

# TEORIA E PRATICA DELLA VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA

Ing. Gabriele Crescini – Responsabile Sviluppo Progetti  
Maico Italia S.p.A.

SECONDA PARTE

*Dalla teoria al  
dimensionamento  
con un esempio  
pratico di  
installazione*

# SOMMARIO

|   |    |
|---|----|
| Cos'è la Ventilazione Meccanica Controllata?                                | 3  |
| Principio di funzionamento di un impianto di VMC                            | 4  |
| Analisi intervento reale  | 6  |
| Dimensionamento dell'impianto di VMC secondo UNI EN 15251 e UNI 10339       | 12 |
| Specifiche tecniche impianto VMC  | 15 |
| Verifica del rischio di condensazione superficiale e di formazione di muffe | 18 |
| Installazione dell'impianto di VMC  | 18 |

## Indice delle Figure:

|  |    |
|--|----|
| Figura 1: Ripresa fotografica fenomeni di formazione di muffe evidenti in corrispondenza del nodo parete verticale- solaio | 6  |
| Figura 2: Ripresa fotografica fenomeni di formazione di muffe evidenti in corrispondenza del nodo parete- serramento       | 7  |
| Figura 3: Ripresa fotografica fenomeni di formazione di muffe evidenti in corrispondenza                                   | 7  |
| Figura 4: grafico temperature nodo strutturale N7  | 10 |
| Figura 5: grafico flusso nodo strutturale N7   | 10 |
| Figura 6: grafico umidità relativa nodo strutturale N7   | 11 |
| Figura 7: Schema di installazione impianto VMC centralizzata   | 15 |
| Figura 8: Unità centrale tipo REC In linea 180   | 16 |
| Figura 9: curve/prestazioni e dimensioni unità centrale tipo REC In linea 180  | 16 |
| Figura 10: Esempio di installazione sistema di distribuzione aria MAICOFLex  | 17 |

## 1. Cos'è la Ventilazione Meccanica Controllata?

La Ventilazione Meccanica Controllata (in seguito indicata con VMC) con recupero di calore, è un impianto che permette di avere sempre un corretto ricambio dell'aria negli ambienti, abbinato ad elevato risparmio energetico sia termico che elettrico.

La VMC con recupero di calore è una tecnologia che ha avuto un ragguardevole sviluppo negli ultimi anni, soprattutto nel momento in cui, grazie ad una legislazione molto più attenta ai consumi energetici, si è cominciato a costruire case ed edifici che consumassero meno energia per essere riscaldati durante la stagione invernale e raffreddati durante il periodo estivo.

Con l'introduzione di materiali molto performanti per l'isolamento delle pareti e l'installazione di serramenti caratterizzati da un'altissima tenuta all'aria, si è raggiunto il significativo obiettivo della riduzione dei fabbisogni energetici, andando tuttavia ad influire negativamente sul comfort ambientale e sulla salubrità dell'edificio.

Come ormai ben noto, esistono numerosi studi in letteratura che dimostrano come la qualità dell'aria, all'interno di abitazioni contraddistinte da un'insufficiente ventilazione, in molti casi, è ben peggiore di quella esterna<sup>1</sup> - <sup>2</sup>.

Sono infatti numerose le fonti di inquinamento nei locali abitati: spore delle muffe, anidride carbonica sviluppata dalle persone, rilascio di VOC (Composti Organici Volatili) come la formaldeide e altre sostanze chimiche emesse dagli arredi ecc. Tutti questi fattori rappresentano un notevole peggioramento del livello di salubrità ed un pericolo concreto per la salute dell'uomo; a solo titolo di esempio, l'inalazione delle spore delle muffe può causare pericolose allergie e patologie respiratorie<sup>3</sup>.

Diventa quindi molto importante, se non addirittura necessario, migliorare la qualità dell'aria negli ambienti in cui passiamo gran parte della nostra vita.

<sup>1</sup> WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants: [Link](#)

<sup>2</sup> WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould: [Link](#)

<sup>3</sup> Per un approfondimento sul tema delle muffe consigliamo la lettura del seguente articolo: [Link](#)

Aprire le finestre di casa per assicurare il ricambio d'aria però, non è più sufficiente; inoltre, essere costretti ad aprire le finestre, risulta estremamente scomodo e poco conveniente, pregiudicando la temperatura interna climatizzata e provocando inutili sprechi di energia.

Un impianto di VMC invece, con l'utilizzo di ventilatori a bassissimo assorbimento elettrico e bassa rumorosità, preleva l'aria continuamente dagli ambienti più umidi della casa, quali bagni e cucine, e la reimmette nelle altre stanze della abitazione. Inoltre grazie alla tecnologia del recupero di calore, recupera gran parte dell'energia termica dell'aria espulsa, fino al 90%, cedendola a quella in entrata.

