



Ricambio d'aria negli  
ambienti

La ventilazione meccanica  
controllata

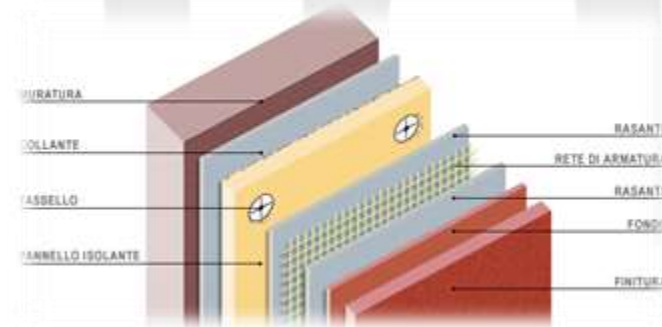
## Perché ne parliamo?

La ventilazione meccanica era un argomento pressoché inesistente prima del 2005.

Gli operatori in Italia erano rari e il volume d'affari era molto basso.

Cos'è successo nel 2005? E' entrato in vigore l'obbligo di certificazione energetica degli edifici (D.Lgs. 192/2005).

Da quel momento progettisti e costruttori hanno cominciato una corsa al miglioramento dell'involucro edilizio, eliminando infiltrazioni naturali dell'aria e **riducendo le perdite per trasmissione e ventilazione.**



Perdite per trasmissione  $Q_T$

Perdite per ventilazione  $Q_v$

Apporti solari  $Q_s$

Apporti interni  $Q_i$

### BILANCIO ENERGETICO INVOLUCRO

$$Q_T + Q_v - \eta (Q_i + Q_s)$$

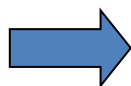
## BILANCIO ENERGETICO INVOLUCRO

$$Q_T + Q_V - \eta (Q_i + Q_s)$$

$$Q_T = U \times A \times (T_{int} - T_{est})$$

Ridurre  $Q_T$   Ridurre  $U, A, \Delta T$

Ridurre  $U$



**Isolare termicamente**

Ridurre  $A$

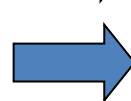


**Edifici compatti (Basso  $S/V$ )**



**Forma**

Ridurre  $\Delta T$



**Accettare  $T_{interne}$  più basse**

**(Stesso comfort grazie a  $T_{medie}$  radianti elevate)**

## BILANCIO ENERGETICO INVOLUCRO

$$Q_T + Q_v - \eta (Q_i + Q_s)$$

Ridurre  $Q_v$  è possibile con:

- VMC con recupero di calore
- Tenuta all'aria dell'involucro (Infissi a tenuta, uso di teli ben sigillati su strutture in legno, ecc.)

## BILANCIO ENERGETICO INVOLUCRO

$$Q_T + Q_V - \eta (Q_i + Q_s)$$

$\eta$  = coefficiente di utilizzazione apporti

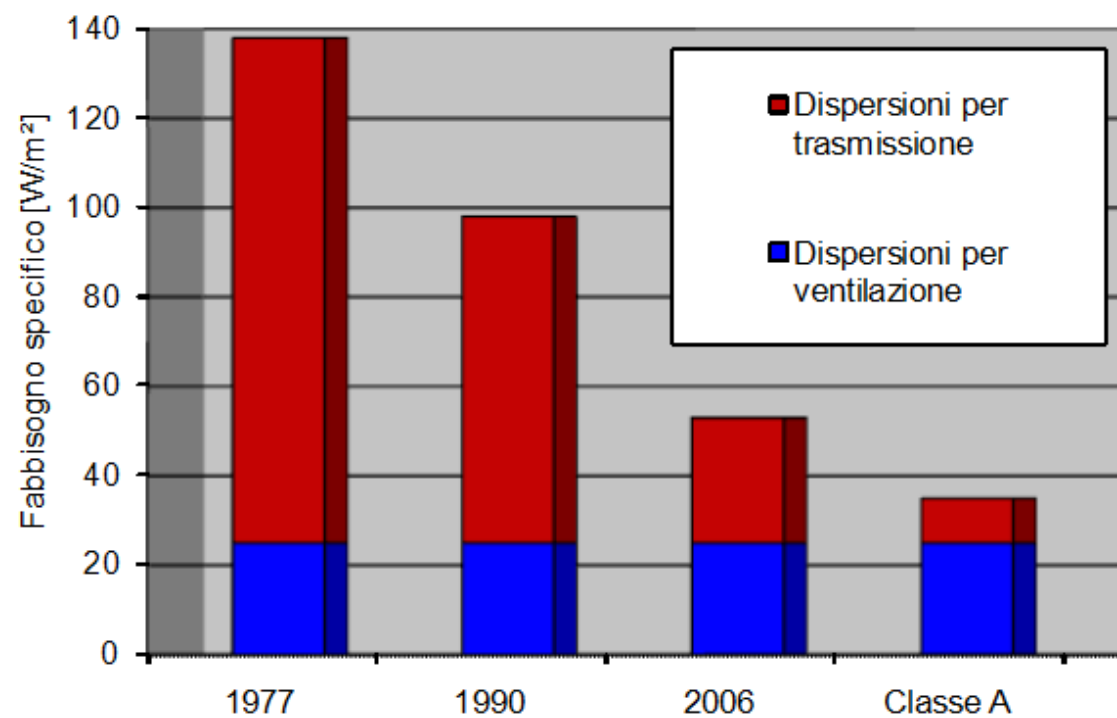
**Aumentare  $\eta$**

**Strutture pesanti**

(aumentando l'inerzia termica riesco ad accumulare energia e trattenere perciò gli apporti)

*Non ottimale la presenza di isolamento termico interno*

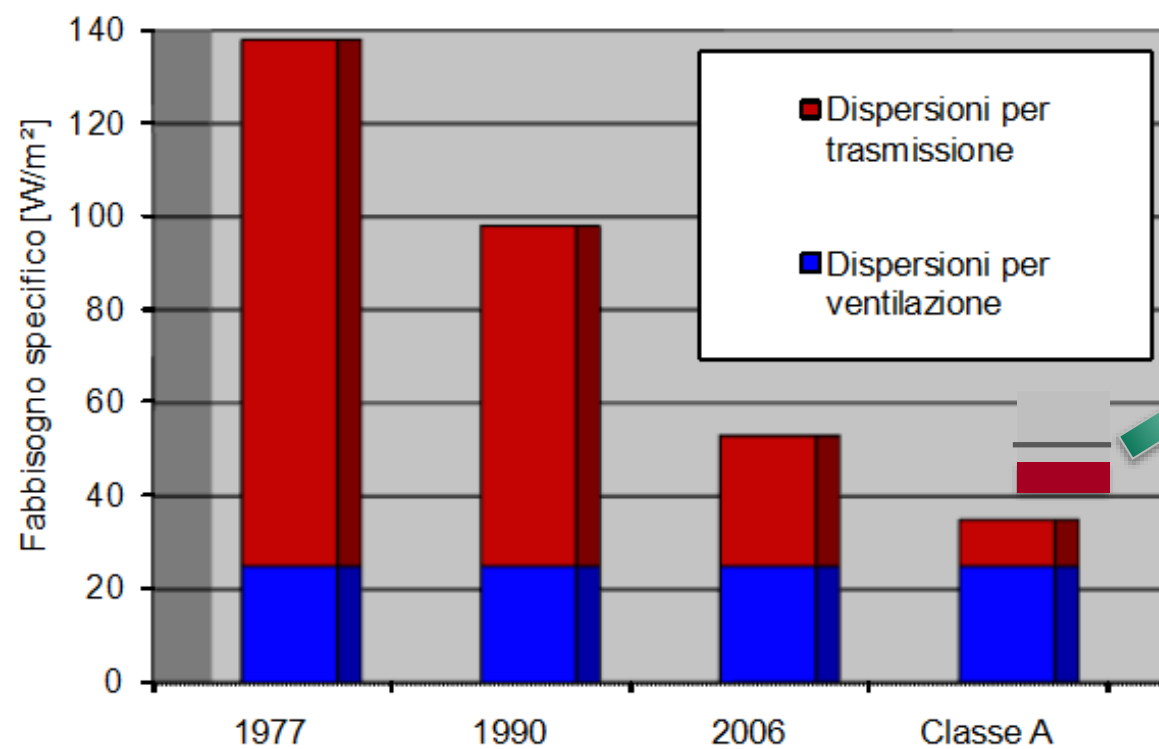
## Risultato con ventilazione naturale (ap. finestre)



la quota parte di dispersioni per ventilazione rimane alta e supera le perdite per trasmissione, vanificando le spese dell'isolamento



## Risultato con VMC

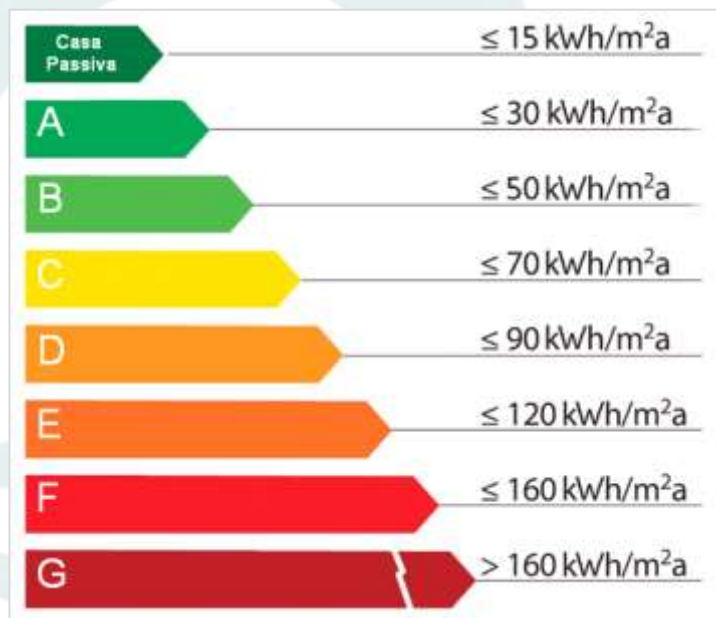


Con ventilazione meccanica, le perdite per ventilazione si abbattano



## Qv incide % di più al crescere della classe energetica!

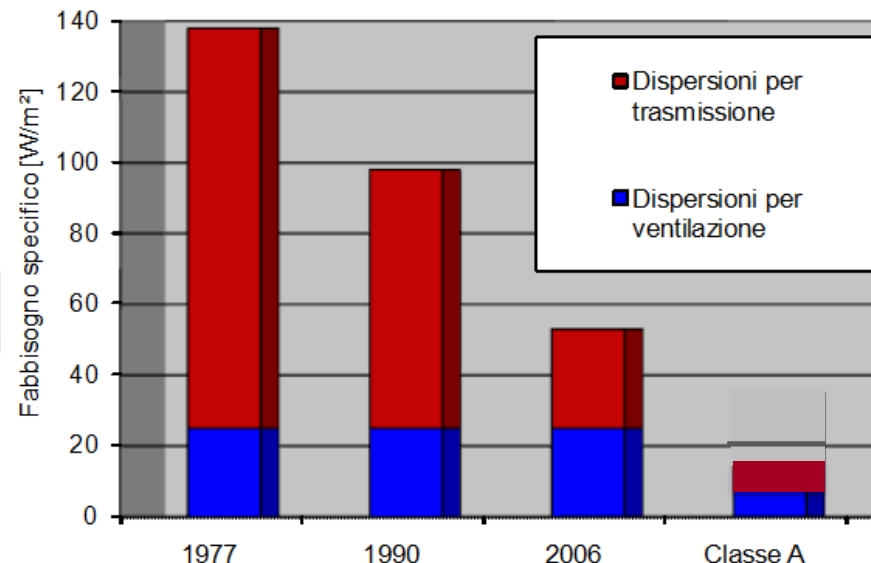
Al crescere dell'efficienza dell'involucro le dispersioni per ventilazione aumentano in percentuale



A parità di isolamento termico e di valori di trasmittanza dell'involucro è possibile passare alla

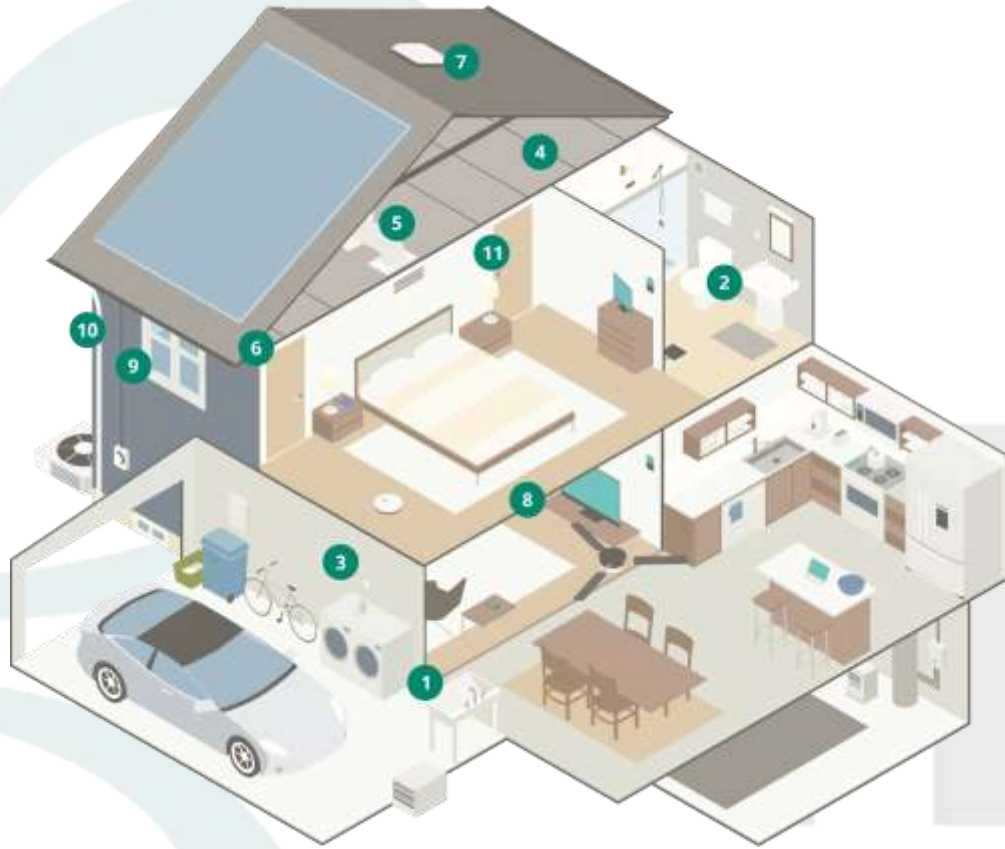
CLASSE ENERGETICA SUPERIORE

inserendo l'impianto di VMC nel progetto!



