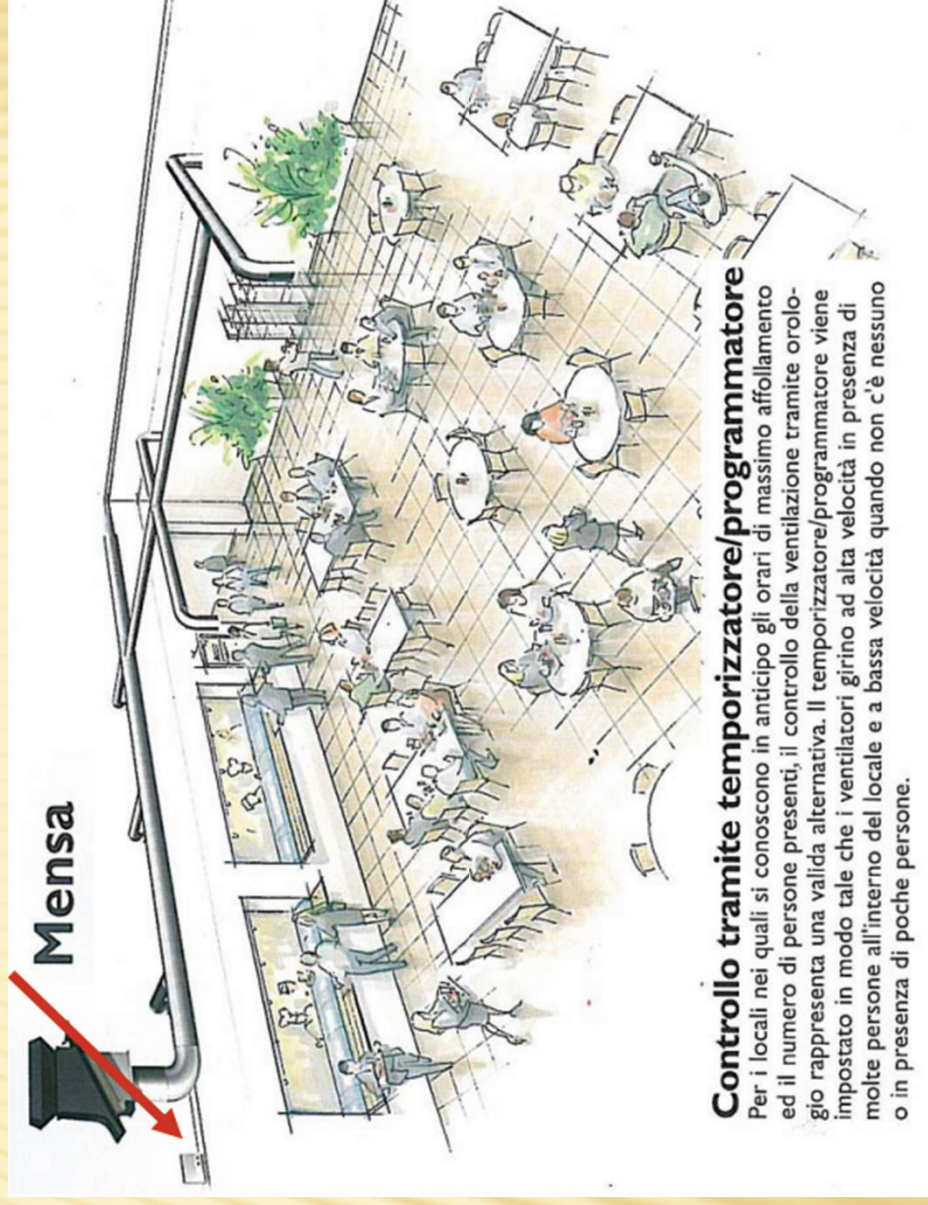
TECNOLOGIE PER LA VMC – CONTROLLO DELLA VENTILAZIONE

VENTILAZIONE A PORTATA VARIABILE
UTILIZZO DI RILEVATORI DI PRESENZA (PERSONE IN MOVIMENTO)