La portata d'aria dell'impianto è modificabile e può variare in base alla maggiore o minore umidità relativa interna o alla presenza o meno di persone. In questo modo il ricambio sarà maggiore o minore a seconda dell'effettiva qualità dell'aria interna e quindi della reale necessità di ricambio, garantendo un risparmio sul consumo elettrico. Inoltre l'impianto di VMC può essere integrato ai moderni sistemi di controllo domotici di ultima generazione, garantendo un'ulteriore versatilità e flessibilità nel funzionamento.

## 2. Principio di funzionamento di un impianto di VMC

Il principio di funzionamento dell'impianto che descriveremo è quello di un sistema di VMC a doppio flusso con recupero di calore.

Questo sistema apporta agli occupanti un maggiore confort termoigrometrico ed un notevole miglioramento della qualità dell'aria.

Un'unità di recupero calore, installata in orizzontale o verticale, provvede al recupero statico ad alta efficienza dell'energia termica dall'aria estratta, cedendola all'aria immessa. L'unità di recupero ha al suo interno un gruppo di ventilazione composto da 2 ventilatori; questi ventilatori generano la movimentazione dell'aria di immissione ed estrazione, attraverso una rete di condotti distribuiti all'interno dell'unità del volume da trattare.

All'interno dell'unità di recupero, c'è un recuperatore che è il vero e proprio cuore del sistema. All'interno del recuperatore i flussi d'aria uscente ed entrante si incrociano senza mischiarsi, mentre il calore dell'aria ambiente, viziata, viene trasferito all'aria esterna

fredda di rinnovo. Il rendimento dell'unità di recupero, in condizioni standard (esterno -5°C, interno +20°C con 60% di u.r.) dovrà risultare sempre superiore al 90%.

L'unità di recupero è progettata per permettere lo scarico della condensa; è previsto un raccordo per lo scarico delle condense che dovrà essere raccordato alla rete di scarico acque mediante un collegamento dotato di sifone.

Il sistema deve essere progettato ed installato per garantire che, le portate di ricambio aria necessarie siano bilanciate e costanti, sia in immissione che in estrazione.

La circolazione dell'aria avviene a partire dalle bocchette di immissione verso le bocchette di estrazione.

Il sistema deve consentire almeno tre regimi di funzionamento: una portata di base (funzionamento portata progetto), una portata massima in caso di richiesta di maggiore ventilazione (funzionamento BOOST) e una portata attenuata (funzionamento portata minima).

Le bocchette di estrazione garantiscono le portate di progetto estratte dall'ambiente mentre le bocchette di immissione provvedono le portate necessarie alle varie zone dell'ambiente di aria di rinnovo.

L'aria immessa e l'aria estratta sono filtrate per garantire la qualità dell'aria all'interno dell'abitazione.

È garantito altresì l'isolamento dal rumore proveniente dall'esterno.

La VMC è una tecnologia che si adatta ottimamente alle nuove costruzioni, ma deve essere presa in considerazione anche in interventi di ristrutturazione.

### 3. Analisi intervento reale

Riportiamo un caso di intervento sviluppato in collaborazione con lo studio SAI progetti s.r.l. Servizi per l'Architettura e l'Ingegneria<sup>4</sup>

Scopo dell'indagine tecnica condotta è quello, in primo luogo, di ricercare le cause dei fenomeni di degrado riscontrati sulle superfici interne di alcuni nodi costruttivi del fabbricato ed in secondo luogo, di formulare proposte di intervento risolutive.

Si riportano di seguito alcune riprese fotografiche rappresentative dei fenomeni di degrado riscontrati sulle superfici interne nel corso dei sopralluoghi conoscitivi effettuati.



**Figura 1: Ripresa fotografica fenomeni di formazione di muffe evidenti in corrispondenza del nodo parete verticale- solaio**

<sup>4</sup> SAI progetti srl: [Link](#)



**Figura 2: Ripresa fotografica fenomeni di formazione di muffe evidenti in corrispondenza del nodo parete- serramento**



**Figura 3: Ripresa fotografica fenomeni di formazione di muffe evidenti in corrispondenza del nodo parete verticale- solaio piano sesto**



Al fine di verificare la presenza oggettiva (legata a caratteristiche intrinseche della struttura e non all'uso particolare dei locali presso i quali sono stati riscontrati fenomeni di degrado) del rischio di condensa e/o della formazione di muffe, sono state ricostruite le stratigrafie dei principali nodi strutturali, analizzandole successivamente attraverso l'impiego di software agli elementi finiti (IRIS 3; THERM).