Con recuperatori ad altissima efficienza ( $\geq 85\%$ ), si può stimare un risparmio pari a 20-35 kWh/m<sup>2</sup>anno

## Come avveniva il ricambio naturale?



In pratica le perdite per infiltrazione avvengono attraverso:

- Spifferi dagli infissi
- cassonetti avvolgibili
- giunzioni tra pareti
- giunzioni tra pavimento e pareti
- attraversamenti di tubazioni sulla struttura
- fessurazioni su solai e traviature
- infiltrazioni di botole, sportelli, porte e finestre a scarsa tenuta
- aperture nel soffitto per pendinamento corpi illuminanti
- fori di drenaggi

## Esempio di portate di ricambio

PORTATA DI RICAMBIO NATURALE IN EDIFICI CON ISOLAMENTO ANTECEDENTE AL 2005, DI DIVERSE DIMENSIONI CON DIFFERENTI “n”

Dimensione dell'alloggio [m <sup>2</sup> ]	Volume (h=2,7m) dell'alloggio [m <sup>3</sup> ]	n=0,3 h <sup>-1</sup> [m <sup>3</sup> /h]	n=0,5 h <sup>-1</sup> [m <sup>3</sup> /h]	n=0,6 h <sup>-1</sup> [m <sup>3</sup> /h]
40	108	32,4	54	64,8
50	135	40,5	67,5	81
60	162	48,6	81	97,2
70	189	56,7	94,5	113,4
80	216	64,8	108	129,6
90	243	72,9	121,5	145,8
100	270	81	135	162

## **Ambiente Indoor: Definizione**

**(\*)**gli ambienti confinati di vita e di lavoro non industriale (per quest'ultimi vige una specifica normativa), ed in particolare, quelli adibiti a dimora, svago, lavoro e trasporto. Secondo questo criterio l'ambiente indoor comprende le abitazioni, gli uffici pubblici e privati, le strutture comunitarie, locali destinati ad attività ricreative e/o sociali e mezzi di trasporto pubblici e/o privati.

## **Inquinamento Interno**

**(\*\*)**Qualsiasi alterazione delle caratteristiche chimico fisiche e biologiche dell'aria, determinata sia da variazioni di concentrazione dei suoi normali costituenti sia e soprattutto, dalla presenza di sostanze estranee alla sua composizione normale in grado di determinare effetti di molestia e/o danno all'uomo.

(\*) Accordo tra il Ministro della salute, le regioni e le province autonome sul documento concernente: «Linee-guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati»

(\*\*) Ministero dell'Ambiente, 1991

## Cause dell'inquinamento interno

- I. Nuovi materiali di derivazione chimica
- II. Scarsa attenzione progettuale degli impianti di termoventilazione e relativa manutenzione
- III. Diverse abitudini di vita delle persone, che tendono a trascurare le normali operazioni di pulizia
- IV. Uso di prodotti e strumenti che aumentano l'inquinamento dell'ambiente interno (pulizia e manutenzione, antiparassitari, colle e vernici, stampanti, fotocopiatrici ecc.)
- V. Impianti di ventilazione
- VI. Tempo di stazionamento delle persone negli ambienti confinati (80-90% del tempo giornaliero)
- VII. Politiche di risparmio energetico

## Il diritto di respirare aria salubre in un ambiente confinato

Negli ultimi anni la qualità dell'aria indoor è stata finalmente riconosciuta come obiettivo imprescindibile di una strategia integrata relativa all'inquinamento atmosferico nel suo complesso.

Nel 2000 con l'esordio del documento "The Right to Healthy Indoor Air" emesso dal OMS, si è finalmente riconosciuta l'importanza di una salutare Aria Indoor come un diritto umano fondamentale.



# Quando l'aria è ACCETTABILE?

La qualità dell'aria interna è considerata **accettabile** quando in essa **non sono presenti contaminanti** conosciuti in concentrazioni ritenute dannose, secondo quanto stabilito dalle autorità competenti, e rispetto alla quale la maggioranza delle persone presenti, **almeno l'80%, non esprima insoddisfazione.**

La qualità dell'aria interna (IAQ), nonostante non sia ancora regolata da veri e propri riferimenti normativi rappresenta una delle tematiche a livello mondiale a forte sensibilizzazione. Ne sono prova le pubblicazioni che sono state rilasciate nel corso degli ultimi anni.



## Elenco pubblicazioni e decreti

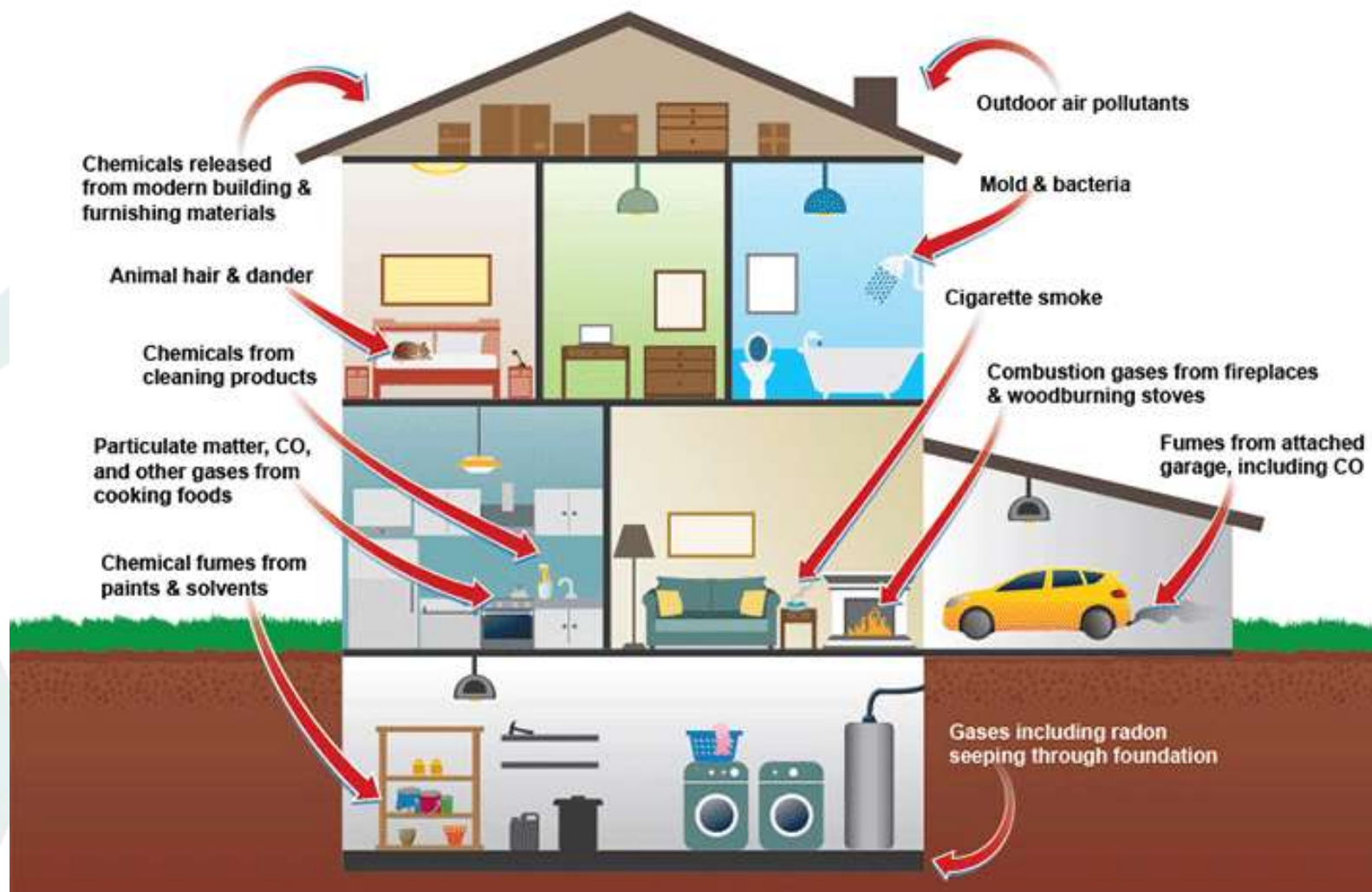
- a) The Right to Healthy Indoor Air (15-17/05/2000) – World Health Organization (OMS).
- b) WHO Guidelines for IAQ: Dampness and Mould (2009) - World Health Organization (OMS).
- c) WHO Guidelines for IAQ: Selected Pollutants (2010) - World Health Organization (OMS).
- d) WHO Global Air Quality Guidelines (2021) - World Health Organization (OMS).
- e) Linee guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati – S.O. 252 alla G.U. 276 del 27/11/2001 Acc. Ministero della Salute, Regioni e le Provincie Autonome.
- f) Legge 3/2003 art.51 in vigore dal 10/01/2005 “Tutela della salute dei non fumatori”.
- g) Linee guida per la definizione di protocolli tecnici di manutenzione predittiva sugli impianti di climatizzazione – Provvedimento 05/10/2006 del Ministero della Salute (G.U. del 03/11/2006).
- h) Testo unico per la sicurezza D.Lgs. 81/2008 (ultimo aggiornamento Aprile 2022).



- i) D.Lgs. 155 del 13/08/2010 e successivo aggiornamento D.Lgs. 250 del 24/12/2012 “Regolamenta l’inquinamento atmosferico esterno” a cui in mancanza di valori di concentrazione limite per gli inquinanti indoor, si fa riferimento anche per quest’ultimi.
- j) Procedura operativa per la valutazione e gestione dei rischi correlati all’igiene degli impianti di trattamento aria – Repertorio atti nr. 55 del 07/02/2013 Acc. Governo, Regioni e le Province Autonome.
- k) DPCM 26 luglio 2022 “Linee guida specifiche tecniche in merito all’adozione di dispositivi mobili di purificazione e impianti fissi di aerazione e agli standard minimi di qualità dell’aria negli ambiti scolastici.
- l) Criteri ambientali minimi (CAM) per l’affidamento del servizio di progettazione di interventi edilizi, per l’affidamento dei lavori per interventi edilizi e per l’affidamento congiunto di progettazione e lavori per interventi edilizi (Par. 2.4.4 – 2.4.5).

## Dentro l'involucro, senza ventilazione...

Fattori e abitudini che influenzano la qualità dell'aria interna: alcuni percepibili ed altri no! Ad esempio gli allergeni, la CO<sub>2</sub>, il gas Radon..