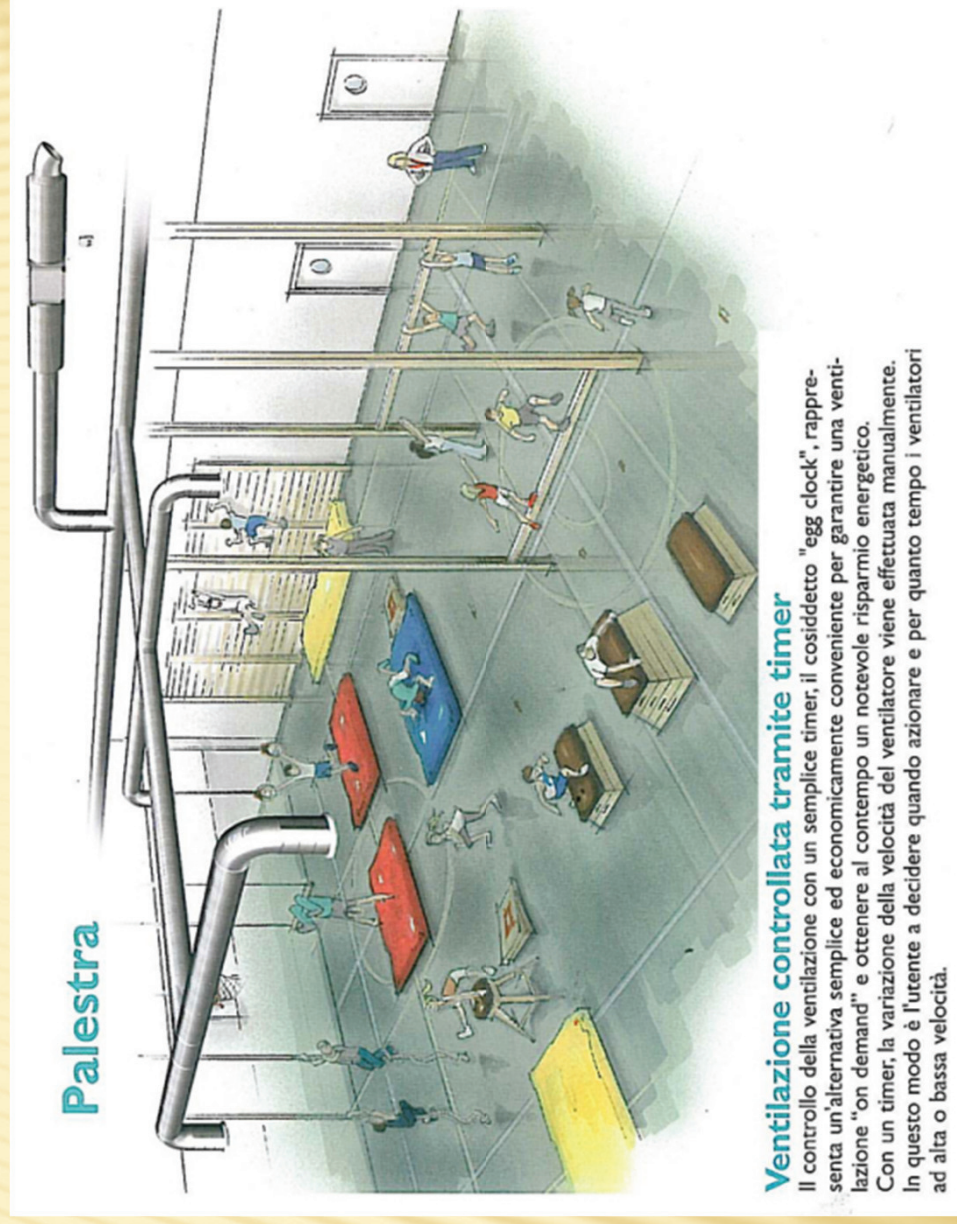
TECNOLOGIE PER LA VMC – CONTROLLO DELLA VENTILAZIONE

VENTILAZIONE A PORTATA VARIABILE
UTILIZZO DI RILEVATORI DI TEMPORIZZATORE/PROGRAMMATORE



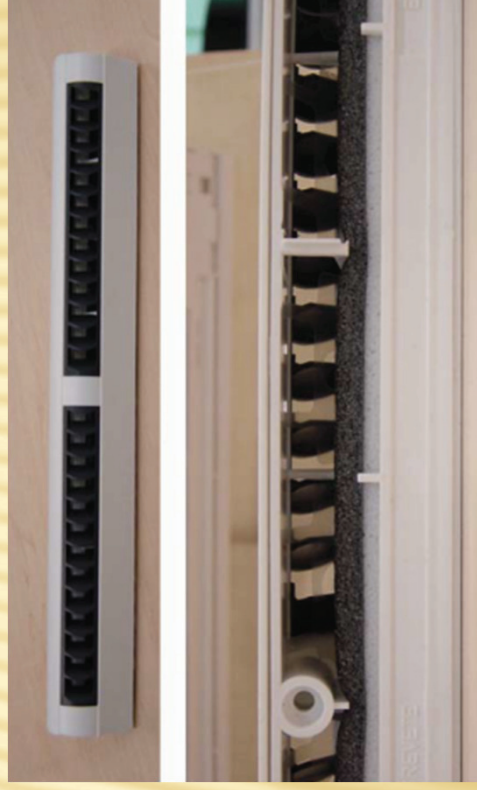
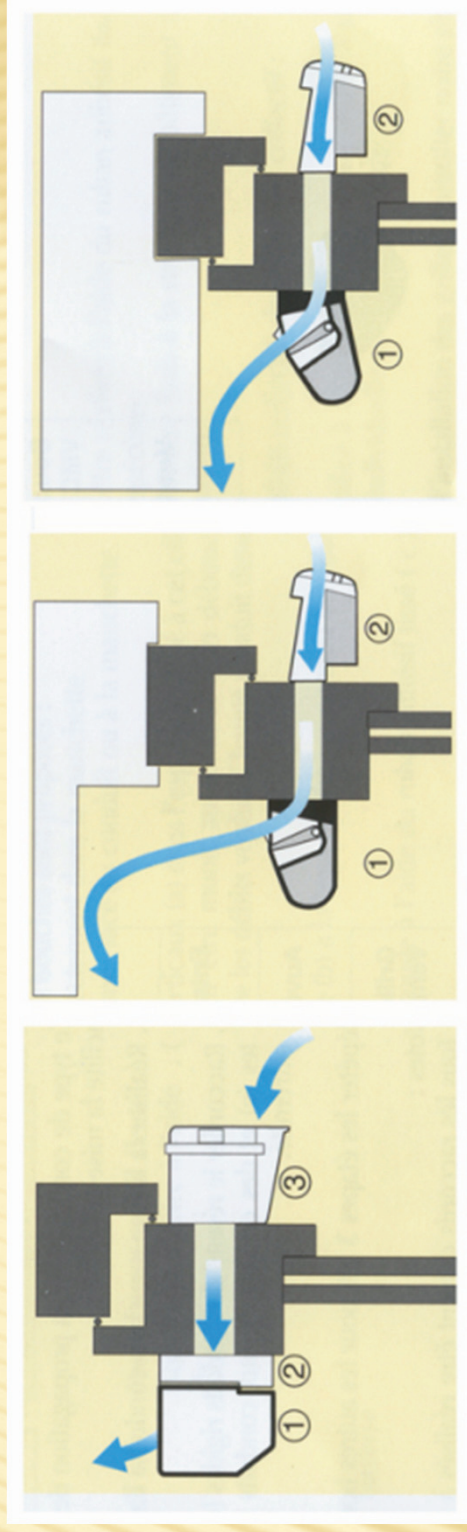
TECNOLOGIE PER LA VMC – CONTROLLO DELLA VENTILAZIONE

VENTILAZIONE A PORTATA VARIABILE - UTILIZZO DI UN TIMER



TECNOLOGIE PER LA VMC – CONTROLLO DELLA VENTILAZIONE

CORRELAZIONE CON REQUISITI DI ISOLAMENTO ACUSTICO



CORRELAZIONE CON REQUISITI DI ISOLAMENTO ACUSTICO

ISOLAMENTO DI FACCIATA

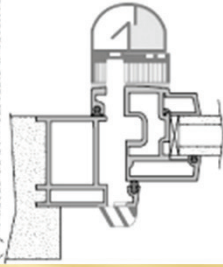
I componenti del sistema di VMC, la progettazione ed il collaudo finale devono fare sì che sia rispettata la Legge 26 Ottobre 1995, n. 447 “**Legge quadro sull'inquinamento acustico**” ed il relativo decreto attuativo DPCM 5 dicembre 1997 “**Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici**”

A: residenze e assimilabili
C: alberghi, pensioni e assimilabili

TABELLA B: REQUISITI ACUSTICI PASSIVI DEGLI EDIFICI, DEI LORO COMPONENTI E DEGLI IMPIANTI TECNOLOGICI

Categorie di edifici	R _w (*)	Parametri			
		D _{2m,LF,w}	L _{0,w}	L _{0,5max}	L _{0,5eq}
1. D	55	45	58	35	25
2. A, C	50	40	63	35	35
3. E	50	48	58	35	25
4. B, F, G	50	42	55	35	35

(*) Valori di R_w riferiti a elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari.**



Calcolo dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato di facciata (UNI 12354 parte terza)

$$D_{2m,LF,w} = R'_w + \Delta L_{fs} + 10 \log \left(\frac{V}{6T_0 S_{tot}} \right)$$

$$R'_w = -10 \log \left(\sum_{i=1}^n \frac{S_i}{S_{tot}} 10^{\frac{-R_i}{10}} + \frac{A_0}{S_{tot}} \sum_{i=1}^n \frac{10^{\frac{-R_{0,ext}}{10}}}{i} \right) - K$$

Muri, finestre, alcuni cassonetti

Piccoli elementi di facciata (ingressi aria)

K: correzione relativa al contributo della trasmissione laterale

K=0 per elementi di facciata non connessi

K=2 per elementi pesanti con giunti rigidi

CORRELAZIONE CON REQUISITI DI ISOLAMENTO ACUSTICO

ISOLAMENTO DI FACCIATA

L'isolamento acustico di facciata è il risultato della opportuna combinazione delle caratteristiche di pareti, finestre e altri elementi quali i dispositivi di ingresso dell'aria

MURO	INFISSO	INGRESSO ARIA	FACCIATA
$R_{w,pa}$	$R_{w,inf}$	$D_{inf,ia}$	$D_{2min,Tw}$
57 A	35	39	37 **
57 A	36	39	38 **
57 A	37	39	38 **
57 A	38	39	39 **
57 A	39	39	39 **
57 A	40	39	39 **
57 A	40	40	40
57 A	40	41	41
57 A	35	43	40
42,5 B	35	43	39 **
42,5 B	35	39	37 **
42,5 B	37	39	38 **
42,5 B	40	39	38 **
42,5 B	40	43	40
39	40	43	39 **
39	36	43	38 **

* valori inferiori al limite di regge

$R_{w,pa}$: Indice di valutazione del potere fonoisolante della parete opaca
 $R_{w,inf}$: Indice di valutazione del potere fonoisolante dell'infisso
 $D_{inf,ia}$: Indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato del dispositivo di ingresso dell'aria
 $D_{2min,Tw}$: Indice di valutazione del livello di isolamento acustico normalizzato di facciata

Tutti i calcoli sono stati condotti facendo riferimento ad una stanza tipo avente le seguenti caratteristiche:

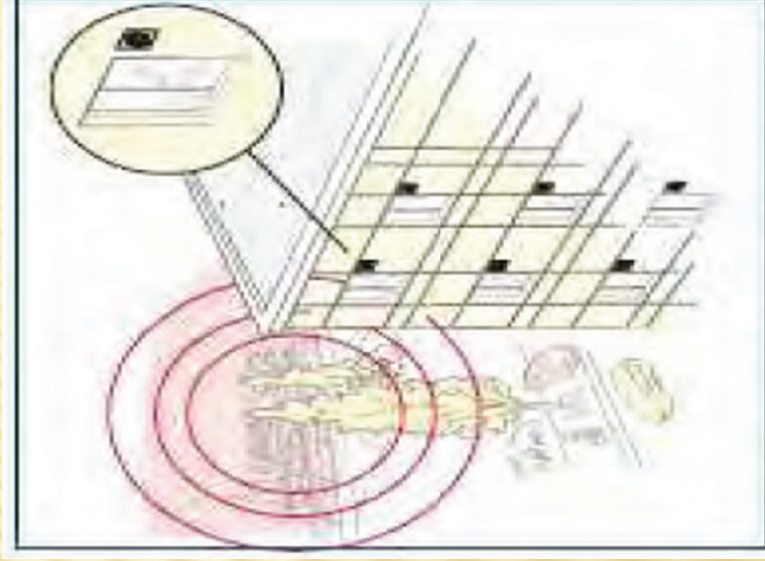
- superficie opaca della parete esterna: 6,50 m²
- superficie delle finestre: 1,55 m²
- superficie in pianta stanza: 12,50 m²
- volume della stanza: 33,50 m³

A: parete esterna a paramento doppio
 B: parete esterna a paramento singolo

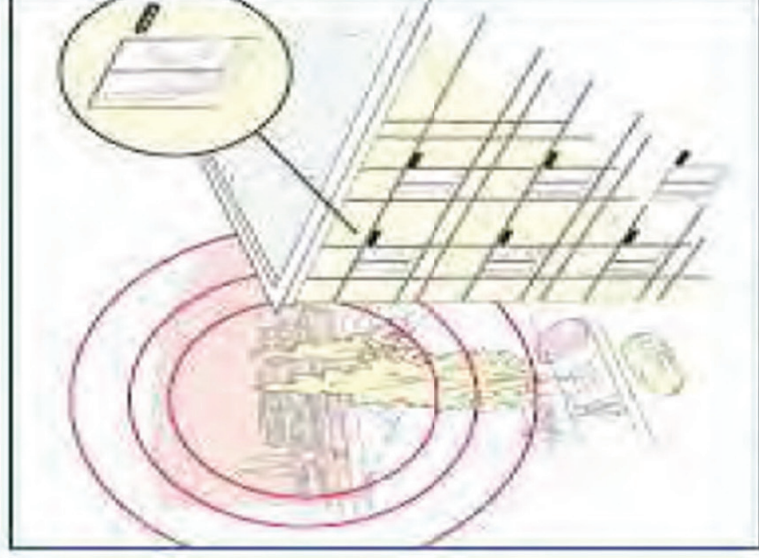
OK

CORRELAZIONE CON REQUISITI DI ISOLAMENTO ACUSTICO

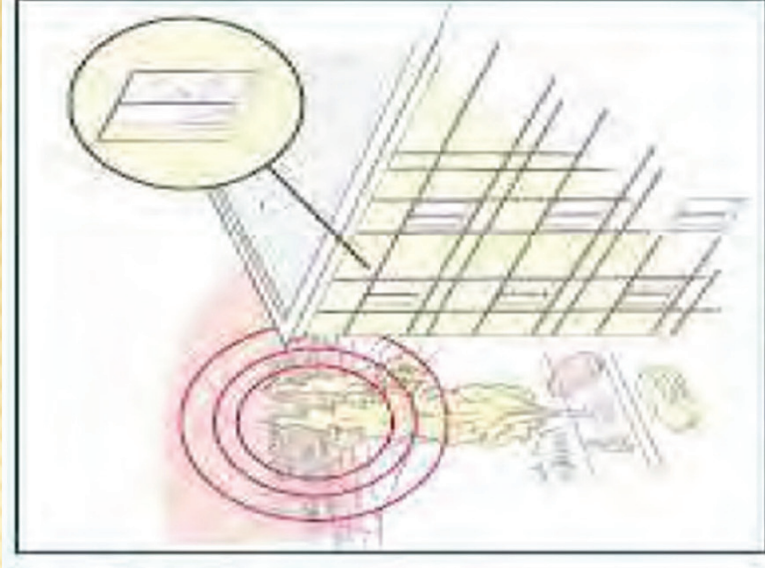
ABBATTIMENTO DELLA RUMOROSITÀ ESTERNA CON INGRESSI ARIA PER VMC
DOTATI DI ABBATTIMENTO ACUSTICO