La modellazione ad elementi finiti, è una tecnica numerica atta a cercare soluzioni approssimate di problemi descritti da equazioni differenziali alle derivate parziali, riducendo queste ultime ad un sistema di equazioni algebriche.

La ricostruzione delle stratigrafie è stata effettuata sulla base di rilievi geometrici effettuati in sito e a partire dalla documentazione di progetto, disponibile per la consultazione presso gli archivi comunali.

Le verifiche condotte, in accordo con le indicazioni di cui alle norme UNI EN ISO 13788:2013 e UNI EN ISO 10221:2013, adottando per le condizioni al contorno i valori previsti dal legislatore, evidenziano come le superfici interne di alcuni nodi strutturali, possono, in condizioni standard, essere soggette alla formazione di muffa.

Si osserva come, alcune tipologie dei nodi strutturali che alla luce dei calcoli presentano condizioni potenzialmente favorevoli alla crescita di colonie fungine, sono riscontrabili sull'involucro dell'unità immobiliare maggiormente colpita dai fenomeni di degrado. Ciò suggerisce che le problematiche osservate possano essere ricondotte a elevati valori di umidità relativa sul lato interno dell'involucro edilizio (fenomeni di superficie).

Le simulazioni sono state realizzate mediante l'ausilio dei seguenti software di calcolo agli elementi finiti:

- IRIS 3.0 (calcolo dei ponti termici agli elementi finiti secondo UNI EN ISO 10211; Verifica del coefficiente  $\psi$  e del rischio di muffa e condensa);
- THERM.

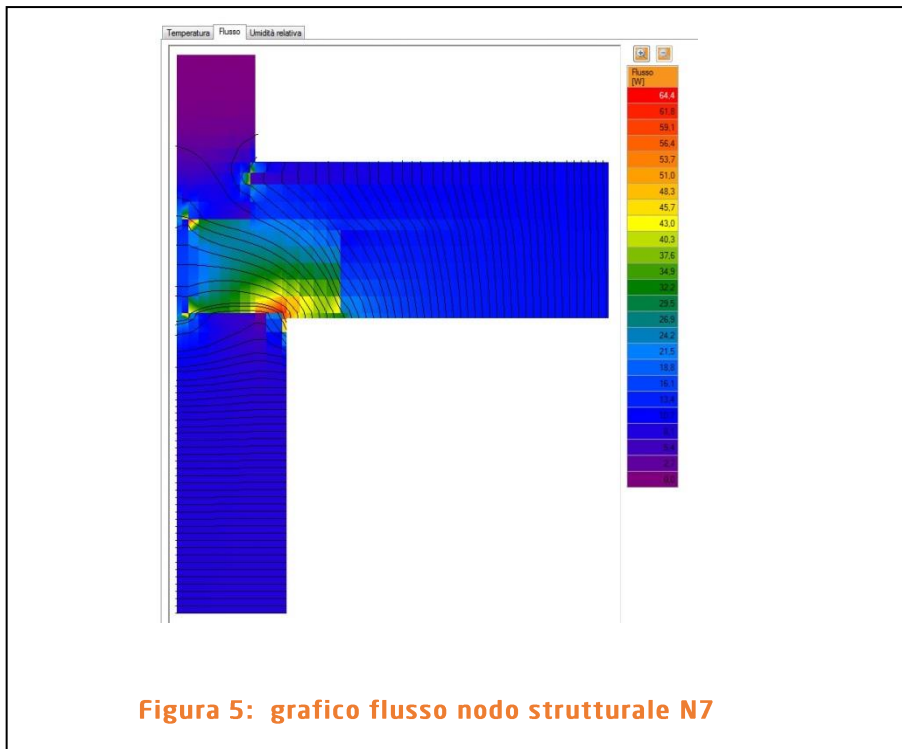
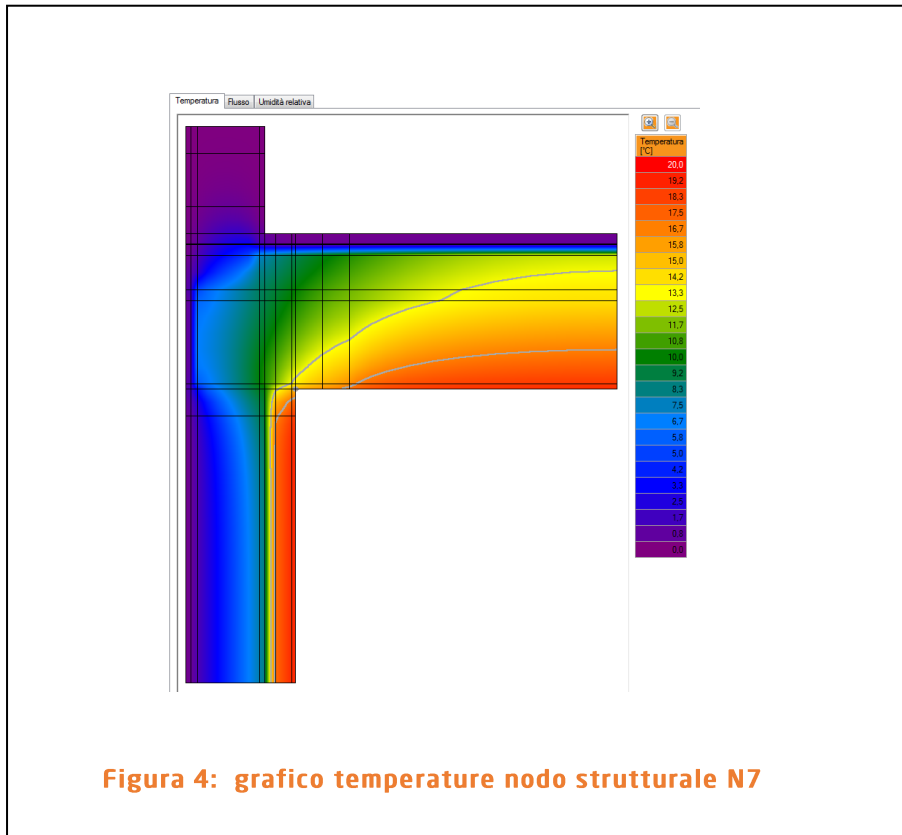
Le condizioni interne sono quelle indicate dal legislatore (condizioni standard). Si noti come le temperature di rischio interne, in accordo con le disposizioni di cui al DPR 59/09, sono valori fissi per tutta la stagione di riscaldamento.