# Classificazione dei principali inquinanti

## Agenti Chimici:

- Monossido di carbonio (CO)
- Biossido di azoto (NO<sub>2</sub>)
- Biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>)
- Composti organici volatili (VOC)
- Formaldeide (CH<sub>2</sub>O)
- Benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)
- Idrocarburi aromatici policiclici (IPA)
- Ozono (O<sub>3</sub>)
- Particolato aerodisperso (PM<sub>10</sub>, Pm<sup>2,5</sup>)
- Composti presenti nel fumo di tabacco ambientale
- Pesticidi
- Amianto

## Contaminanti Biologici:

- Batteri
- Virus
- Pollini
- Funghi e Muffe
- Acari
- Allergeni degli animali

## Agenti Fisici:

- Campi elettromagnetici
- Rumore
- Radon

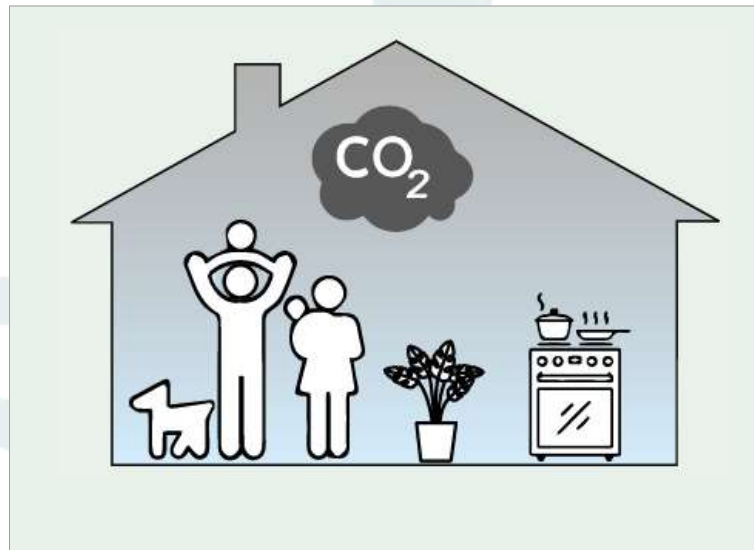
## Principali effetti dell'inquinamento interno

Sono in funzione del tipo e della concentrazione dell'inquinante ma soprattutto del tempo di esposizione e della sensibilità dell'individuo



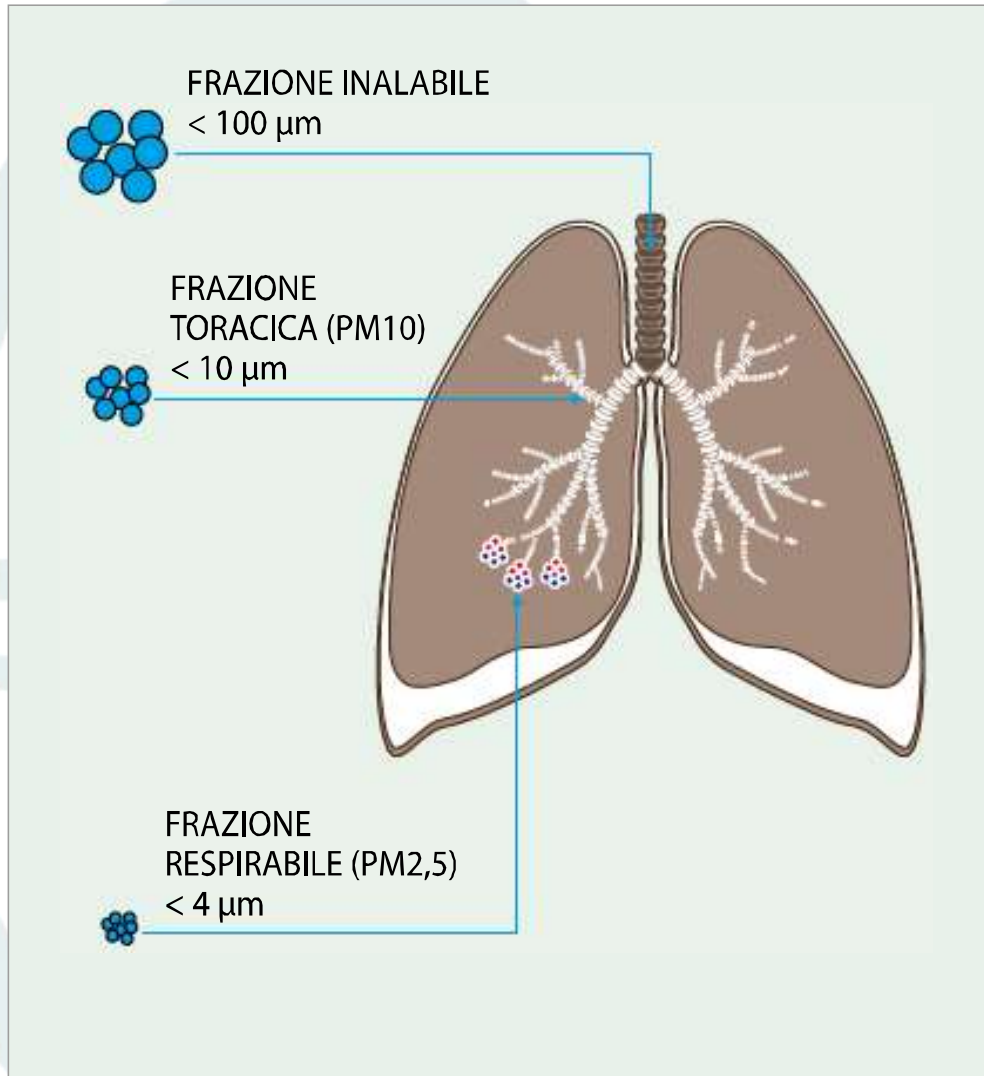
- Effetti irritativi su cute e mucose
- Effetti sul sistema nervoso
- Effetti sensoriali
- Effetti sul sistema riproduttivo
- Effetti sul sistema cardiovascolare
- Effetti sul sistema gastrointestinale
- Effetti sull'apparato respiratorio
- Effetti genotossici

## Fonti di emissione di CO<sub>2</sub> domestiche



## Concentrazioni di CO<sub>2</sub> e salubrità dell'aria

Concentrazione di CO <sub>2</sub> (ppm)	Percezione ed effetti sulla salute	
300-500	Aria esterna	ARIA SALUBRE
500-1000	Spazi con buon ricambio d'aria	ARIA IGIENICAMENTE INNOCUA
1000-2000	Sensazione aria scadente	ARIA VIZIATA
2000-5000	Scarsa concentrazione, sonnolenza	ARIA MOLTO VIZIATA
> 5000	Tossicità	ARIA INSALUBRE



## Penetrazione delle polveri sottili nell'apparato respiratorio

innova

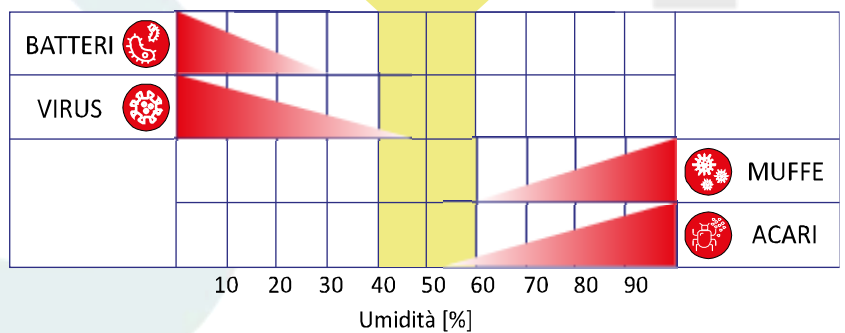
Con i filtri sollievo per tutto l'anno per le allergie da polline



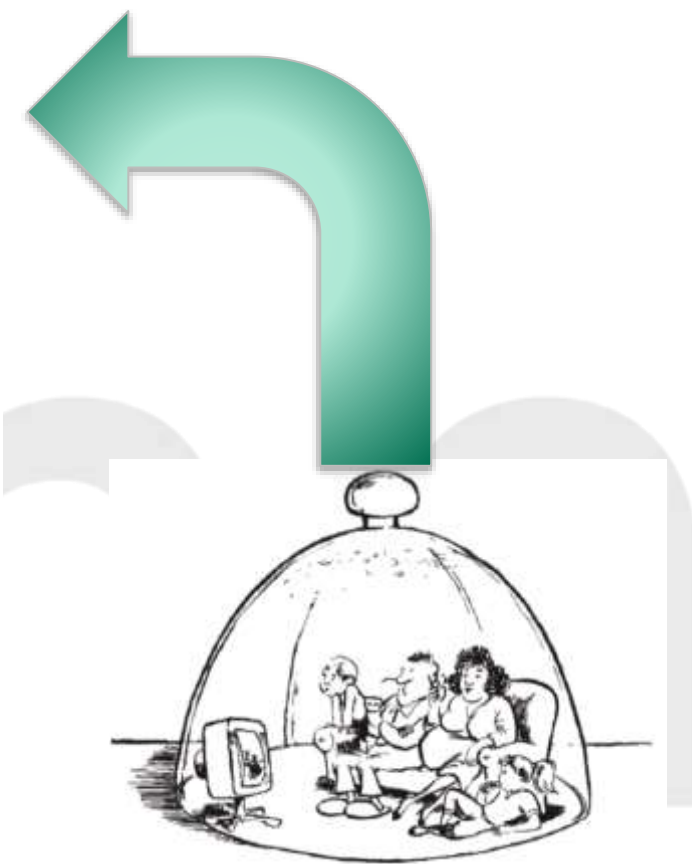
# ...e tutta l'umidità prodotta all'interno!



↓  
Range ideale per la salute dell'uomo



Fonte: ASHRAE Trans. 91 - 1B (1985)





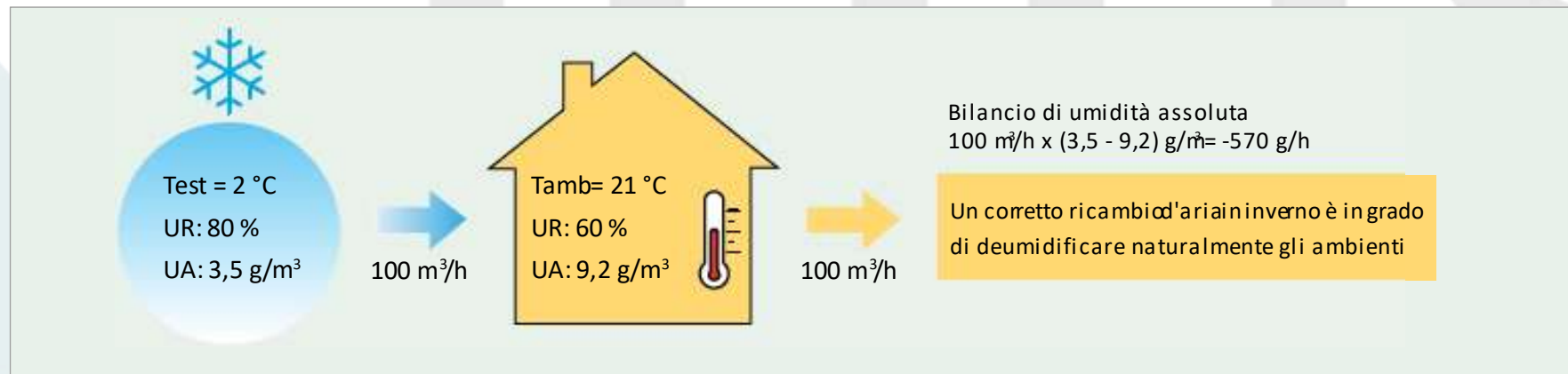
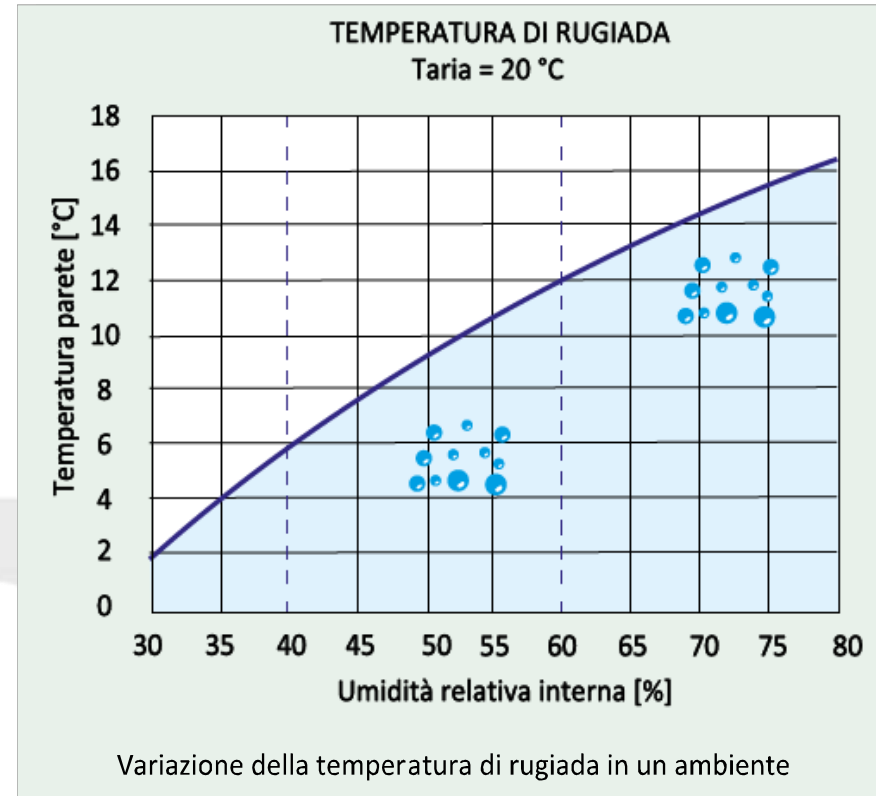
## Umidità in una famiglia di 4 persone

Respirazione, evaporazione:	4 - 6 litri/giorno
Lavaggio e asciugatura biancheria:	1 - 2 litri/giorno
Pulizie domestiche:	1 - 2 litri/giorno
Annaffiatura delle piante:	1 - 2 litri/giorno
Cucinare:	1 - 2 litri/giorno
Doccia/bagno:	2 - 3 litri/giorno
<b>Totale:</b>	<b>10 - 17 litri/giorno</b>