Manicotto circolare di attraversamento muro



Manicotto rettangolare di attraversamento muro



Manicotto sopra finestra

VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA E UNI - 7129/2

LA NORMA UNI - 7129/2

UNI 7129/2: "Impianti a gas per usi domestici e similari alimentati da rete di distribuzione - Progettazione e installazione"

Parte 2: Installazione di apparecchi di utilizzazione - Ventilazione e aerazione dei locali di installazione

5.1.3

5.1.3.1

Sistema di ricambio di aria controllato

Fermo restando l'obbligo per gli apparecchi a gas di tipo B e di tipo C di avere comunque un collegamento diretto a camini o a canne fumarie, oppure a condotti di evacuazione diretta dei prodotti della combustione verso l'ambiente esterno, la ventilazione e/o l'aerazione di locali di installazione di apparecchi di utilizzazione alimentati con combustibile gassoso, può essere ottenuta mediante condotti di ventilazione e/o di aerazione, collettivi o individuali, facenti parte integrante di un sistema di ricambio d'aria controllato non esclusivamente realizzato per garantire la sicurezza degli impianti alimentati a combustibile gassoso. Il sistema di ricambio d'aria può essere al servizio dei soli locali di installazione di apparecchi a gas, oppure dell'intera unità abitativa comprendente tali locali.

5.1.3.2

Prima della messa in servizio degli apparecchi di utilizzazione, deve essere verificato che il sistema di ricambio dell'aria controllato sia almeno in grado di garantire una sufficiente ventilazione e aerazione dei locali di installazione, ai fini della sicurezza degli impianti alimentati con combustibile gassoso.

5.1.3.3

Nel caso di sistema di ricambio dell'aria controllato mediante dispositivi meccanici, una avaria dell'organo di estrazione e/o di immissione dell'aria, non deve impedire la corretta ventilazione e/o aerazione nei locali di installazione, ai fini della sicurezza degli impianti alimentati con combustibile gassoso, oppure deve impedire il funzionamento degli apparecchi di utilizzazione.

5.1.4

Sistema di ventilazione meccanica controllata (VMC)

I dispositivi che compongono il sistema di ventilazione meccanica controllata (ventilatore, dispositivi di estrazione e di richiamo d'aria) devono essere considerati come un unico sistema e come tali opportunamente progettati (es. secondo la norma EN 13465 e altre norme in fase di elaborazione²) e dichiarati idonei dal costruttore stesso.

I sistemi di ventilazione meccanica controllata possono essere:

- sistemi a semplice flusso per estrazione (v. Fig. 3), costituiti da un unico ventilatore a funzionamento continuo a cui confluisce sia l'aria viziata dai locali "sporchi" (bagni e cucina) sia i prodotti della combustione dell'eventuale apparecchio di cottura con

sorveglianza di fiamma (dotato di cappa priva di proprio ventilatore) e da opportuni dispositivi di tipo autoregolante o igroregolabile che richiamano aria dai locali "nobili" (soggiorno e camere da letto).

- sistemi a doppio flusso (v. Fig. 4) realizzati grazie ad una doppia rete aeraulica collegata a due ventilatori distinti che realizzano mandata d'aria di rinnovo nelle stanze nobili e ripresa dell'aria dalle stanze sporche.

Detti sistemi non possono essere installati se nell'abitazione sono presenti apparecchi di tipo B o A e, comunque, deve essere impedito il riflusso dalla zona cucina alla zona bagno o in ogni altro locale. Nel caso sia presente un caminetto a legna aperto non è ammesso il sistema a semplice flusso.

Nel caso invece ci sia un apparecchio di tipo C e/o un apparecchio di cottura con sorveglianza di fiamma, il locale di installazione non necessita di apertura di ventilazione secondo i dettami di cui al punto 6.

² prCR 1-4788

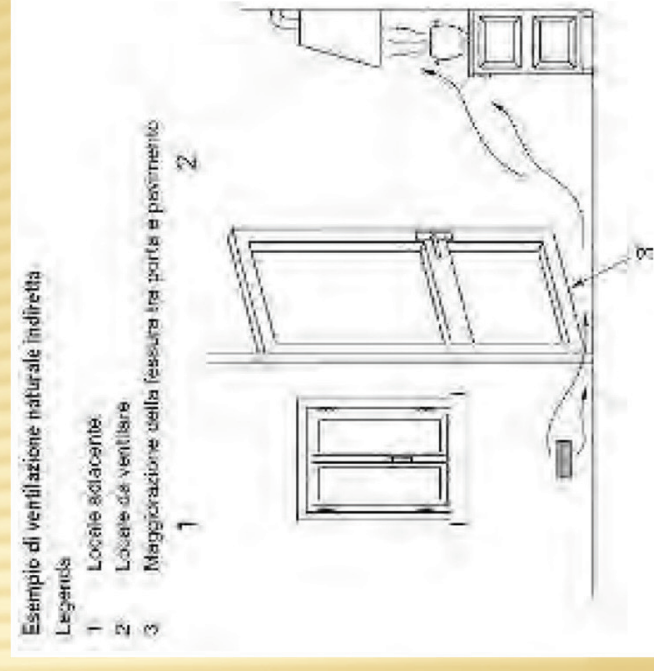
VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA E UNI - 7129/2

LA NORMA UNI CIG 7129/2001

Prescrizioni sulla ventilazione nella UNI CIG 7129/2001 in sintonia con l'impiego dei sistemi di ventilazione meccanica controllata

4.3 - È consentita anche la ventilazione indiretta, mediante prelievo dell'aria da locali adiacenti a quello da ventilare, con le avvertenze e le limitazioni di cui [...]

3.5.1.1 - In caso non esista la possibilità di installazione della cappa, è consentito l'impiego di un elettroventilatore, installato su finestra o su parete affacciate sull'esterno, da mettere in funzione contemporaneamente all'apparecchio, purchè siano tassativamente rispettate le prescrizioni inerenti la ventilazione, di cui in 4.4.

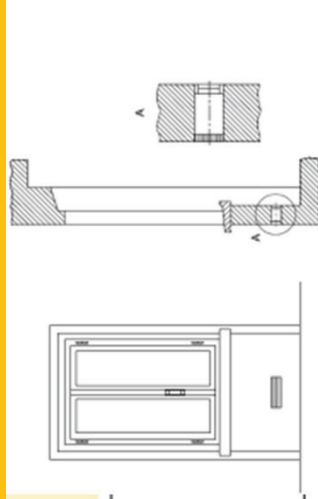


VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA E UNI CIG 7129/2008

PRESE ARIA ESTERNA NELLA UNI CIG 7129/2001

Minimo 100 cm².
(6cm² per ogni kW
di portata termica
installata)

Se gli apparecchi sono
privi dispositivo di
sicurezza per assenza di
fiamma minimo 200 cm²



VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA E UNI CIG 7129/2008

NOVITA' DELLA UNI CIG 7129/2008

UNI CIG 7129/2008 Parte 1

Impianti a gas per usi domestici e similari alimentati da rete di distribuzione –
Progettazione e installazione – Parte 1: Impianto interno

UNI CIG 7129/2008 Parte 2

“Impianti a gas per usi domestici e similari alimentati da rete di distribuzione –
Progettazione e installazione – **Parte 2: Installazione di apparecchi di
utilizzazione – Ventilazione e aerazione dei locali di installazione**”

UNI CIG 7129/2008 Parte 3

Impianti a gas per usi domestici e similari alimentati da rete di distribuzione –
Progettazione e installazione – Parte 3: Sistemi di evacuazione dei prodotti della
combustione

UNI CIG 7129/2008 Parte 4

Impianti a gas per usi domestici e similari alimentati da rete di distribuzione –
Progettazione e installazione – Parte 4: Messa in servizio degli impianti/apparecchi

Parte 2: "Installazione di apparecchi di utilizzazione. Ventilazione e aerazione dei locali di installazione"

Inserimento di una appendice riguardante la ventilazione dei locali in presenza di sistemi di ventilazione meccanica controllata.

APPENDICE B SISTEMI PER L'AERAZIONE E LA VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA (informativa)

B.1

Sistema di ricambio di aria controllato

L'aerazione di locali di installazione di apparecchi di utilizzazione (apparecchi di cottura e apparecchi di tipo A e C), può essere ottenuta anche mediante condotti singoli o collettivi, facenti parte di un sistema integrato e appositamente progettato per soddisfare sia le esigenze di aerazione sia per il ricambio d'aria degli ambienti.

Il sistema di ricambio d'aria può essere al servizio dei soli locali di installazione di apparecchi a gas, oppure dell'intera unità abitativa comprendente tali locali.

Prima della messa in servizio degli apparecchi di utilizzazione, deve essere verificato che il sistema di ricambio dell'aria controllato sia almeno in grado di garantire una sufficiente aerazione dei locali di installazione, ai fini della sicurezza degli impianti alimentati con combustibile gassoso.