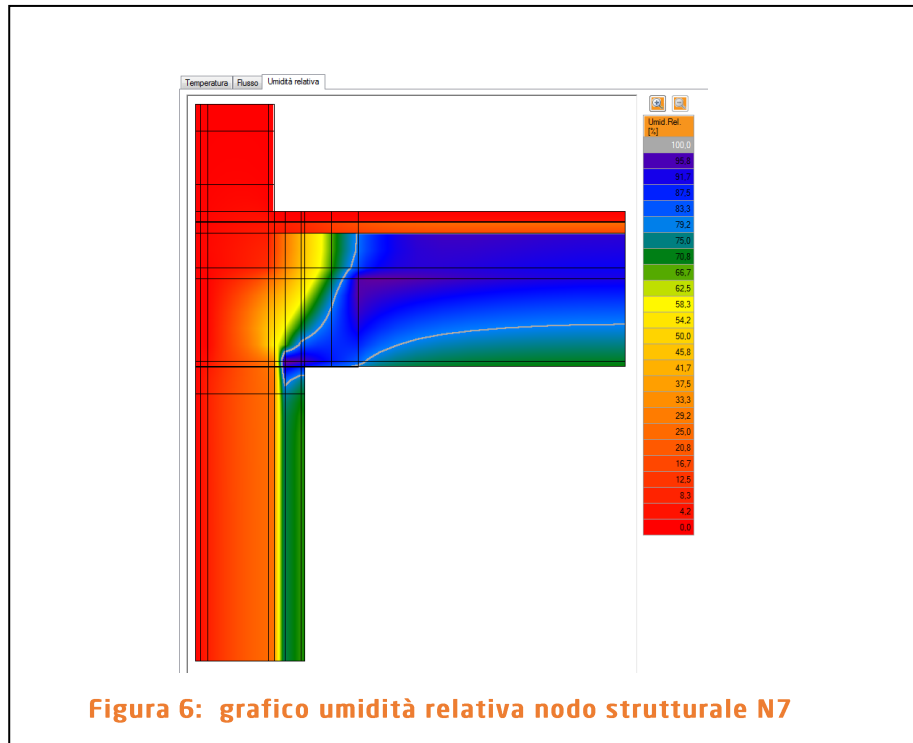
Il mese critico per la formazione di muffa e per la formazione di condensa, in questo caso, coincidono con il mese di gennaio.