# Conseguenze dell'aumento di umidità

## Effetti per l'immobile:

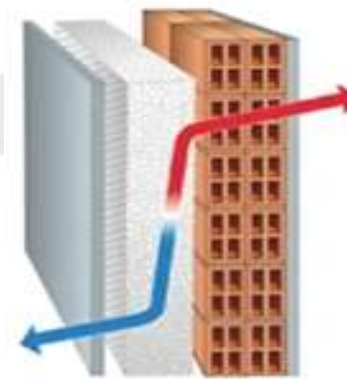
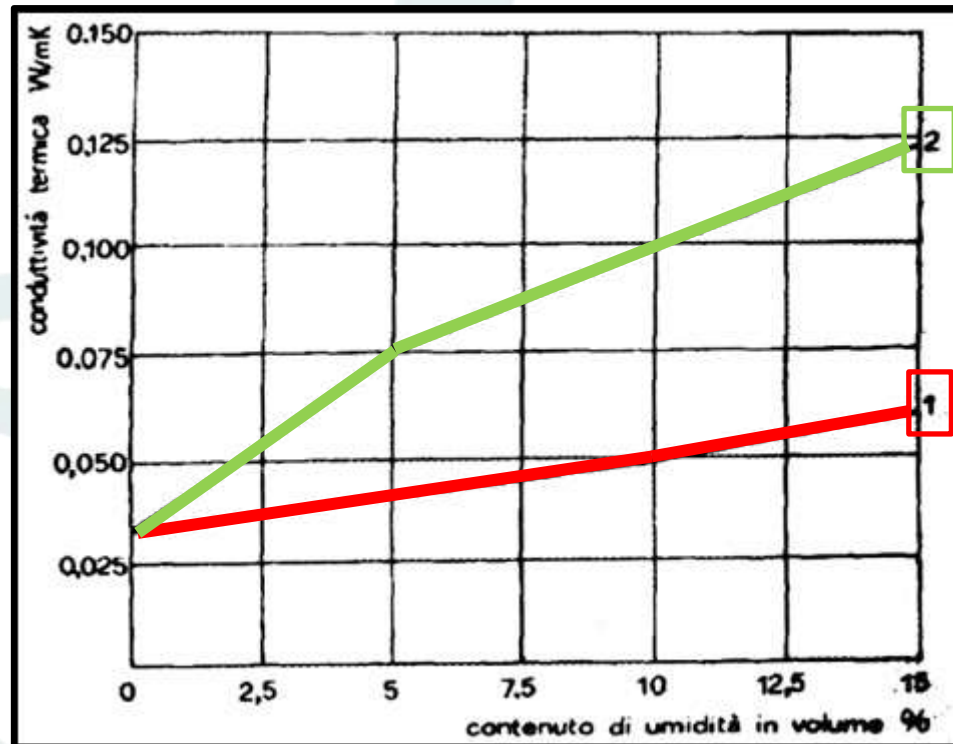
- formazione di muffe sul fabbricato
- antiestetiche macchie
- danni all'arredamento



# Conseguenze dell'aumento di umidità

Effetti per l'immobile:

- cause legali tra occupante e venditore
- perdita di valore del fabbricato
- **decadimento prestazioni involucro esterno**



Rapporto tra conducibilità dei materiali isolanti ed umidità

1. materiale poroso a celle chiuse

2. materiale fibroso

## Strategie di Bonifica

Strategie che intervengono  
sull'aria **Ambiente**

Strategie che intervengono  
sulla **fonte inquinante**



- Rimozione della fonte;
- Il confinamento;
- L'esalazione localizzata;
- Il trattamento della fonte.

**Ventilazione** (Diluizione degli inquinanti): ottenuta mediante ricambio dell'aria ambiente con aria esterna di rinnovo; la ventilazione viene detta meccanica quando sostenuta da opportuni ventilatori, naturale quando provocata dalle differenze di pressione esistenti per effetto dei campi di temperatura, del vento.

**Filtrazione** (Rimozione degli inquinanti): si può ottenere mediante filtrazione (filtri meccanici, filtri elettrostatici, ecc.) dell'aria interna e/o dell'aria esterna di rinnovo e, nel caso fosse necessario, utilizzando sistemi depuranti ad assorbimento e/o ad adsorbimento (abbattitori ad umido, carboni attivi, ecc.)

# La ventilazione è in contrasto con le norme e le esigenze di risparmio energetico?



## Principali riferimenti Normativi

### UNI EN 16798-1:2019 e UNI CEN/TR 16798-2:2020 (Ex UNI EN 15251:2008)

Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 1: Parametri di ingresso dell'ambiente interno per la progettazione e la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica.

Allegato A normativo nazionale «Tutti i criteri nazionali raccomandati per l'ambiente confinato» (Approvato in via di pubblicazione)

### UNI EN 16798-3:2018 e UNI CEN/TR 16798-4:2018 (Ex UNI EN 13779:2008)

Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 3: Per gli edifici non residenziali - Requisiti prestazionali per i sistemi di ventilazione e di condizionamento degli ambienti.

### UNI EN ISO 7730:2006

Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale.

### UNI EN ISO 12097:2007

Ventilazione degli edifici - Rete delle condotte - Requisiti relativi ai componenti atti a facilitare la manutenzione delle reti delle condotte.

### UNI EN 15665:2009 e CEN/TR 14788:2006

Ventilazione degli edifici - Determinazione dei criteri di prestazione per i sistemi di ventilazione residenziali

## Principali riferimenti Normativi

### UNI EN ISO 16890:2017 (Ex UNI EN 779:2012)

La norma si applica ai filtri per aria destinati alla ventilazione e la classificazione si basa sulla capacità di rimozione del particolato definito come frazioni del PM10. In questo modo è possibile associare facilmente l'efficienza di filtrazione alle reali capacità di abbattere il particolato atmosferico, la cui concentrazione viene espressa in massa secondo le frazioni di PM10, Pm<sup>2,5</sup> e PM1.

### UNI 11254:2007

Filtri per aria elettrostatici attivi per la ventilazione generale - Determinazione della prestazione di filtrazione

### UNI EN 15780:2011

Ventilazione degli edifici - Condotti - Pulizia dei sistemi di ventilazione.

### UNI 10339:1995

Impianti aeraulici al fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura.

## Strategie di intervento

- La principale strategia d'intervento attuale è ancora quella di ventilare l'ambiente interno in modo più o meno massiccio con l'aria prelevata all'esterno debitamente filtrata.
- Inoltre esiste ancora l'assioma che più aria esterna si utilizza migliore risulterà essere la qualità dell'aria interna.
- Ciò è vero soltanto quando l'aria esterna è di buona qualità, ma soltanto recentemente si valuta oggettivamente il grado di purezza dell'aria esterna.
- Spesso si lava ancora oggi una superficie sporca (l'aria in un locale interno) con un panno anch'esso sporco (l'aria esterna), creando così sovrapposizione di sporco più pericoloso di quello che si voleva eliminare. Quindi la cosa principale è quella di utilizzare sempre panni puliti e nel caso non lo fossero, provvedere e predisporre accorgimenti quali la loro preventiva pulizia e igienizzazione.



## Le Normative e la legislazione attuali

- La qualità dell'aria interna degli ambienti confinati è oggetto di normativa tecnica in Italia dal 1995 con la norma UNI 10339 "Impianti aeraulici a fini di benessere" che sancisce questo principio, determinando ed indicando le quantità minime d'aria esterna ( $m^3/h$ ) necessarie all'ambiente interno in funzione principalmente della sua destinazione d'uso e al suo indice di affollamento (pers/ $m^2$ ).
- Tale impostazione della norma ignora e faceva ignorare completamente, la necessaria classificazione qualitativa dell'aria che si voleva e si doveva usare per pulire quella interna, contribuendo così di fatto, a peggiorare in molti la situazione interna già in essere.
- Inoltre l'utilizzo di determinati sistemi filtranti citati nella norma stessa, riduceva molto poco questo rischio, in quanto l'efficienza loro richiesta non è in grado di fermare e trattenere le sostanze inquinanti tipicamente presenti nell'aria esterna delle nostre città.
- Nel 2001 viene pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale, «le linee guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati» e dà il via ad una serie di d'iniziative legislative nazionali e regionali sul tema della qualità dell'aria interna.
- Inoltre il documento affermava che in Italia non vi erano norme di riferimento volte alla tutela della salute negli ambienti confinati ma solo disposizioni nazionali e direttive comunitarie frammentarie e non in grado di gestire efficacemente la complessa materia.
- Quindi va da sé che la citata norma non era più in grado di assolvere il compito assegnatole, sia sotto il punto di vista tecnico-funzionale che legislativo.

## Metodologie di approccio normativo

- Allo stato attuale, tutto fa riferimento alla tutela della salute degli occupanti gli ambienti confinati, in relazione all'inquinamento indoor e alle metodologie di ventilazione e filtrazione dell'aria è oggetto di normative europee approvate (EN UNI 16798 in 9 grandi temi diversi con 9 relativi consigli attuativi).
- Tali normative sono volte all'ottenimento di prestazioni in linea con i dettami attuali dell'OMS e sono espresse secondo concentrazioni massime accettabili di specifici inquinanti aerodispersi e in particolare dei PM, ovverosia polveri sottili.
- In questo quadro normativo europeo, l'Italia, tramite i suoi organi normativi, ha da poco approvato la stesura della revisione della 10339 rev. che si trova al vaglio di UNI per la pubblicazione.
- Le normative internazionali, comprese quelle europee descrivono due principali metodi di intervento utilizzabili al fine di ottenere in ambiente una concentrazione d'inquinanti tale da rappresentare un rischio per la salute accettabile:
  - ✓ IL METODO PRESCRITTIVO
  - ✓ IL METODO PRESTAZIONALE

## **METODO PRESCRITTIVO: DESCRIZIONE**

- L'impianto deve assicurare, un'immissione di aria esterna pari o superiore ai valori minimi determinati in relazione alla classe di qualità richiesta e alla soluzione adottata per la diffusione dell'aria in ambiente.
- Le portate minime di aria esterna vengono riferite al numero di persone presenti o alla superficie utile in pianta.
- Deve essere garantita una filtrazione minima convenzionale dell'aria tramite impiego di filtri di classe appropriata per ciascun tipo di locale.
- Deve essere prevista una movimentazione dell'aria con velocità comprese entro limiti previsti.

## **METODO PRESCRITTIVO: FATTORI DETERMINANTI**

- a) Numero delle persone presenti
- b) Superficie dell'ambiente occupato in m<sup>2</sup>
- c) Portate minime di ventilazione per persona / classe qualità
- d) Portate minime di ventilazione per m<sup>2</sup> / classe qualità
- e) Classe di qualità dell'ambiente confinato
- f) Efficienza di ventilazione
- g) Classe di qualità dell'aria esterna immessa
- h) Verifica dei risultati

## **METODO PRESTAZIONALE: DESCRIZIONE**

- L'impianto deve assicurare che all'interno dell'ambiente considerato non vi siano sostanze inquinanti in concentrazioni tali da arrecare danni alle persone che ci vivono o lavorano.
- La certificazione di un impianto di ventilazione realizzato in base a questa metodologia è data dalle prestazioni reali dell'impianto stesso, prestazioni legate alla verifica della presenza in ambiente di inquinanti in concentrazioni tali da essere un rischio ritenuto accettabile per la salute delle persone presenti.

## **METODO PRESCRITTIVO: FATTORI DETERMINANTI**

- A. Determinazione e qualificazione degli inquinanti interni (produzione interna e concentrazione esterna)
- B. Scelta dell'inquinante di riferimento o rilevante
- C. Determinazione dei suoi limiti interni
- D. Classe di qualità dell'aria esterna immessa (SUP)
- E. Ventilazione con una porzione minima di aria esterna (ODA)
- F. Filtrazione di aria ricircolata (RCA) e/o aria secondaria (SEC)
- G. Verifica dei risultati

### L'applicazione al contesto SCUOLE:

La problematica delle scuole, ed in particolare delle aule scolastiche è legata al fatto che:

- Sono ambienti con elevato affollamento (15-20 persone mediamente in 30 m<sup>2</sup>);
- Non ci sono sistemi di ventilazione meccanica;
- Nei mesi freddi non si possono tenere le finestre aperte tutta la giornata;
- Dalle finestre entrano le polveri sottili che sono all'esterno peggiorando la qualità dell'aria;
- Non si può imporre agli alunni, soprattutto ai più piccoli, l'utilizzo delle mascherine a tempo pieno.

## Esempio di calcolo – Liceo Scientifico “Marconi” Foggia

Metodo prescrittivo:

Calcolo della portata di aria esterna

Dati: Aula  $m^2$  33, Altezza 3 m, affollamento  $0,5 p/m^2$



circa 17 alunni

Legge 18/12/1975 – coefficiente di ricambio 5 vol/h



495  $m^3/h$

Uni 10339/1995 –  $11 \cdot 10^{-3} m^3/s$  pers. 39mc/h pers.



428  $m^3/h$

D.P.C.M. 26 luglio 2022 - 10 l/s persona



594  $m^3/h$

UNI EN 16798 – 1 22 mc/h persona + 3,6  $m^3/h m^2$



481,8  $m^3/h$

Metodo prestazionale basato sul Bilancio della Massa – Capacità di abbattimento delle polveri	
Dati geometrici	Superficie m <sup>2</sup> 33, Altezza 3 m
Affollamento	0,5 p/m <sup>2</sup> → circa 17 alunni
Co = Conc. PM2,5 aria esterna	26 µg/m <sup>3</sup> (valore Arpa Foggia 13 µg/m <sup>3</sup> )
Ci = Conc. PM2,5 max	20 µg/m <sup>3</sup> (valore di legge 25 µg/m <sup>3</sup> )
Portata aria esterna	300 m <sup>3</sup> /h
Efficienza di ventilazione convenzionale	0,8
Fattore di riduzione dell'aria secondaria	1 (aria secondaria sempre in funzione)
Efficienza di filtrazione sull'aria secondaria	0,9
Efficienza di filtrazione sull'aria esterna	0,7

$$Q_h = \frac{G_h}{C_{h,i} - C_{h,o}} \cdot \frac{1}{\varepsilon_v}$$

$Q_h$  is the ventilation rate required for dilution, in m<sup>3</sup> per second;

$G_h$  is the generation rate of the substance, in micrograms per second;

$C_{h,i}$  is the guideline value of the substance, in micrograms per m<sup>3</sup>;

$C_{h,o}$  is the concentration of the substance of the supply air, in micrograms per m<sup>3</sup>;

$\varepsilon_v$  is the ventilation effectiveness.