Nel caso di sistema di ricambio dell'aria controllato mediante dispositivi meccanici, una avaria dell'organo di estrazione e/o di immissione dell'aria, non deve impedire la corretta aerazione nei locali di installazione, ai fini della sicurezza degli impianti alimentati con combustibile gassoso.

Parte 2: "Installazione di apparecchi di utilizzazione. Ventilazione e aerazione dei locali di installazione"

B.2

Sistema di ventilazione meccanica controllata (VMC)

I dispositivi che compongono il sistema di ventilazione meccanica controllata (ventilatore, dispositivi di estrazione e di richiamo d'aria) devono essere considerati come un unico sistema e come tali opportunamente progettati (per esempio secondo la UNI EN 13465 e CEN/TR 14788) e dichiarati idonei dal fabbricante stesso.

I sistemi di ventilazione meccanica controllata possono essere:

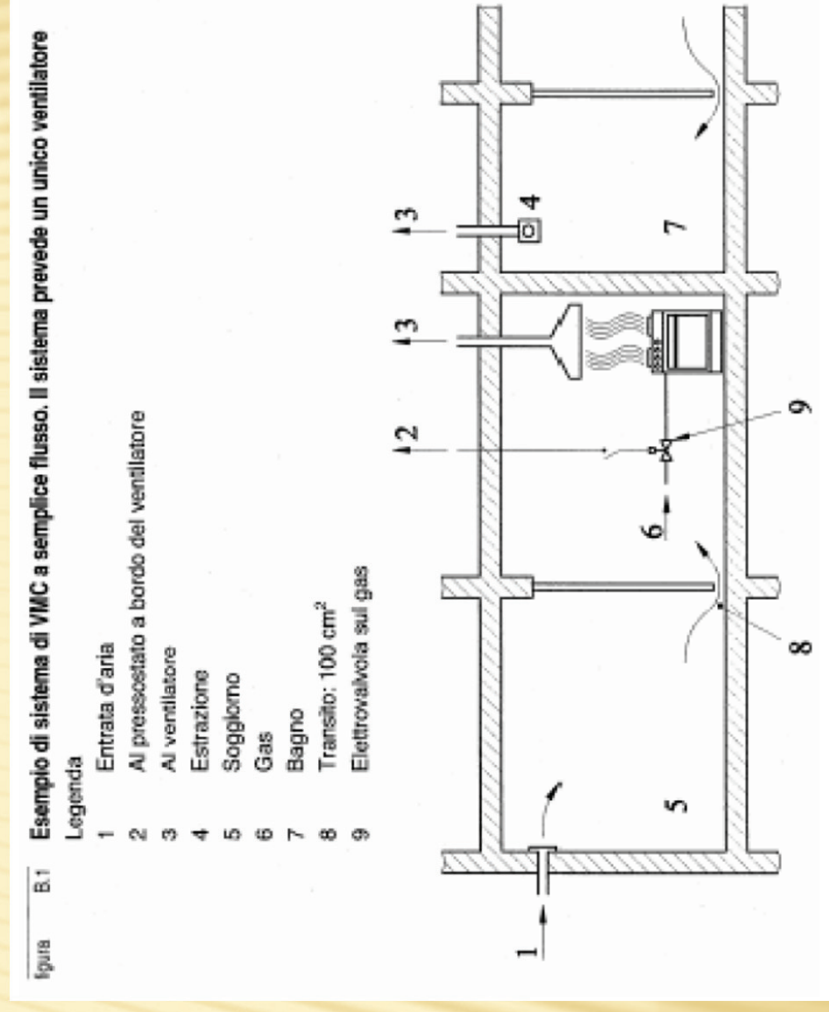
- sistemi a semplice flusso per estrazione (vedere figura B.1), costituiti da un unico ventilatore a funzionamento continuo a cui confluisce sia l'aria viziata dai locali "sporchi" (bagni e cucina) sia i prodotti della combustione dell'eventuale apparecchio di cottura con sorveglianza di fiamma (dotato di cappa priva di proprio ventilatore) e da opportuni dispositivi di tipo autoregolante o igroregolabile che richiamano aria dai locali "nobili" (soggiorno e camere da letto);
- sistemi a doppio flusso (vedere figura B.2) realizzati grazie ad una doppia rete aeraulica collegata a due ventilatori distinti che realizzano mandata d'aria di rinnovo nelle stanze nobili e ripresa dell'aria dalle stanze sporche

Se nell'abitazione sono presenti sistemi di ventilazione meccanica controllata non possono essere installati apparecchi di tipo A o B.

In ogni caso deve essere impedito il riflusso dalla zona cucina alla zona bagno o in ogni altro locale.

Nel caso invece ci sia un apparecchio di tipo C e/o un apparecchio di cottura con sorveglianza di fiamma, il locale di installazione non necessita di apertura di ventilazione in conformità alla presente norma.

Parte 2: "Installazione di apparecchi di utilizzazione. Ventilazione e aerazione dei locali di installazione"

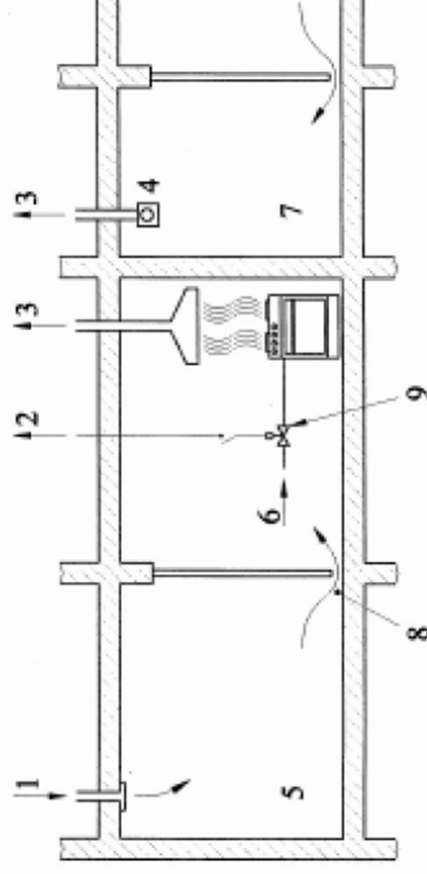


Parte 2: "Installazione di apparecchi di utilizzazione. Ventilazione e aerazione dei locali di installazione"

figura B.2 Esempio di sistema VMC a doppio flusso. Il sistema prevede due ventilatori dissimili

Legenda

- 1 Dal ventilatore
- 2 Al pressostato a bordo del ventilatore
- 3 Al ventilatore
- 4 Estrazione
- 5 Soggiorno
- 6 Gas
- 7 Bagno
- 8 Transito: 100 cm²
- 9 Elettrovalvola sul gas

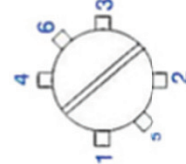
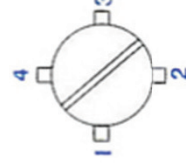
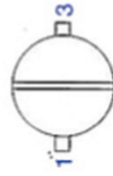
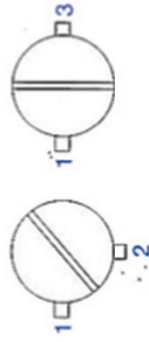


CORRELAZIONE CON REQUISITI DI ISOLAMENTO ACUSTICO

RACCORDI AFONIZZATI E MANICOTTI SILENZIATI



INGOMBRI



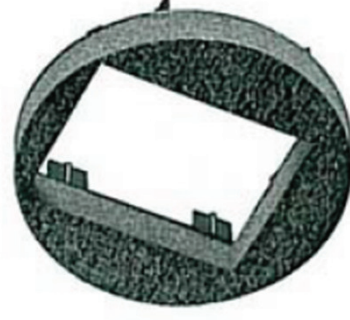
APPLICAZIONE

- Consente di raccordare al condotto verticale, più condotti flessibili dalle bocchette.
- Permette un collegamento semplice e rapido, privo di perdite e aeraulicamente efficiente.
- Completa gli elementi di piano da 2,75 m.
- Permette di isolare i condotti flessibili sotto il profilo acustico, eliminando la trasmissione del rumore da un locale all'altro.

- L'anello silenziatore e la placca silenziatrice permettono di ridurre la rumorosità del flusso dell'aria.



Anello silenziatore



Placca silenziatrice

VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA

RIEPILOGO – SISTEMI A SEMPLICE FLUSSO

SISTEMI A SEMPLICE FLUSSO

- Tecnologia di semplice installazione e manutenzione vista la presenza di un'unica rete aerea di estrazione
- Gli ingressi d'aria installati a livello di serramento richiedono uno studio adeguato del *sistema parete* in fase di progetto: come esposto precedentemente vi sono limiti di legge ben precisi relativamente all'indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata ($D_{2m,nT,w}$).

VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA

RIEPILOGO – SISTEMI A DOPPIO FLUSSO

SISTEMI A DOPPIO FLUSSO

- Hanno costo superiore, necessitano di maggiori spazi tecnici (centrale di maggiori dimensioni) e richiedono una rete di immissione dell'aria, oltre a quella di estrazione, ma presentano il vantaggio di rendere possibile la **filtrazione dell'aria in entrata**, di effettuare il **recupero di calore** dall'aria espulsa e di **evitare problemi acustici** in facciata.
- Una peculiarità è quella di rendere possibile il raffrescamento e la deumidificazione dell'aria durante la stagione estiva, installando apposite batterie unitamente alla centrale di ventilazione o sui condotti Analogamente, inviando acqua calda alle batterie è possibile incrementare la temperatura dell'aria di immissione durante la stagione invernale.

VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA

RIEPILOGO – ENTRAMBI I SISTEMI

PER ENTRAMBI I SISTEMI:

Possono essere utilizzate anche per la **VMC** di più unità immobiliari: un unico ventilatore, la cui taglia è progettata in funzione del numero di unità da trattare, è alloggiato in un cavedio tecnico da cui si dipartono le canalizzazioni dapprima orizzontali e poi verticali.

Il vero vantaggio è quando bagni e cucine di più unità abitative sono sovrapposti e quindi si usa un'unica colonna montante a cui sono collegate tutte le bocchette di estrazione.

In questo modo si risparmia spazio "vendibile" che sarebbe altresì sprecato, soprattutto in presenza di bagni ciechi, per alloggiare più colonne di ventilazione fino al tetto.

VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA

RIEPILOGO – ENTRAMBI I SISTEMI

PER ENTRAMBI I SISTEMI:

La revisione della norma **UNI-CIG 7129/2** conferisce un ulteriore vantaggio ai sistemi di **VMC**: con il loro impiego potrà infatti evitarsi l'obbligatorietà della presenza della presa d'aria esterna nei locali cucina in taluni casi applicativi (presenza di caldaia di tipo C e utilizzo di apparecchi di cottura con sorveglianza di fiamma); infatti l'afflusso di aria necessario per i processi di combustione è assicurato dall'impianto di ventilazione meccanica.

VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA

IL CICLO DI VITA DEGLI IMPIANTI DI VMC

Controllo → **Manutenzione** → **Ciclo di vita**

Tabella II - Periodicità, espressa in anni, delle operazioni di manutenzione dei sistemi di VMC. Fonte: prEN 15239 [36]

Componente	Ventilazione naturale	VMC estrazione	VMC immissione	VMC con recupero di calore
Edificio, sistema VMC in generale	6	6	6	6
Dispositivi di ingresso dell'aria	3	3	-	-
Dispositivi di estrazione	3	3	(3)	-
Ventilatori	-	5	5	5
Scambiatore di calore	-	-	-	3
Condotte aerauliche	3	5	2	2
Filtri	-	(2)	2	2-(1)
Controlli e sensori	(2-3)	(2-3)	(2-3)	(2-3)

VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA

IL CICLO DI VITA DEGLI IMPIANTI DI VMC

LA DURATA DEI COMPONENTI

- Dispositivi di ingresso dell'aria/bocchette di estrazione: durata stimata: analoga a quella dei principali componenti edilizi. Manutenzione ordinaria: per mantenere inalterate le caratteristiche dei Materiali
- Rete aeraulica: si tratta il più delle volte di canali in acciaio zincato (per alcune applicazioni canali in pvc); anche in questo caso vale quanto sopra.
- Ventilatori: i motori dei ventilatori sono generalmente collaudati per 30.000 ore di funzionamento continuo ma l'esperienza diretta attesta che la maggior parte dei ventilatori è ancora funzionante dopo 8-10 anni. Il ventilatore deve essere accessibile da parte del manutentore.
- Moduli di regolazione della portata: non si segnalano particolari operazioni perché i rischi di ammasso di polvere e otturazione sono pressoché nulli.

ERMETICITA' DELL'EDIFICIO

PUNTI DEBOLI

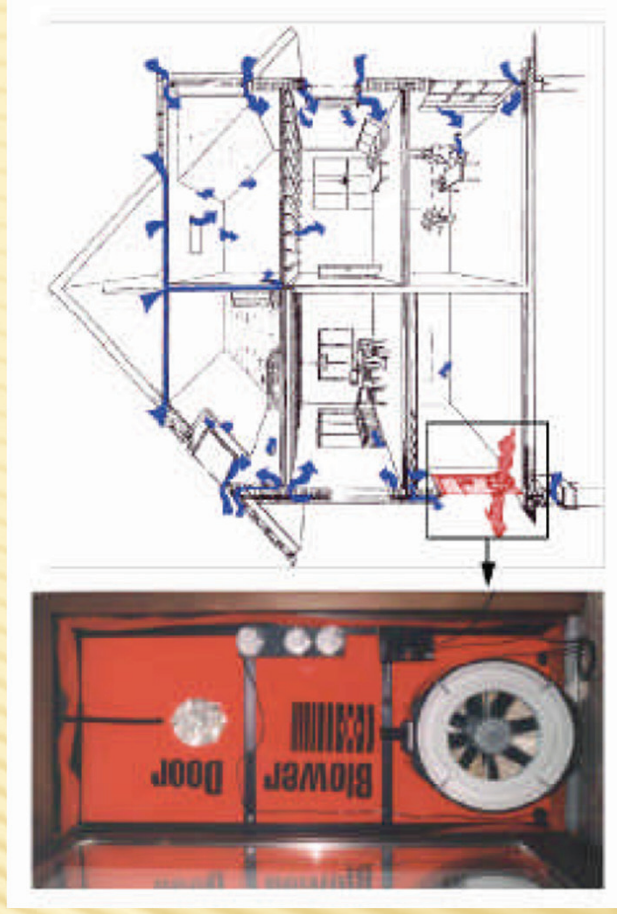
I tipici punti deboli della tenuta all'aria si riscontrano laddove lo strato impermeabile può essere perforato o più in generale interrotto, come ad esempio, dove si situano:

- chiusure tra muro perimetrale esterno e tramezzi, tetto e solai
- finestre, porte esterne, lucernai
- prese, interruttori, condutture degli impianti tecnici inseriti nei muri perimetrali, condutture del camino, ecc.
- accessi a soffitte termicamente non isolate o a cantine non riscaldate

ERMETICITA' DELL'EDIFICIO

MISURAZIONE - SISTEMA DI BLOWER DOOR

Il ventilatore richiama aria dall'edificio fino a produrre e mantenere all'interno dell'edificio una depressione di 50 Pa.



Misurando il flusso di aria in uscita attraverso il ventilatore per mantenere una depressione di 50 Pa, si ricava l'indice di ricambio di aria $n_{L,50}$:

$$n_{L,50} = \frac{\dot{V}_{50}}{V_R} \quad (h^{-1})$$

ERMETICITA' DELL'EDIFICIO

MISURAZIONE – SISTEMA DI BLOWER DOOR

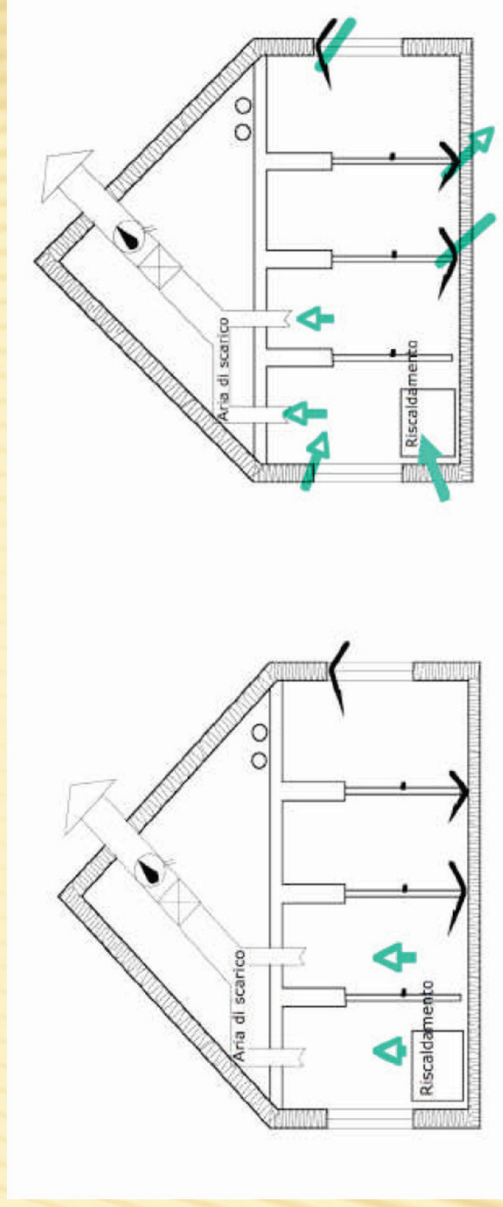
$$n_{L,50} = \frac{\dot{V}_{50}}{V_R} \quad (h^{-1})$$

l'indice $n_{L,50}$ esprime il numero di volte che viene ricambiata l'aria di un edificio (o di una parte di esso) durante un'ora, in presenza di una depressione di 50 Pa, e viene utilizzato nelle nuove norme per valutare la permeabilità all'aria dell'involucro di un edificio.

Caratteristiche degli edifici	$n_{L,50} (h^{-1})$
Senza ventilazione meccanica (ventilazione naturale)	3
Con aspirazione meccanica dell'aria senza recupero di calore	1.5
Aspirazione ed alimentazione guidata con recupero di calore	1
Case passive a basso consumo di energia (v. Minergie Plus)	0.6

ERMETICITA' DELL'EDIFICIO

INFLUENZA SULLA VENTILAZIONE



Nell'immagine di sinistra è illustrato il funzionamento corretto di un impianto di ventilazione in assenza di punti di non ermeticità nell'involucro dell'edificio. In questo caso la circolazione dell'aria interessa tutti i locali e di conseguenza avviene un ricambio di aria in tutto l'edificio.

L'immagine di destra mostra invece l'effetto negativo dei punti di non ermeticità sull'efficienza dell'impianto di ventilazione. L'impianto aspira l'aria direttamente dalle fughe, creando così una ventilazione a corto circuito che interessa solo una parte dell'edificio.