Il prospetto riportato di seguito sintetizza i risultati ottenuti per i diversi nodi analizzati.

| Progr. | Descrizione | Coefficiente lineico interno [W/m K] | Coefficiente lineico esterno [W/m K] | Rischio condensa | Rischio muffa |
|--------|-------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------|---------------|
| 1      | N6          | 0,458                                | 0,123                                | ✓                | ✗             |
| 2      | N7          | 0,556                                | 0,124                                | ✓                | ✗             |
| 3      | N9          | 0,715                                | 0,464                                | ✓                | ✓             |
| 4      | N10         | 0,135                                | -0,277                               | ✓                | ✓             |
| 5      | N11         | 0,496                                | 0,496                                | ✓                | ✓             |
| 6      | N14         | 0,508                                | 0,187                                | ✓                | ✗             |

Tabella 1: ✓ = verifica soddisfatta ✗ = verifica non soddisfatta





I fenomeni di superficie consistono sostanzialmente nella proliferazione di colonie fungine e, nei casi estremi, anche nella condensazione d'acqua sulla superficie interna dell'involucro. Nel caso di mancata verifica occorre pianificare interventi per ottenere i seguenti due obiettivi:

- A. ridurre i valori della  $P_{vi}$  (pressione di vapore interna) aumentando il valore di  $n$  (rinnovo d'aria) e/o diminuendo il rapporto  $gv/V$  (con  $gv$  portata di vapore prodotta dalle sorgenti interne,  $V$  volume dell'ambiente);
- B. aumentare la  $T_{pi}$  (temperatura superficiale, media mensile) tramite un maggiore isolamento termico dell'involucro edilizio.

Dopo un'accurata analisi sulle possibili soluzioni al problema si è deciso di intervenire incrementando il valore del rinnovo d'aria  $n$  mediante l'installazione di un impianto di ventilazione meccanica degli ambienti.

Tale soluzione, oltre ad essere la più efficace, garantisce un minore impatto economico rispetto ad altri rimedi più invasivi (come ad esempio l'intervento sull'isolamento termico delle pareti perimetrali piane e focalizzando l'attenzione sui ponti termici).

## 4. Dimensionamento dell'impianto di VMC secondo UNI EN 15251 e UNI 10339

Nella legislazione Italiana non esiste attualmente una specifica legge di riferimento in materia di ventilazione degli edifici ad uso civile e/o terziario. Esistono però delle normative tecniche che vengono normalmente utilizzate come riferimento per il dimensionamento di un impianto di ventilazione.

Il dimensionamento dell'impianto di VMC è stato quindi condotto seguendo i dettami delle norme di riferimento in materia che sono la norma UNI EN 15251 e la UNI 10339

Di seguito si riportano i calcoli eseguiti per il dimensionamento di un impianto di ventilazione meccanica controllata, basato sui parametri stabiliti dalla norma UNI EN 15251.

Appartamento di categoria II, composto da n° 8 vani, di cui n°2 camere da letto, che si presume occupato al massimo da 5 persone:

Superficie netta: 86,63 m<sup>2</sup>

Altezza dei locali: 2,70 m

Volume degli ambienti: 233,91 m<sup>3</sup>

Locali:

|                                    |                      |                      |
|------------------------------------|----------------------|----------------------|
| - soggiorno                        | 21,74 m <sup>2</sup> |                      |
| - ingresso                         | 10,79 m <sup>2</sup> |                      |
| - disimpegno                       | 4,59 m <sup>2</sup>  |                      |
| - cucina                           | 13,86 m <sup>2</sup> |                      |
| - bagno 1                          | 4,64 m <sup>2</sup>  |                      |
| - bagno 2                          | 6,03 m <sup>2</sup>  |                      |
| - camera da letto 1 (matrimoniale) |                      | 14,56 m <sup>2</sup> |
| - camera da letto 2 (singolo)      |                      | 10,42 m <sup>2</sup> |

Utilizzando i parametri della norma UNI EN 15251 si calcolano le portate di aria secondo la superficie e secondo gli occupanti.