# Liceo Scientifico "Marconi" Foggia - PRESTAZIONALE

## Esempio di calcolo della capacità di abbattimento

### Programma di calcolo I.A.Q



<i>V<sub>o</sub></i>	Quantità dell'aria esterna totale	m <sup>3</sup> /ora	300
<i>C<sub>o</sub></i>	Concentrazione inquinanti nell'aria esterna	microgrammi/m <sup>3</sup>	26
<i>V<sub>as</sub></i>	Quantità dell'aria secondaria totale	m <sup>3</sup> /ora	400
<i>E<sub>v</sub></i>	Efficienza di ventilazione	0,1 a 1	0,8
<i>Fr<sub>as</sub></i>	Fattore di riduzione dell'aria secondaria	0,1 a 1	1
<i>Fr<sub>v</sub></i>	Fattore di riduzione della ventilazione	0,1 a 1	1
<i>Ef<sub>as</sub></i>	Efficienza di filtrazione sull'aria secondaria	0,1 a 1	0,9
<i>Ef<sub>e</sub></i>	Efficienza di filtrazione sull'aria esterna	0,1 a 1	0,7
<i>C<sub>i</sub></i>	Concentrazione inquinanti interna voluta	microgrammi/m <sup>3</sup>	20
<b><i>N<sub>i</sub></i></b>	<b><i>PRODUZIONE INQUINANTI INTERNI</i></b>	<b>Micro/g/minuto</b>	<b>145</b>



# Liceo Scientifico "Marconi" Foggia - PRESCRITTIVO

## Esempio di calcolo della capacità di abbattimento

### Programma di calcolo I.A.Q



<i>V<sub>o</sub></i>	Quantità dell'aria esterna totale	m3/ora	595
<i>C<sub>o</sub></i>	Concentrazione inquinanti nell'aria esterna	microgrammi/m3	26
<i>V<sub>as</sub></i>	Quantità dell'aria secondaria totale	m3/ora	0
<i>E<sub>v</sub></i>	Efficienza di ventilazione	0,1 a 1	0,8
<i>Fr<sub>as</sub></i>	Fattore di riduzione dell'aria secondaria	0,1 a 1	1
<i>Fr<sub>v</sub></i>	Fattore di riduzione della ventilazione	0,1 a 1	1
<i>Ef<sub>as</sub></i>	Efficienza di filtrazione sull'aria secondaria	0,1 a 1	0,9
<i>Ef<sub>e</sub></i>	Efficienza di filtrazione sull'aria esterna	0,1 a 1	0,7
<i>C<sub>i</sub></i>	Concentrazione inquinanti interna voluta	microgrammi/m3	20
<i>N<sub>i</sub></i>	<b>PRODUZIONE INQUINANTI INTERNI</b>	Micro/g/minuto	<b>97</b>

# Liceo Scientifico "Marconi" Foggia - CONFRONTO

## Esempio di calcolo della capacità di abbattimento

**Programma di calcolo I.A.Q.**

<i>V<sub>o</sub></i>	Quantità dell'aria esterna totale	m3/ora	300
<i>C<sub>o</sub></i>	Concentrazione inquinanti nell'aria esterna	microgrammi/m3	26
<i>V<sub>as</sub></i>	Quantità dell'aria secondaria totale	m3/ora	400
<i>E<sub>v</sub></i>	Efficienza di ventilazione	0,1 a 1	0,8
<i>Fr<sub>as</sub></i>	Fattore di riduzione dell'aria secondaria	0,1 a 1	1
<i>Fr<sub>v</sub></i>	Fattore di riduzione della ventilazione	0,1 a 1	1
<i>Ef<sub>as</sub></i>	Efficienza di filtrazione sull'aria secondaria	0,1 a 1	0,9
<i>Ef<sub>e</sub></i>	Efficienza di filtrazione sull'aria esterna	0,1 a 1	0,7
<i>C<sub>i</sub></i>	Concentrazione inquinanti interna voluta	microgrammi/m3	20
<b>Ni</b>	<b>PRODUZIONE INQUINANTI INTERNI</b>	Micro/g/minuto	<b>145</b>

**Programma di calcolo I.A.Q.**

<i>V<sub>o</sub></i>	Quantità dell'aria esterna totale	m3/ora	595
<i>C<sub>o</sub></i>	Concentrazione inquinanti nell'aria esterna	microgrammi/m3	26
<i>V<sub>as</sub></i>	Quantità dell'aria secondaria totale	m3/ora	0
<i>E<sub>v</sub></i>	Efficienza di ventilazione	0,1 a 1	0,8
<i>Fr<sub>as</sub></i>	Fattore di riduzione dell'aria secondaria	0,1 a 1	1
<i>Fr<sub>v</sub></i>	Fattore di riduzione della ventilazione	0,1 a 1	1
<i>Ef<sub>as</sub></i>	Efficienza di filtrazione sull'aria secondaria	0,1 a 1	0,9
<i>Ef<sub>e</sub></i>	Efficienza di filtrazione sull'aria esterna	0,1 a 1	0,7
<i>C<sub>i</sub></i>	Concentrazione inquinanti interna voluta	microgrammi/m3	20
<b>Ni</b>	<b>PRODUZIONE INQUINANTI INTERNI</b>	Micro/g/minuto	<b>97</b>

### CONCLUSIONI

L'approccio prestazionale non solo determina una riduzione del 50% della quantità di aria esterna rispetto all'approccio prescrittivo (@ UNI EN 16798:1 allegato A tabelle A.6 e A.7b), ma permette di abbattere una produzione di inquinanti interni decisamente superiore pari a 1,5 volte il valore ottenuto con il metodo prescrittivo (97 µg/min), consentendo così un risparmio non solo nella fase realizzativa (investimento iniziale) ma anche nella successiva gestione.

# Liceo Scientifico "Marconi" Foggia - CONFRONTO

## Esempio di calcolo della capacità di abbattimento

Qualora ipotizzassimo comunque una produzione interna quale quella stimata con l'approccio prescrittivo pari a  $97 \mu\text{g}/\text{min}$  all'interno del sistema dimensionato con la modalità prestazionale otterremmo una concentrazione media pari a  $9 \mu\text{g}/\text{min}$  (Classe I @ UNI EN 16798-1 allegato A tabella A.9).

**Programma di calcolo I.A.Q.**



<i>V<sub>o</sub></i>	Quantità d'aria esterna totale	m3/ora	300
<i>C<sub>o</sub></i>	Concentrazione inquinanti nell'aria esterna	microgrammi/m3	26
<i>N<sub>i</sub></i>	Produzione inquinanti interni totale	microgrammi/min.	97
<i>E<sub>v</sub></i>	Efficienza di ventilazione	0,1 a 1	1
<i>Fr.as</i>	Fattore di riduzione dell'aria secondaria	0,1 a 1	1
<i>Fr.v</i>	Fattore di riduzione della ventilazione	0,1 a 1	1
<i>Ef.as</i>	Efficienza di filtrazione sull'aria secondaria	0,1 a 1	0,8
<i>Ef.e</i>	Efficienza di filtrazione sull'aria esterna	0,1 a 1	1
<i>V.as</i>	Quantità dell'aria secondaria totale	m3/ora	400
<b><i>C<sub>i</sub></i></b>	<b>CONCENTRAZIONE INTERNA</b>	Micro/g/M3	<b>9</b>

## CONCLUSIONI

Con l'approccio prescrittivo, qualora in ambiente fosse presente una produzione di inquinanti interni come da approccio prestazionale (145  $\mu\text{g}/\text{min}$ ), al fine di raggiungere l'obiettivo pari ad una concentrazione media interna voluta di  $\text{Pm}^{2.5}$  di 20  $\mu\text{g}/\text{min}$ , dovremmo prevedere una portata d'aria esterna ben 1,5 volte superiore alla quota attualmente prevista ovvero pari a 891  $\text{m}^3/\text{h}$  in completa antitesi con il risparmio energetico.

Utilizzando l'approccio prestazionale otteniamo un leggero peggioramento della  $\text{CO}_2$  (da 381 a 443 ppm) che tuttavia non avrà ripercussioni sulla salute delle persone ed inoltre si verificherà per brevi transitori di tempo essendo un valore riferito alla concentrazione massima.

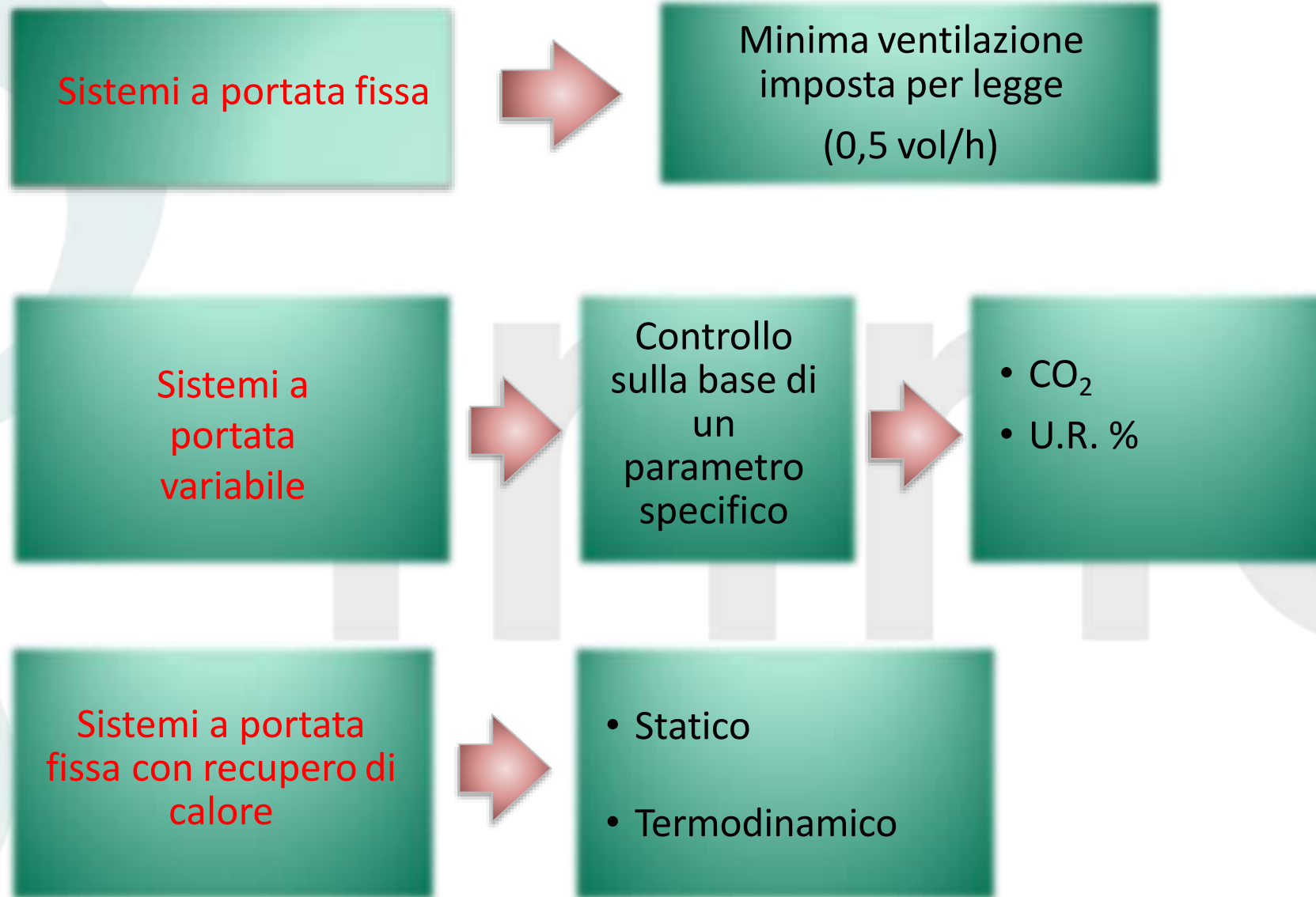
<div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 5px; display: inline-block;"> <b>Programma di calcolo I.A.Q</b> </div> <span style="float: right; font-size: 2em; font-weight: bold; color: blue;">TB</span> <small>Tecnica Bontempi</small>			
<i>Ci</i>	<b>Concentrazione inquinanti interna voluta</b>	microgrammi/m <sup>3</sup>	20
<i>Co</i>	<b>Concentrazione inquinanti nell'aria estern</b>	microgrammi/m <sup>3</sup>	26
<i>Ni</i>	<b>Produzione inquinanti interni totale</b>	microgrammi/min.	145
<i>Ev</i>	<b>Efficienza di ventilazione</b>	0,1 a 1	0,8
<i>Fr.as</i>	<b>Fattore di riduzione dell'aria secondaria</b>	0,1 a 1	1
<i>Fr.v</i>	<b>Fattore di riduzione della ventilazione</b>	0,1 a 1	1
<i>Ef.as</i>	<b>Efficienza di filtrazione sull'aria secondari</b>	0,1 a 1	0,9
<i>Ef.e</i>	<b>Efficienza di filtrazione sull'aria esterna</b>	0,1 a 1	0,7
<i>V.as</i>	<b>Quantità dell'aria secondaria totale</b>	m <sup>3</sup> /ora	0
<b><i>Vo</i></b>	<b>VOLUME DELL'ARIA ESTERNA</b>	<b>M<sup>3</sup>/ora</b>	<b>891</b>