ERMETICITA' DELL'EDIFICIO

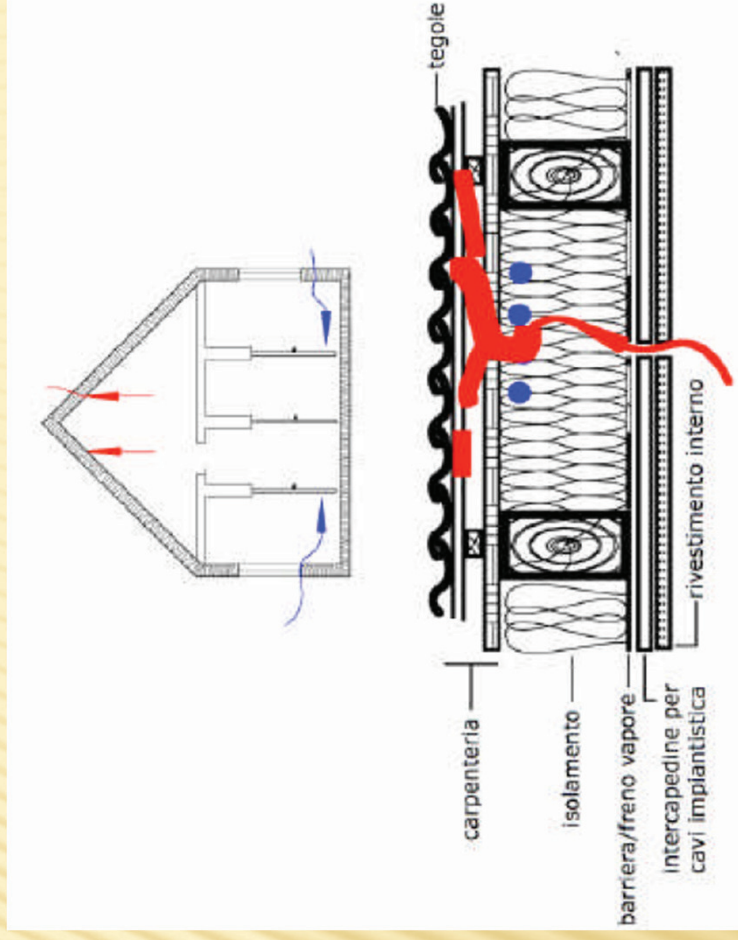
I PONTI TERMICI

Abbinando il **Blowerdoor alla termografia** si possono distinguere i ponti termici (a causa di materiali poco isolanti) dalle fughe di calore per convezione, che su un'immagine termografica apparirebbero entrambi in tonalità scure (superfici fredde).

Questo aspetto può avere una notevole importanza nel caso di risanamento termico di edifici esistenti, al fine di intervenire in maniera mirata ed eventualmente ottenere con il miglioramento dell'ermeticità risultati simili a quelli che si raggiungono migliorando l'isolamento termico.

ERMETICITA' DELL'EDIFICIO

I PONTI TERMICI

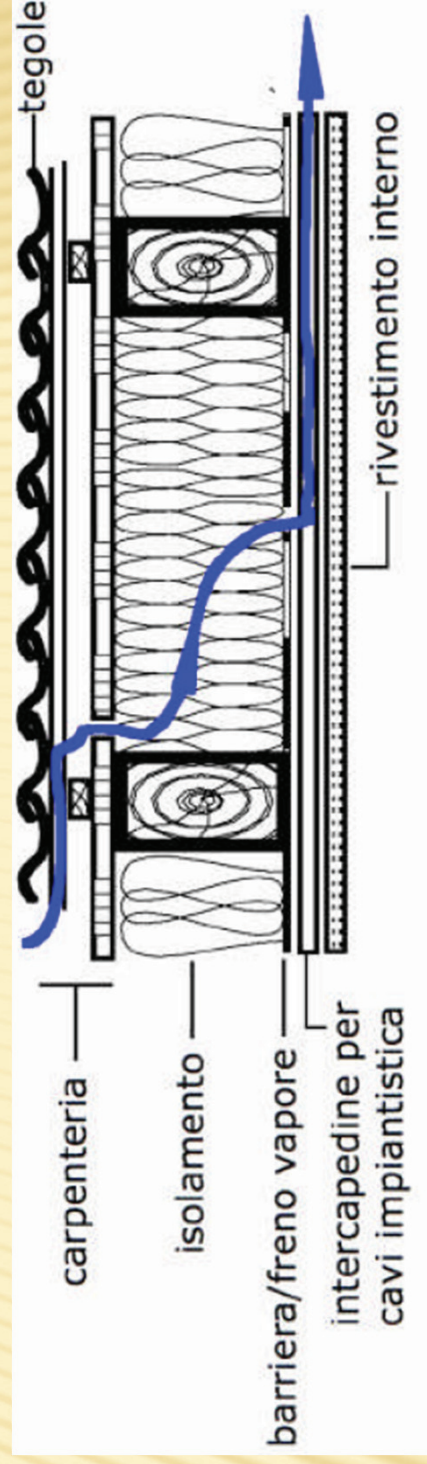


L'azione termica, a causa della permeabilità tra i piani, provoca l'accumulo di aria calda e umida nel sottotetto (disegno in alto). Per analizzare il fenomeno in dettaglio, è rappresentata una sezione del tetto (disegno in basso). Una fessura nella barriera o nel freno vapore porta all'infiltrazione dell'aria calda e umida nello strato di isolamento termico.

Come conseguenza si verifica una dispersione di calore (tratti rossi) e la condensazione dell'umidità nelle parti fredde dello strato di isolamento termico (punti blu), con conseguenze dannose per lo stesso materiale isolante e la struttura del tetto.

ERMETICITA' DELL'EDIFICIO

I PONTI TERMICI



In presenza di vento, si verifica un normale flusso di aria sotto le tegole e tra i gli elementi della carpenteria. Delle fessure nei pannelli o nei teli che ricoprono lo strato di isolamento termico e nella barriera o nel freno vapore permettono all'aria fredda esterna di entrare in contatto con le superfici calde del rivestimento interno, provocando una dispersione di calore. In questo caso, nonostante le misurazioni con BlowerDoor rilevino un involucro ermetico, non si ottiene il valore di isolamento termico stabilito.

DECRETO 5796 – AGGIORNAMENTO PROCEDURA DI CALCOLO

E.6.3.8 Energia scambiata per ventilazione, aerazione e infiltrazione

L'energia termica di riferimento scambiata convenzionalmente per ventilazione naturale, aerazione e infiltrazione, Q_v , è data da:

$$Q_v = H_v \cdot \Delta\theta \cdot \Delta t$$

dove:

Q_v è la quantità totale di energia di riferimento trasferita per ventilazione naturale, aerazione e/o infiltrazione, tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante, [kWh];

H_v è il coefficiente di scambio termico di riferimento per ventilazione naturale, aerazione e/o infiltrazione tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante, [W/K];

$\Delta\theta$ è la differenza tra la temperatura interna prefissata della zona termica considerata, θ_i , e la temperatura media giornaliera esterna, θ_e , si veda § E.6.3.7, [°C];

Δt è la durata del mese considerato (si veda la (17)), [kh].

DECRETO 5796 – AGGIORNAMENTO PROCEDURA DI CALCOLO

E.6.3.8 Energia scambiata per ventilazione, aerazione e infiltrazione

In presenza di ventilazione meccanica, in particolare con pre-riscaldamento o pre-raffrescamento e/o con recupero termico o entalpico, per considerare l'effetto della ventilazione meccanica sull'efficienza complessiva del sistema, occorre calcolare anche l'energia termica corretta scambiata per ventilazione meccanica, $Q_{V,adj}$:

$$Q_{V,adj} = H_{V,adj} \cdot \Delta\theta \cdot \Delta t$$

dove:

$Q_{V,adj}$ è la quantità totale di energia corretta trasferita per ventilazione, considerando anche la ventilazione meccanica, in particolare con pre-riscaldamento o pre-raffrescamento e/o recupero termico o entalpico, tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante [kWh];

$H_{V,adj}$ è il coefficiente di scambio termico corretto per ventilazione meccanica, in particolare con pre-riscaldamento o pre-raffrescamento e/o recupero termico o entalpico tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante, [W/K];

$\Delta\theta$ è la differenza tra la temperatura interna prefissata della zona termica considerata, θ_i , e la temperatura media giornaliera esterna, θ e [°C];

Δt è la durata del mese considerato (si veda la (17)), [kh].

DECRETO 5796 – AGGIORNAMENTO PROCEDURA DI CALCOLO

E.6.3.8.1 Coefficiente di scambio termico di riferimento e di scambio termico corretto per ventilazione, aerazione e infiltrazione

Il coefficiente di scambio termico di riferimento per ventilazione, H_V , si determina mediante la seguente relazione:

$$H_V = \rho_a \cdot c_a \cdot \sum_k \dot{V}_{a,k}$$

dove:

H_V è il coefficiente di scambio termico di riferimento per ventilazione naturale, aerazione e/o infiltrazione, tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante, [W/K];

$\rho_a \cdot c_a$ è la capacità termica volumica dell'aria, pari a 0,34 Wh/(m³K);

$V_{a,k}$ è la portata d'aria media giornaliera k-esima dovuta a ventilazione naturale o aerazione e/o infiltrazione della zona, [m³/h];

K è il singolo e specifico ricambio d'aria dovuto o a ventilazione o ad aerazione o a infiltrazione.