- Calcolo secondo la superficie

$$0,42 \text{ [l/s, m}^2\text{]} \times 86,63 \text{ [m}^2\text{]} = 36,38 \text{ [l/s]} \text{ (131 m}^3\text{/h)}$$

- Calcolo secondo gli occupanti

$$7 \text{ [l/s, persona]} \times 5 \text{ [persone]} = 35 \text{ [l/s]} \text{ (126 m}^3\text{/h)}$$

- Si seleziona il valore più elevato: 36,38 [l/s] (131 m<sup>3</sup>/h)

- Si calcolano le estrazioni dei bagni, cucine e toilette

|         |                                 |
|---------|---------------------------------|
| Bagno 1 | 15 [l/s] (54 m <sup>3</sup> /h) |
|---------|---------------------------------|

|         |                                 |
|---------|---------------------------------|
| Bagno 2 | 15 [l/s] (54 m <sup>3</sup> /h) |
|---------|---------------------------------|

|        |                                 |
|--------|---------------------------------|
| Cucina | 20 [l/s] (72 m <sup>3</sup> /h) |
|--------|---------------------------------|

|        |                                  |
|--------|----------------------------------|
| Totale | 50 [l/s] (180 m <sup>3</sup> /h) |
|--------|----------------------------------|

- Per un corretto bilanciamento le estrazioni dovrebbero essere pari o superiori a 180 m<sup>3</sup>/h.

Si ottiene in totale un valore pari a  $(180 \text{ m}^3\text{/h}) / (233,91 \text{ m}^3) = 0,77 \text{ volumi/ora}$

Se per lo stesso appartamento si utilizzano i parametri previsti dalla UNI 10339 prospetto III avremo:

- Aria esterna (soggiorno, camere da letto)  $0,0444 \text{ [persone, m}^2\text{]} \times 46,72 \text{ m}^2 = 2 \text{ [persone]}$

$$\text{Portata aria esterna } 11 \text{ [l/s, persona]} \times 2 \text{ [persone]} = 22 \text{ [l/s]} \text{ (79,2 m}^3\text{/h)}$$

- Estrazioni (bagni, WC) Bagno 1 + Bagno 2

$$4 \text{ [vol/h]} \times 28,81 \text{ [m}^3\text{]} = 115,24 \text{ (m}^3\text{/h)}$$

Non essendo specificato della norma se nelle cucine residenziali si debbano considerare i 4 volumi/ora, nel calcolo dei volumi di estrazione, per la cucina è stata considerata un portata di estrazione congrua pari a 40 m<sup>3</sup>/h.

Si ottiene in totale un valore pari a  $(146 \text{ m}^3/\text{h}) / (233,91 \text{ m}^3) = 0,62 \text{ Volumi/ora}$

Dal calcolo si deduce che tassi di ricambio compresi tra 0,50 vol/h e 0,77 vol/h, possono considerarsi ottimali ai fini di garantire la salubrità degli occupanti.

Si dimensionerà comunque l'impianto per garantire un numero di ricambi massimo pari a 0,77 vol/h.

Si propone dunque l'installazione di un sistema di ventilazione meccanica controllata di immissione ed estrazione del tipo autonomo, dimensionato per una portata massima pari a 180 m<sup>3</sup>/h (corrispondente a 0,77 volumi/ora).