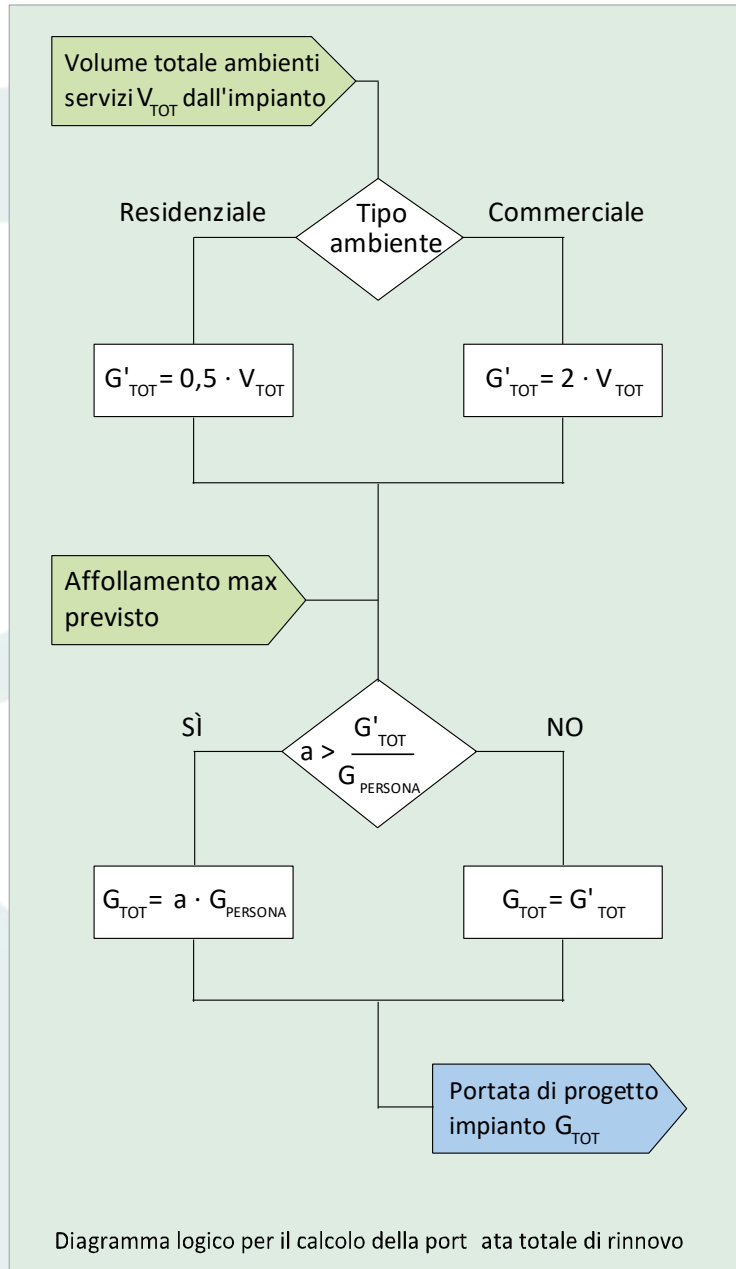


## Ricambio d'aria negli ambienti

- CLASSIFICAZIONE DEI SISTEMI DI VENTILAZIONE

# Classificazione dei sistemi





## LEGENDA

- $G'_{TOT}$  = Portata di rinnovo calcolata in funzione del volume dell'ambiente
- $a$  = Affollamento massimo (n° persone)
- $G_{PERSONA}$  = portata minima di rinnovo per persona
- $G_{TOT}$  = Portata di rinnovo da utilizzare

## Criteri per la scelta esecutiva dell'impianto

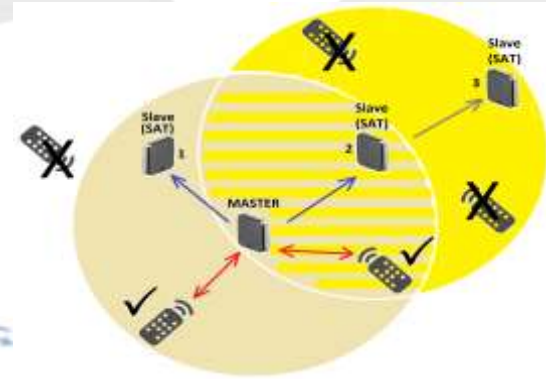
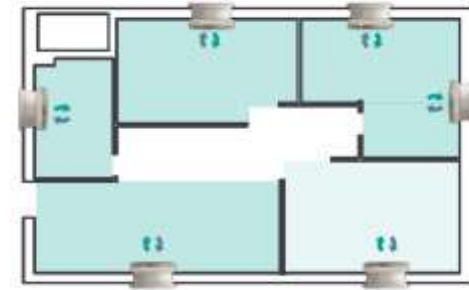
La scelta primaria del tipo di VMC da proporre deve essere operata con la collaborazione di utente e progettista in relazione al tipo di intervento:

1. ristrutturazione leggera senza possibilità di installazione nuove tubazioni → impianto decentralizzato
2. nuova costruzione → impianto centralizzato
3. ristrutturazione "invasiva" → impianto centralizzato



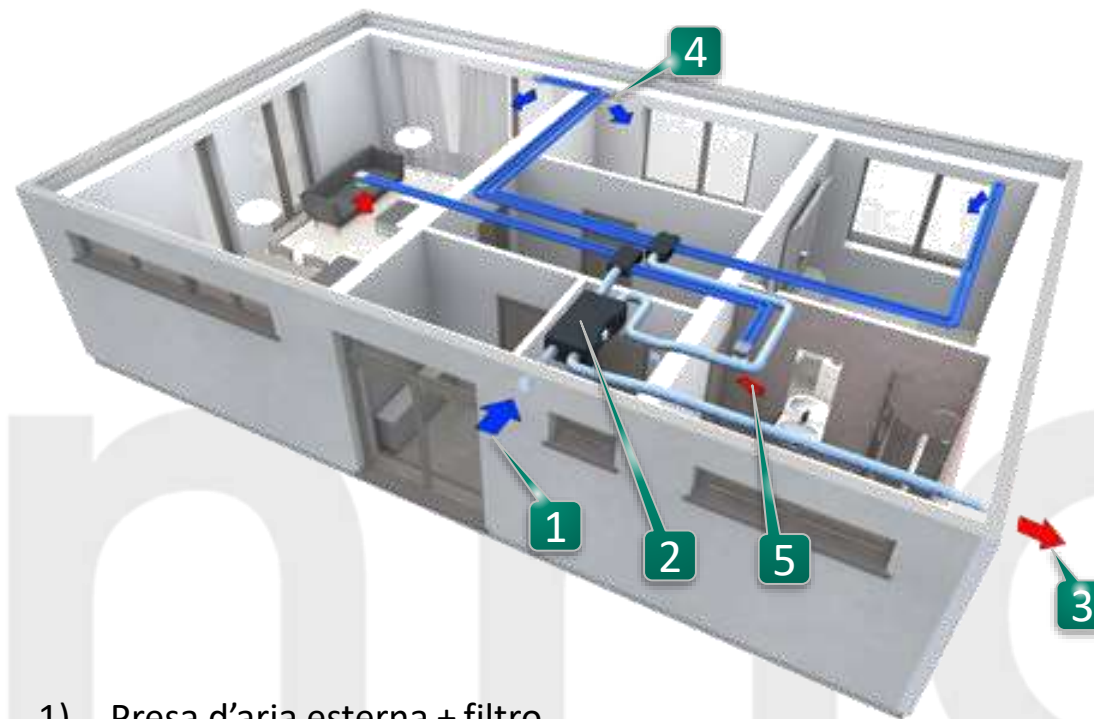
# Esempio di funzionamento sistema decentralizzato

1. fino a 20 m<sup>2</sup>: diametro 100 mm
2. fino a 30 m<sup>2</sup>: diametro 160 mm
3. funzionamento mediante rete di onde radio o comandi cablati
4. con la sincronizzazione MASTER/SLAVE non si formano squilibri di pressione all'interno degli ambienti
5. scegliere l'eventuale finitura interna
6. valutare se necessario kit di uscita ad angolo
7. valutare kit dima per sostituzione filtro senza rimuovere i tasselli;
8. consigliare sempre filtri di ricambio;



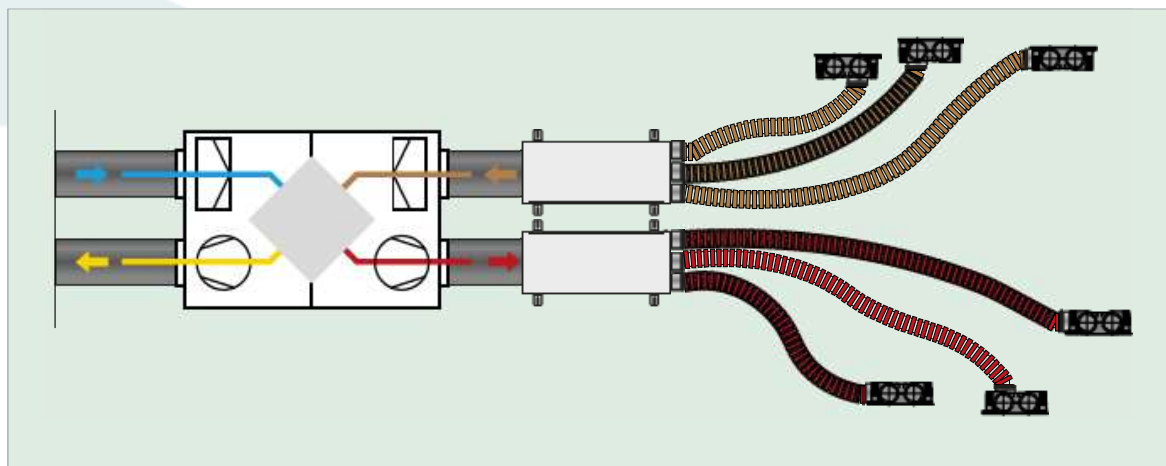
## VMC a doppio flusso centralizzato

- *Un impianto a doppio flusso provvede meccanicamente sia alla mandata che alla ripresa dell'aria in ambiente.*
- L'estrazione avviene come per gli impianti a semplice flusso.
- Anche l'immissione è realizzata tramite canalizzazioni e bocchette in un circuito separato dal precedente.
- I flussi d'aria immessa ed estratta sono coordinati da un sistema di regolazione

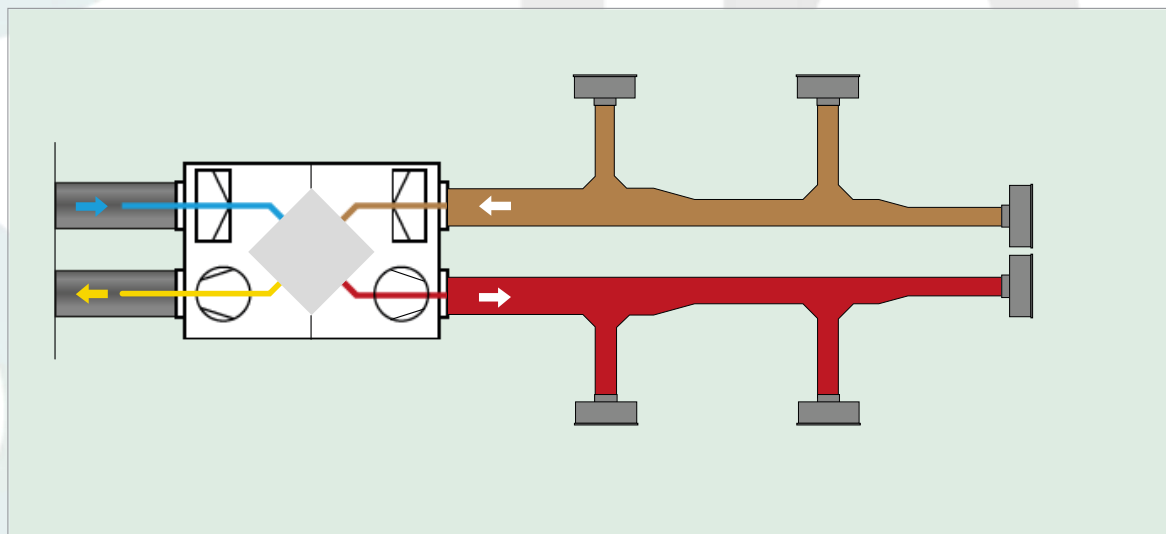


- 1) Presa d'aria esterna + filtro
- 2) Unità VMC con ventilatori e scambiatore
- 3) Espulsione a parete o a tetto
- 4) Terminali di immissione aria nuova
- 5) Terminali di estrazione aria viziata

## VMC a doppio flusso centralizzato



**Distribuzione a  
PLENUM**



**Distribuzione  
RAMIFICATA**

## VMC a doppio flusso

Nei sistemi più complessi è possibile **trattare l'aria di rinnovo** prima di immetterla nell'ambiente ossia: filtrarla, raffreddarla o riscaldarla, trattarne l'umidità.  
Con sistemi a doppio flusso è possibile **il recupero energetico** dell'aria di espulsione attraverso i recuperatori di calore.