DECRETO 5796 – AGGIORNAMENTO PROCEDURA DI CALCOLO

E.6.3.8.1 Coefficiente di scambio termico di riferimento e di scambio termico corretto per ventilazione, aerazione e infiltrazione

Il coefficiente di scambio termico corretto per ventilazione, $H_{V,adj}$, si determina mediante la seguente relazione:

$$H_{V,adj} = \rho_a \cdot c_a \cdot \left(\sum_k \dot{V}_{a,k,adj} \cdot b_{v,k} \right)$$

dove:

$\rho_a \cdot c_a$ è la capacità termica volumica dell'aria, pari a 0,34 Wh/(m³K);

$H_{V,adj}$ è il coefficiente di scambio termico corretto per ventilazione, aerazione e/o infiltrazione, tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante, [W/K];

$V_{a,k}$ è la portata d'aria media giornaliera k-esima dovuta a ventilazione naturale o aerazione e/o infiltrazione della zona o ventilazione meccanica, [m³/h];

$b_{v,k}$ è il fattore di correzione

DECRETO 5796 – AGGIORNAMENTO PROCEDURA DI CALCOLO

E.6.3.8.2 Portata di ventilazione media giornaliera

Le portate d'aria medie giornaliere di ventilazione della zona vengono calcolate in modo semplificato e convenzionale come segue:

a) sola aerazione o ventilazione naturale, comprese le infiltrazioni

$$\sum_k \dot{V}_{a,k} = V \cdot n$$

dove:

V è il volume netto della zona a temperatura controllata o climatizzata considerata, [m³];

n è il numero di ricambi d'aria medio giornaliero, determinato in funzione della destinazione d'uso e comprensivo delle infiltrazioni, [h⁻¹], che, per il calcolo ai fini del presente dispositivo, vale:

- per gli edifici o parti di edificio residenziali esistenti, $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$;
- per gli edifici o parti di edificio residenziali nuovi, $n = 0,3 \text{ h}^{-1}$;

DECRETO 5796 – AGGIORNAMENTO PROCEDURA DI CALCOLO

E.6.3.8.2 Portata di ventilazione media giornaliera

- per tutti gli altri edifici o parti di edificio si assume:

$$n = \frac{(\dot{v}_{\min} \cdot i_s \cdot A)}{V}$$

dove:

- n** è il numero di ricambi d'aria medio giornaliero, determinato in funzione della destinazione d'uso e comprensivo delle infiltrazioni, [h⁻¹];
- V_{min}** è la portata specifica d'aria esterna minima richiesta nel periodo di occupazione dei locali, (Prospetto XI), [m³/h per persona];
- i_s** è l'indice di affollamento (Prospetto XI), [persone/m²];
- A** è la superficie utile di pavimento, [m²];
- V** è il volume netto della zona climatizzata o a temperatura controllata considerato, [m³].

DECRETO 5796 – AGGIORNAMENTO PROCEDURA DI CALCOLO

E.6.3.8.2 Portata di ventilazione media giornaliera

b) ventilazione meccanica comprensiva delle eventuali infiltrazioni, sia per sistemi a semplice flusso che a doppio flusso:

$$\dot{V}_{a,k,adj} = \dot{V}_{des}$$

con:

$$\dot{V}_{des} \geq (\dot{v}_{min} \cdot i_s \cdot A)$$

dove:

n è il numero di ricambi d'aria medio giornaliero, determinato in funzione della destinazione d'uso e comprensivo delle infiltrazioni, [h⁻¹];

V_{des} è la portata d'aria di progetto, che non può essere inferiore rispetto ai valori calcolati secondo la formula, in funzione dei valori minimi riportati nel Prospetto XI, [m³/h].

DECRETO 5796 – AGGIORNAMENTO PROCEDURA DI CALCOLO

E.6.3.8.2 Portata di ventilazione media giornaliera

Categoria di edificio	Destinazione d'uso	i_s	\dot{V}_{min}
E.1 (1); E.1 (2)	Edifici residenziali	0,04	39,6
E.1 (3)	Edifici adibiti ad albergo, pensioni ed attività similari	0,05	39,6
E.2	Edifici adibiti ad uffici ed assimilabili	0,12	39,6
E.3	Edifici adibiti ad ospedali, cliniche o case di cura ed assimilabili	0,08	39,6
E.4	Edifici adibiti ad attività ricreative, associative e di culto	1,00	28,8
E.5	Edifici adibiti ad attività commerciali ed assimilabili	0,25	36,0
E.6	Edifici adibiti ad attività sportive	0,70	36,0
E.7	Edifici adibiti ad attività scolastiche di tutti i livelli e assimilabili	0,50	21,6
E.8	Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali ed assimilabili	0,25	36,0

Prospetto XI - Valori di i_s , \dot{V}_{min} , in funzione della categoria di edificio

(Fonte: UNI 10339:1995)

DECRETO 5796 – AGGIORNAMENTO PROCEDURA DI CALCOLO

E.6.3.8.3 Fattore di correzione $b_{v,k}$

Il fattore di correzione per la differenza di temperatura effettivamente presente nel k-esimo flusso d'aria, $b_{v,k}$, viene calcolato nel seguente modo:

a) ventilazione naturale, aerazione e infiltrazioni

$$b_{v,k} = 1$$

b) ventilazione meccanica a semplice flusso

$$b_{v,k} = 1$$

per ventilatore in estrazione o ventilatore premente senza pre-riscaldamento o pre-raffreddamento;

$$b_{v,k} = \frac{\theta_i - \theta_{im}}{\theta_i - \theta_e}$$

per ventilatore premente con pre-riscaldamento o pre-raffreddamento;

dove:

- θ_{im} è il valore di progetto della temperatura di immissione dell'aria nella zona dopo il pre-riscaldamento o pre-raffreddamento, [°C];
- θ_i è la temperatura interna prefissata della zona termica considerata, [°C];
- θ_e è il valore medio mensile della temperatura media giornaliera esterna, [°C].

c) ventilazione meccanica a doppio flusso

$$b_{v,k} = 1$$

per sistemi senza pre-riscaldamento o pre-raffreddamento e senza recupero termico o entalpico;

$$b_{v,k} = \frac{\theta_i - \theta_{im}}{\theta_i - \theta_e}$$

per sistemi con pre-riscaldamento o pre-raffreddamento e senza recupero termico o entalpico;

$$b_{v,m} = 1 - f_R \cdot \eta_{R,eff}$$

per sistemi con recupero termico o entalpico e senza pre-riscaldamento o pre-raffreddamento;

dove:

$\eta_{R,eff}$ è l'efficienza effettiva del recuperatore di calore;

f_R è la percentuale di portata d'aria esterna che passa attraverso il recuperatore di calore.

L'eventuale presenza di pre-riscaldamento o pre-raffreddamento con a monte un recuperatore viene equiparata, per lo scopo del presente paragrafo, al caso senza recuperatore, rinviando la determinazione del risparmio indotto dal suo impiego al sottosistema di ventilazione.

ESEMPI REALIZZATIVI

VENTILATORI, SILENZIATORI E RETE ORIZZONTALE



ESEMPI REALIZZATIVI

DISPOSITIVO DI INGRESSO DELL'ARIA INSTALLATO SU CASSONETTO



ESEMPI REALIZZATIVI

CAVEDI ED UTILIZZO DEL CANALE PIATTO OVALE



ESEMPI REALIZZATIVI

REALIZZAZIONE DI DUE STACCHI GEMELLI



ESEMPI REALIZZATIVI

FASI DELLA LAVORAZIONE IN CANTIERE



ESEMPI REALIZZATIVI

VISTA DELLA RETE ORIZZONTALE INSTALLATA A TETTO:
VENTILATORE IN POSIZIONE CENTRALE E SVILUPPO DI DUE RETI D'ESTRAZIONE GEMELLE



ESEMPI REALIZZATIVI

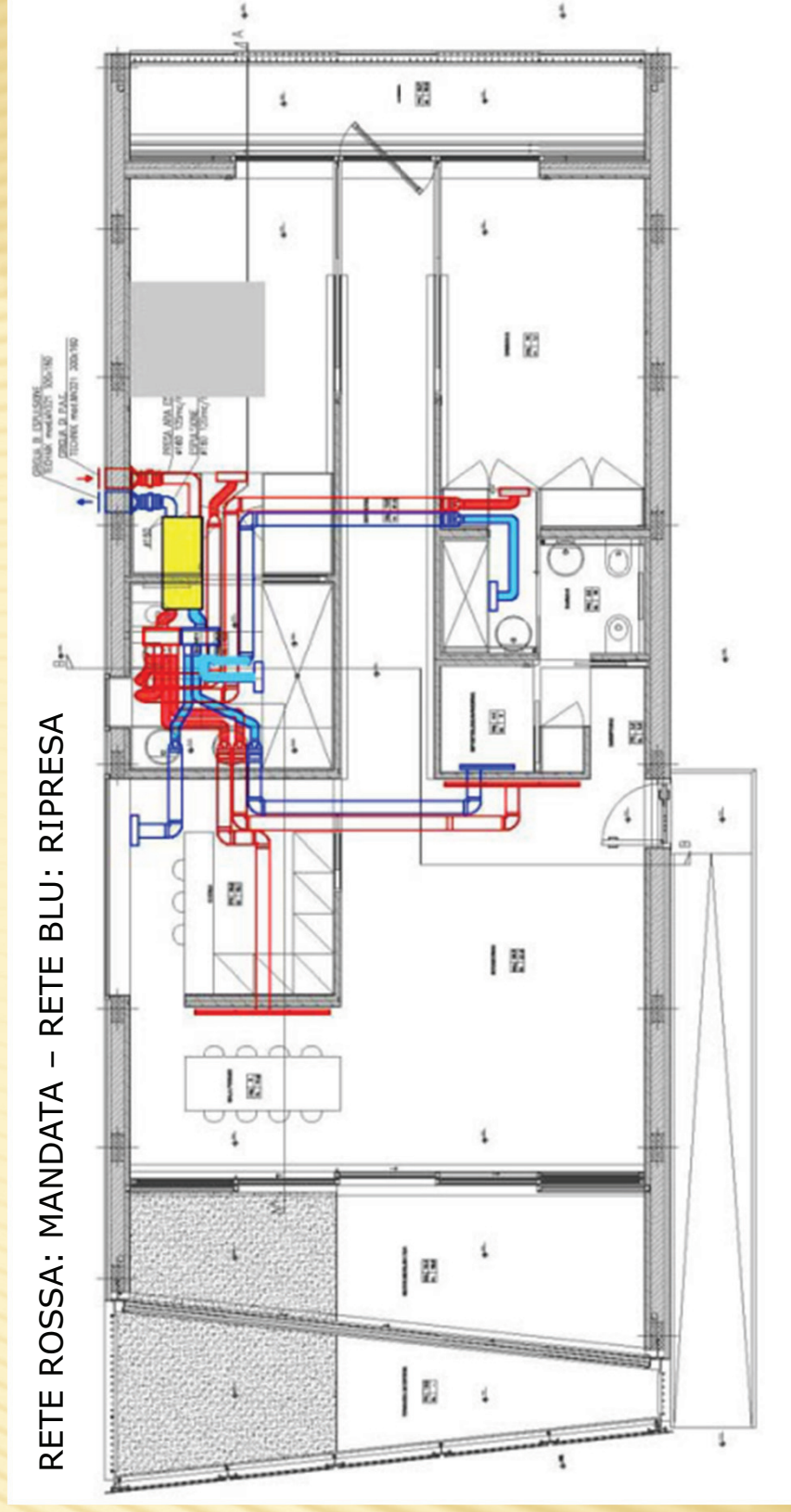
CENTRALE PER IMPIANTO A DOPPIO FLUSSO CON RECUPERO DI CALORE
E VISTA DELLO SVILUPPO DELLA COMPLESSA RETE DI CANALI