## 5. Specifiche tecniche impianto VMC

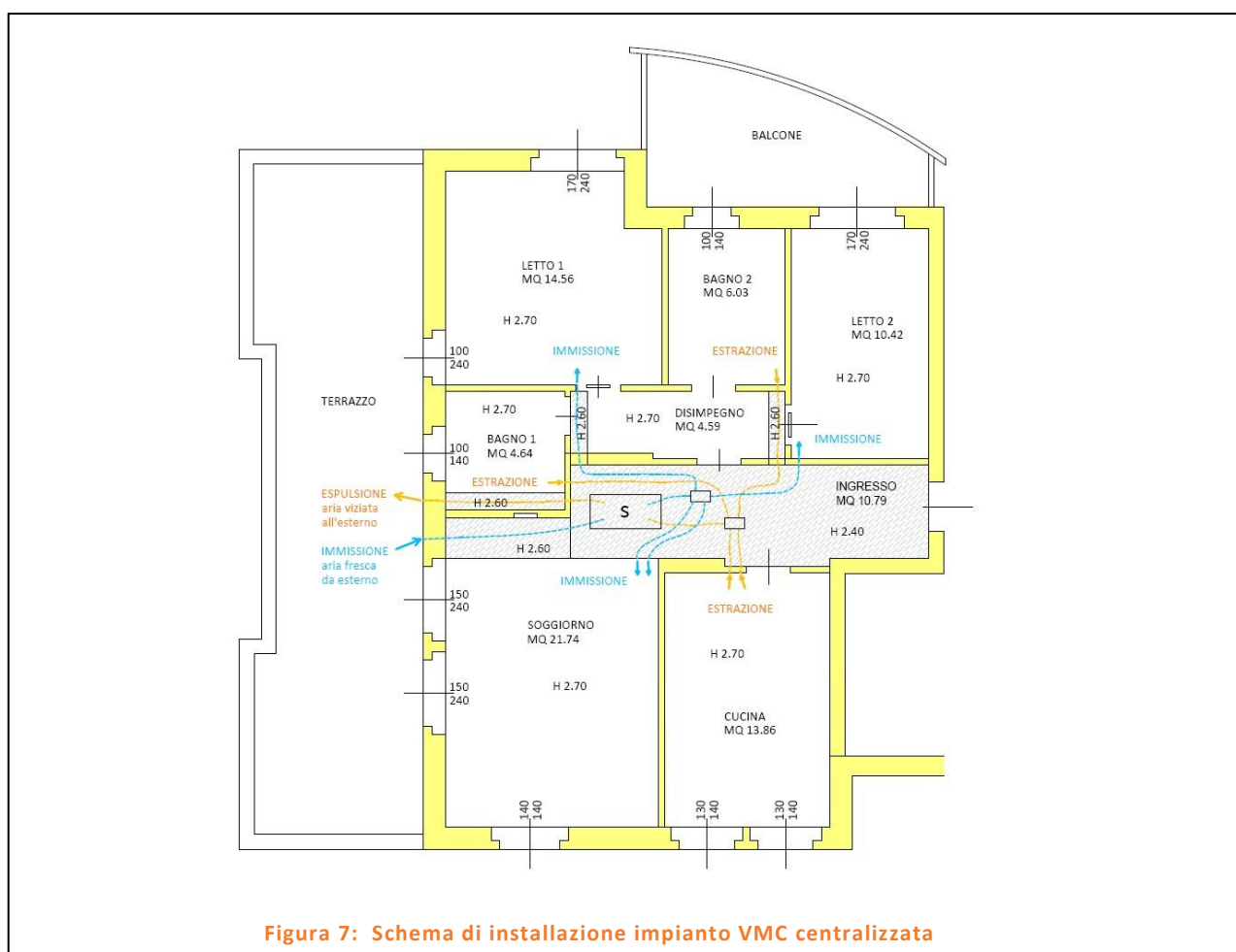
Impianto di ventilazione meccanica controllata prodotto da "MAICO ITALIA" completo di tutti i componenti meccanici o elettrici necessari, secondo lo schema preliminare di massima allegato di seguito (vedi ).

Superficie utile unità abitativa circa 90 m<sup>2</sup>, altezza netta ambienti 270 cm, portata ricambi orari pari a 180 m<sup>3</sup>/h (0,77 volumi/ora);

n° 1 punto di estrazione in facciata e n° 1 punto di emissione in facciata;

n° 3 vani di estrazione aria viziata: cucina, bagno 1, bagno 2;

n° 3 vani di immissione aria esterna: soggiorno, camera 1, camera 2;

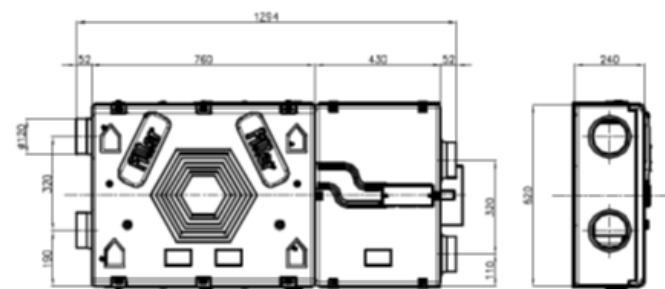
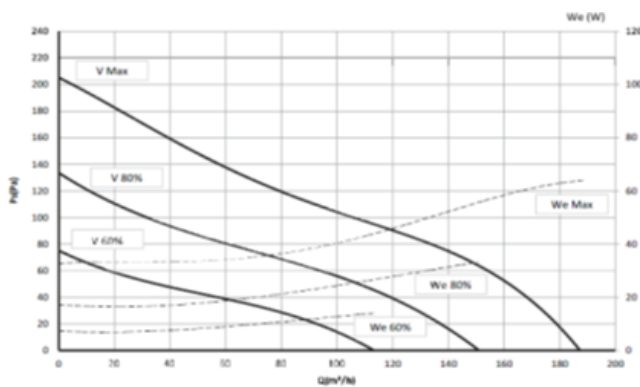




Unità centrale tipo MAICO ITALIA "REC In linea 180": unità centralizzata di estrazione e di immissione aria con recupero di calore ad alta efficienza 90% ad installazione orizzontale, portata massima pari a 180 m<sup>3</sup>/h.