### Vantaggi:

- Controllo della portata d'aria
- Possibilità di recuperare il calore
- Possibilità di integrazione con la ventilazione naturale e free cooling
- Adattabilità alle condizioni climatiche stagionali
- Limitazione della rumorosità in ambiente
- Controllo della velocità dell'aria in ambiente
- Controllo sulla qualità dell'aria di rinnovo

### Svantaggi:

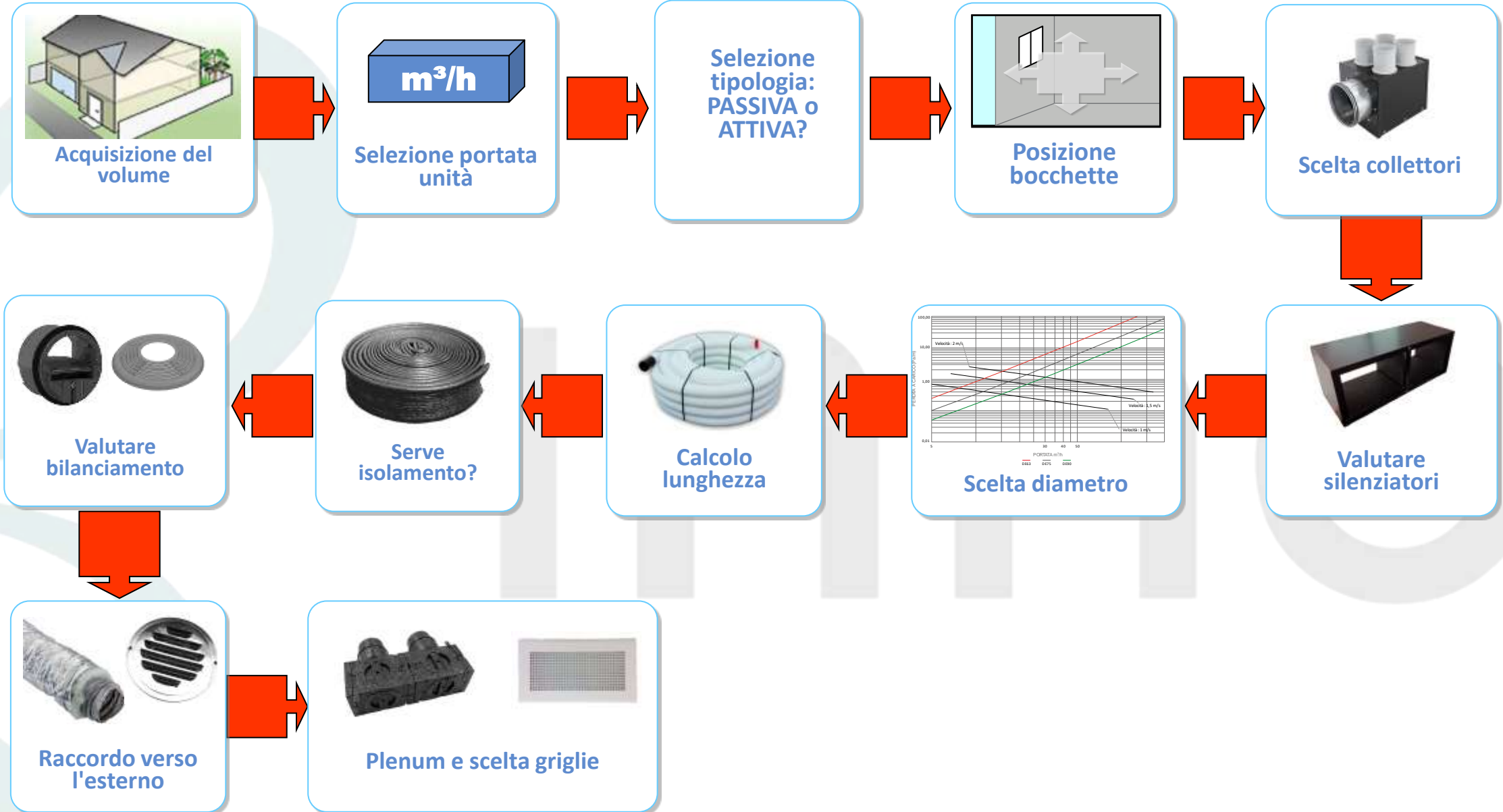
- Costo dell'impianto e manutenzione

## Definizione dei ratei di ricambio e scelta della portata

- Nell'ambito della ventilazione residenziale il calcolo della portata d'aria può essere effettuato tramite il metodo dei ricambi d'aria (generalmente si parla di n. ricambi/ora o volumi/ora).
- Buona norma suggerisce ricambi aria di 0,5 volumi/ora, valori che in pratica riproducono il ricambio naturale delle "vecchie" abitazioni
- La normativa tecnica di progettazione impiantistica UNI 10339 prevede una portata specifica per persona, ma in casa il ricambio dovuto al volume dell'edificio supera generalmente quello dovuto all'affollamento
- Per la verifica energetica dell'edificio UNI TS11300 prevede in ambito residenziale un valore n di ricambio naturale pari a minimo 0,3 vol/h
- In ambito civile non residenziale bisogna sempre valutare se il ricambio prevalente è quello dovuto al volume dell'edificio o all'affollamento.

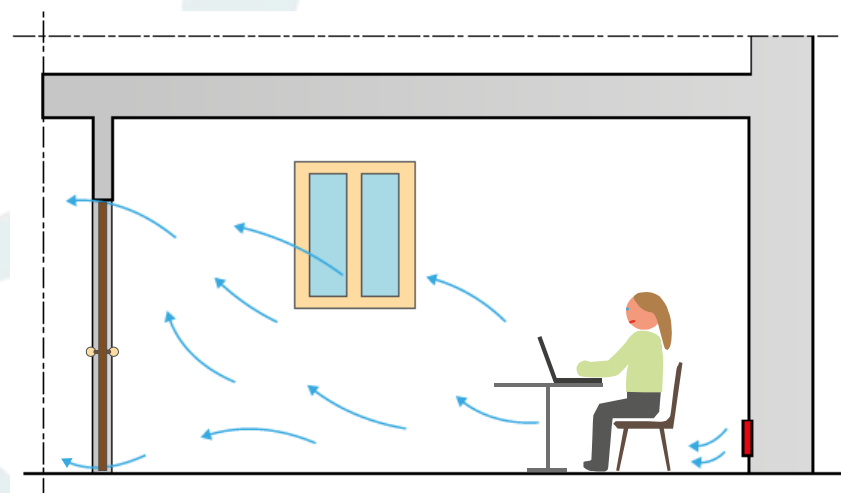
Ad es.: un'aula scolastica con 20 alunni richiederebbe circa 600 m<sup>3</sup>/h anche se per l'aula da 50 m<sup>2</sup> (150 m<sup>3</sup>) bastano 75 m<sup>3</sup>/h

# Sequenza per la scelta

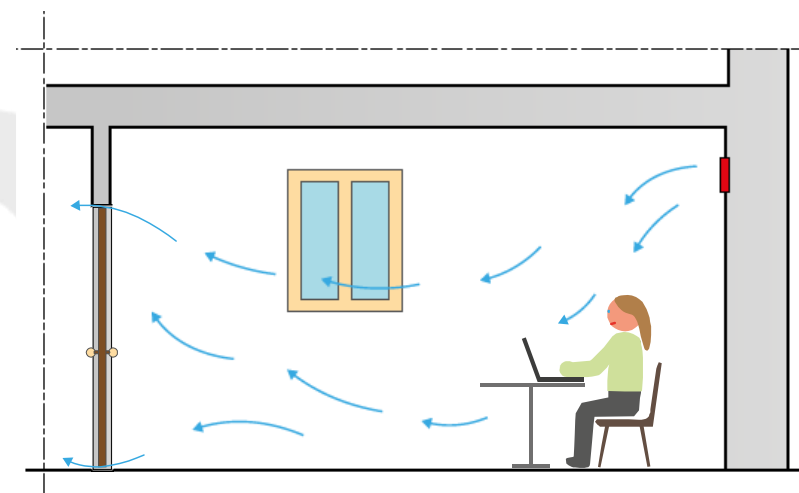


## I sistemi di immissione aria

Per garantire una corretta distribuzione dell'aria di rinnovo in ambiente si può agire sulla posizione delle aperture di immissione...



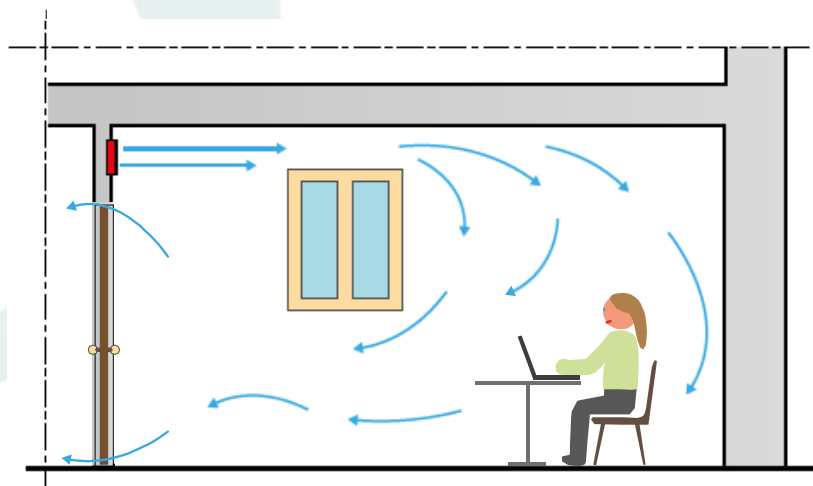
Immissione dal basso



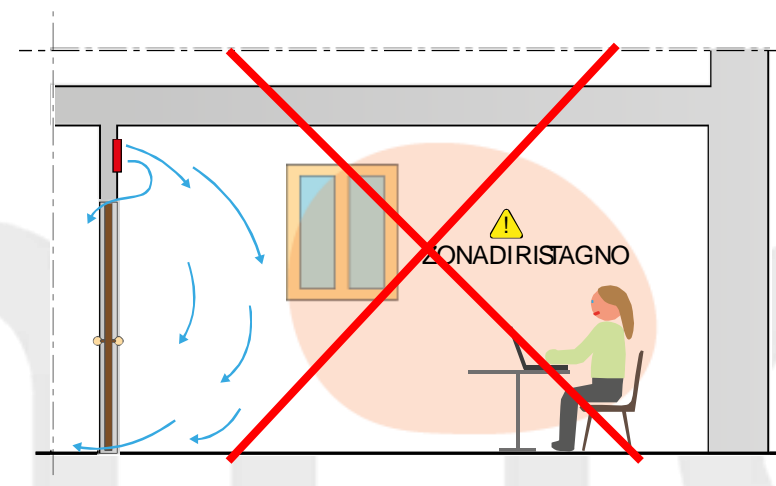
Immissione dall'alto

## I sistemi di immissione aria

... o sulla velocità di immissione



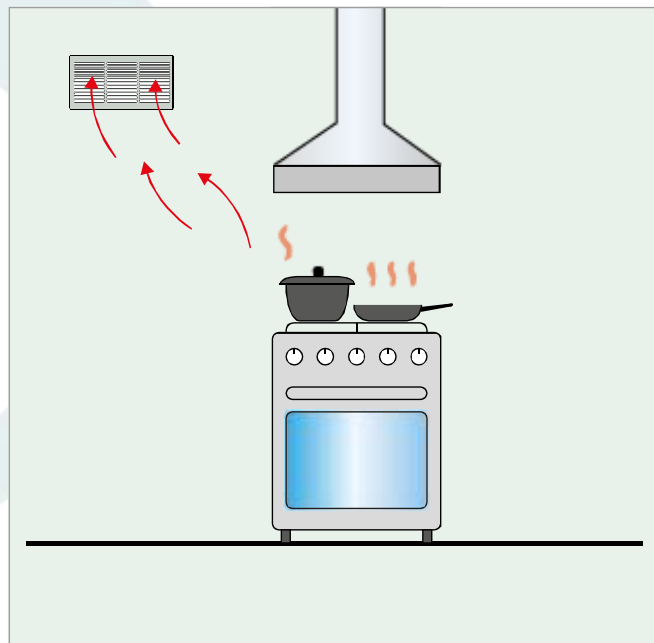
Immissione con lancio d'aria  
corretto



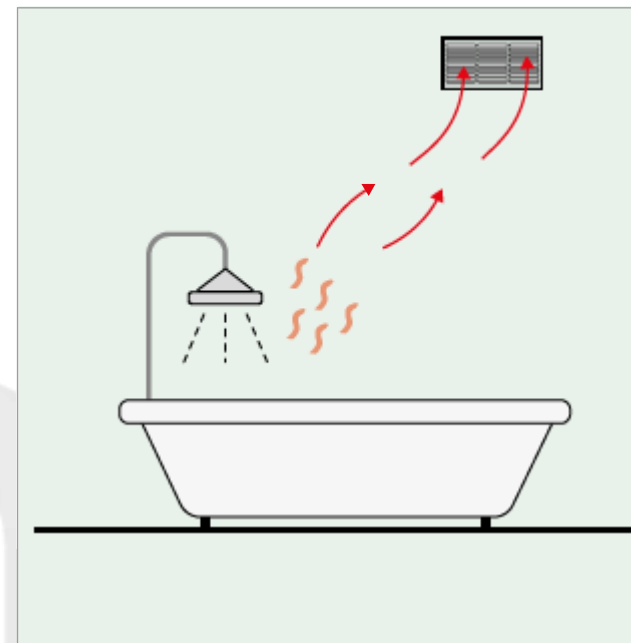
Immissione con lancio d'aria  
non corretto