ESEMPI REALIZZATIVI

UNO SCHEMA DI IMPIANTO

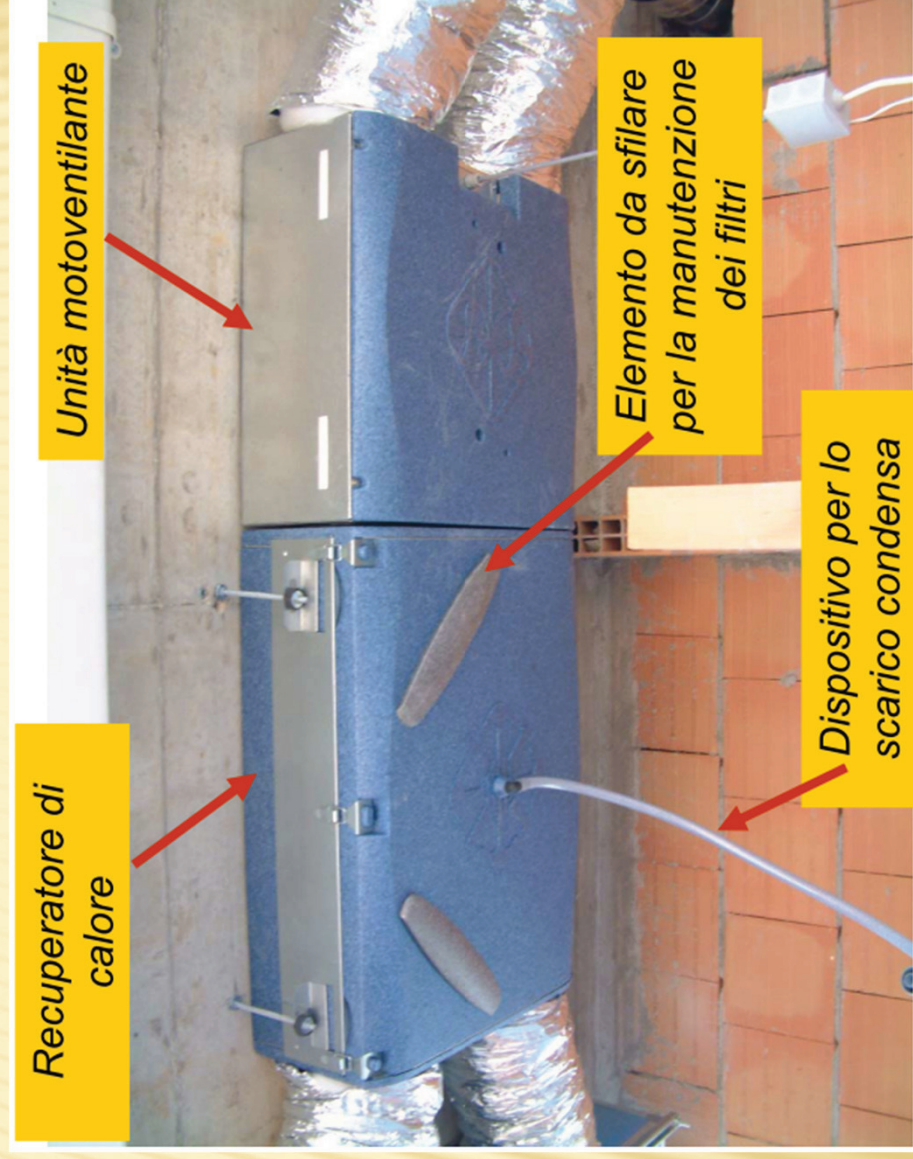
RETE ROSSA: MANDATA - RETE BLU: RIPRESA



NB: criticità: la presa d'aria esterna e l'espulsione sono troppo vicine. Possibilità di contaminazione tra i flussi.

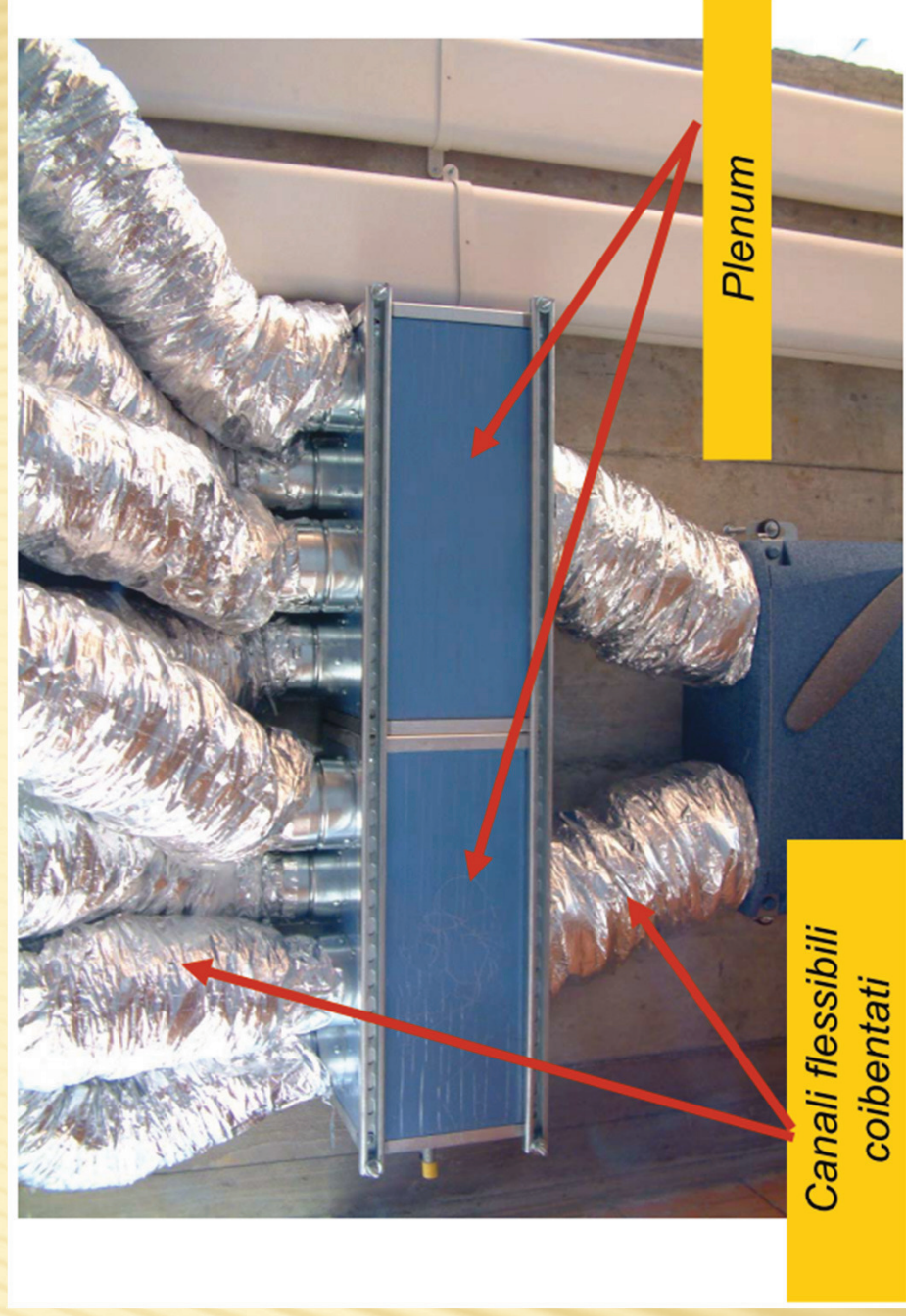
ESEMPI REALIZZATIVI

UNITA' VENTILANTE E RECUPERATORE DI CALORE AD USO RESIDENZIALE



ESEMPI REALIZZATIVI

DISTRIBUZIONE CON PLENUM



ESEMPI REALIZZATIVI

DISTRIBUZIONE CON CANALI OVALI IN PVC