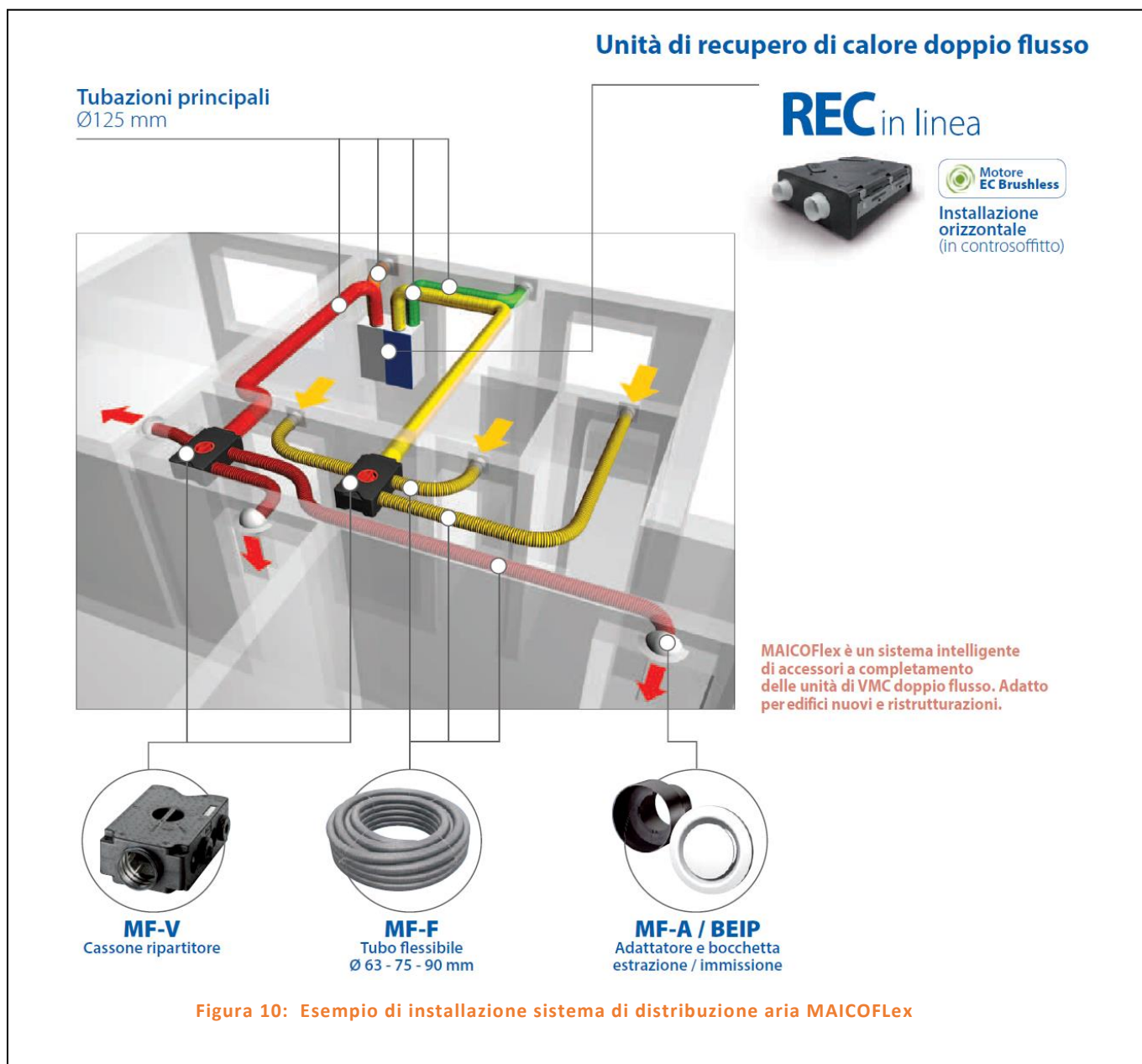
Figura 8: Unità centrale tipo REC In linea 180



REC in linea 180

Figura 9: curve/prestazioni e dimensioni unità centrale tipo REC In linea 180

Sistema di distribuzione MAICOFlex composto da n° 2 unità di ripartizione; tubi flessibili; tubi sanitizzati e isolati acusticamente; raccordi, adattatori e bocchette di immissione / estrazione aria.



**N.B.: FINE SECONDA PARTE - CONTINUA**

## 6. Verifica del rischio di condensazione superficiale e di formazione di muffe

.....

.....

## 7. Installazione dell'impianto di VMC

.....

.....

Per maggiori informazioni:

Maico Italia S.p.A.

Tel. +39.030.9913575

Email [info@maico-italia.it](mailto:info@maico-italia.it)

Lonato del Garda (BS), Febbraio 2016

Ringraziamenti:

SAI progetti srl [Link](#) per il supporto fornito