## Punti di prelievo più comuni



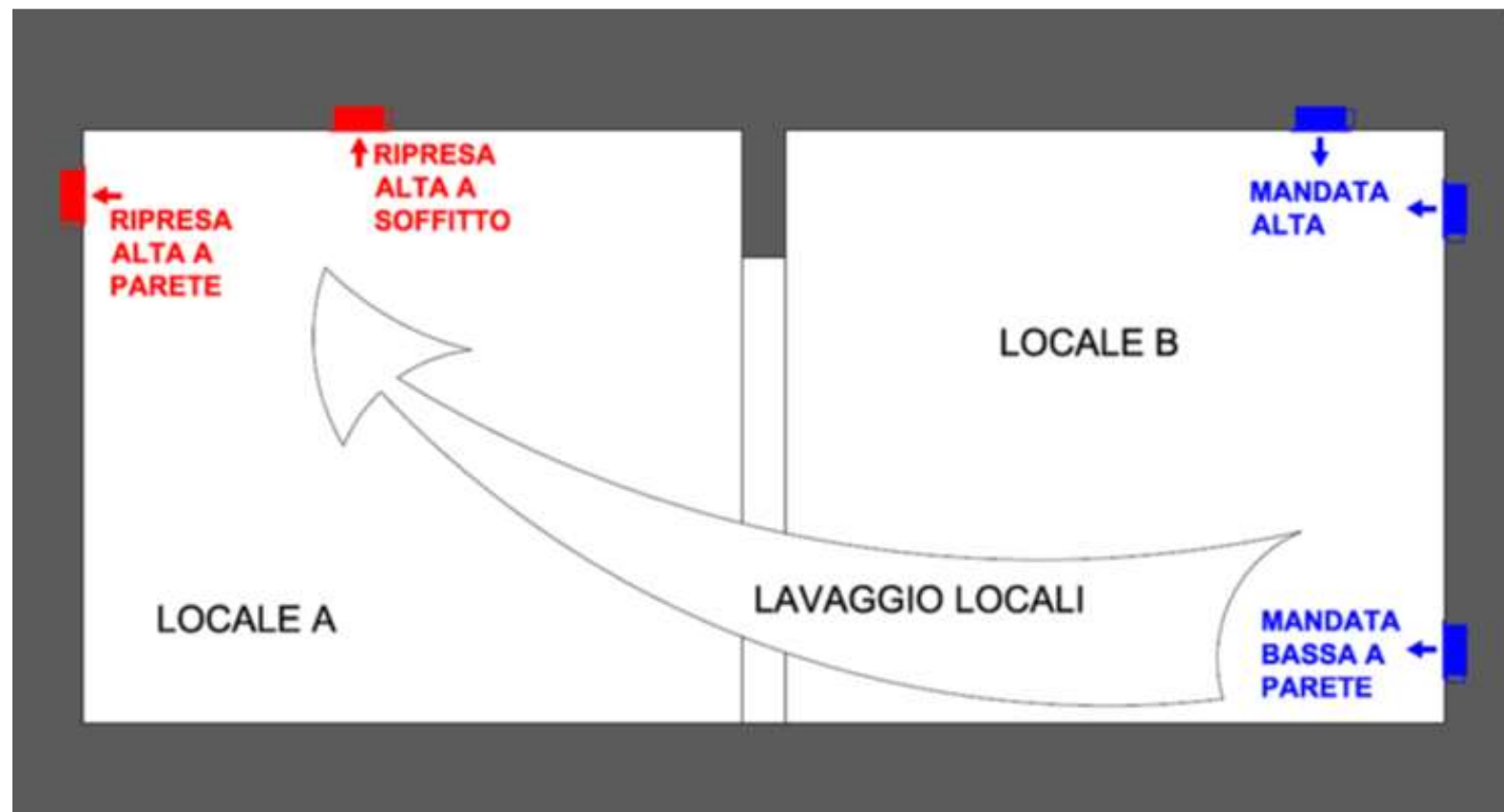
**Ripresa in cucina**



**Ripresa in bagno**

## I sistemi di immissione raccomandati più comuni

Posizione bocchette di immissione ed estrazione in correlazione



## Passaggi sotto porte

Portata aria [m <sup>3</sup> /h]	Altezza luce sotto porta [mm]			
	2	4	6	8
30	1,3	1,0	0,9	0,7
40	1,7	1,4	1,1	1,0
50	2,1	1,7	1,4	1,2
60	2,5	2,0	1,7	1,5
70	2,9	2,4	2,0	1,7
80	3,4	2,7	2,3	1,9
90	3,8	3,0	2,6	2,2
100	4,2	3,4	2,8	2,4
110	4,6	3,7	3,1	2,7
120	5,1	4,1	3,4	2,9

Considerata una luce di 1 mm sul perimetro dell'interno porta.

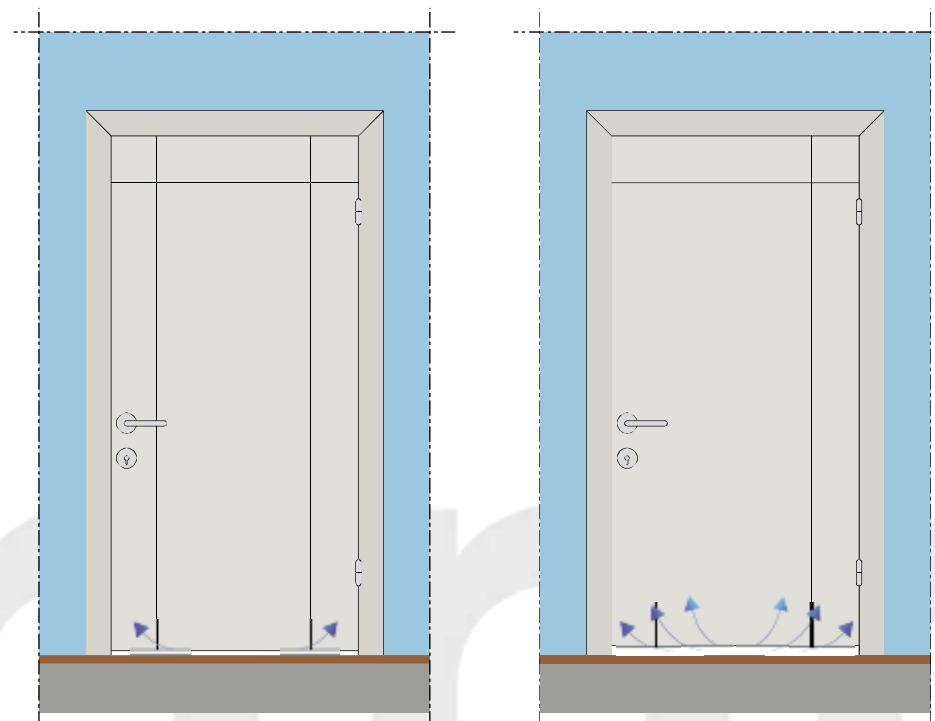


Tabella con velocità di passaggio dell'aria in caso di transito al di sotto delle porte:

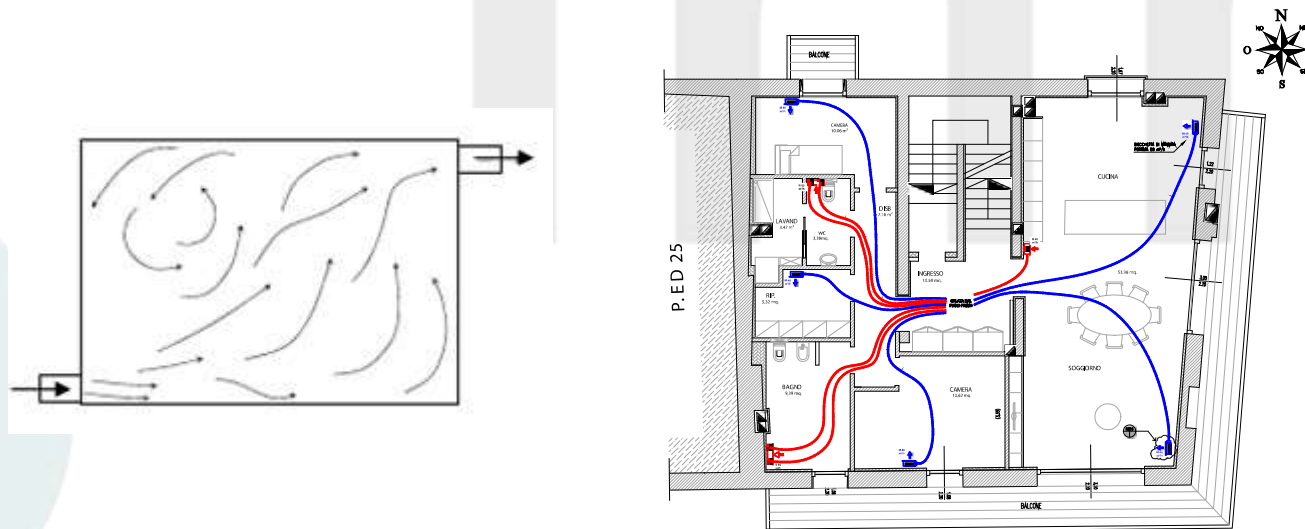
- 2 m/s : velocità accettabile
- >3 m/s : perdite di carico eccessive che limitano la portata effettiva dell'impianto

## VMC passiva: da ricordare

1. posizionare l'unità in posizione funzionale riguardo alla diffusione del rumore
2. tenere conto dei passaggi delle tubazioni primarie per il posizionamento della stessa
3. posizionare i collettori di distribuzione in posizione baricentrica riguardo la lunghezza delle tubazioni;
4. valutare necessità di silenziatori in virtù di richieste e aspettative dell'utente;
5. prevedere n. di bocchette in modo da non superare la portata di:
  - 30 m<sup>3</sup>/h (tubo De 75 mm)
  - 40 m<sup>3</sup>/h (tubo De 90 mm)corrispondenti ad una velocità dell'aria di circa 2,5 m/s;

## VMC passiva: da ricordare

6. bilanciare le bocchette: prevedere bocchette di immissione e di estrazione in ugual numero
7. se le stanze di immissione ed estrazione non sono in ugual numero, utilizzare bocchette multiple nelle stanze in difetto
8. cercare di bilanciare la lunghezza delle tubazioni; ove ci fossero lunghezze sensibilmente differenti prevedere dispositivi di bilanciamento della portata
9. posizionare bocchette in funzione del migliore lavaggio dell'aria



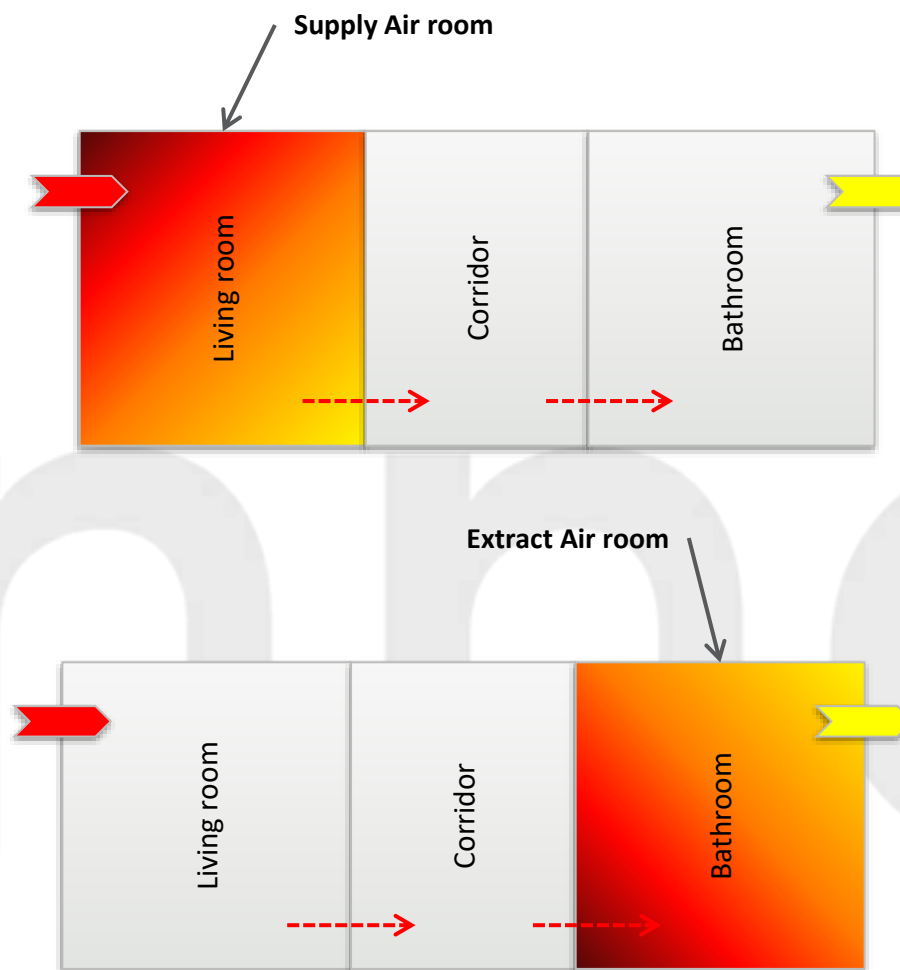
## VMC doppio flusso passiva - Canalizzazioni

### STANZE DI MANDATA:

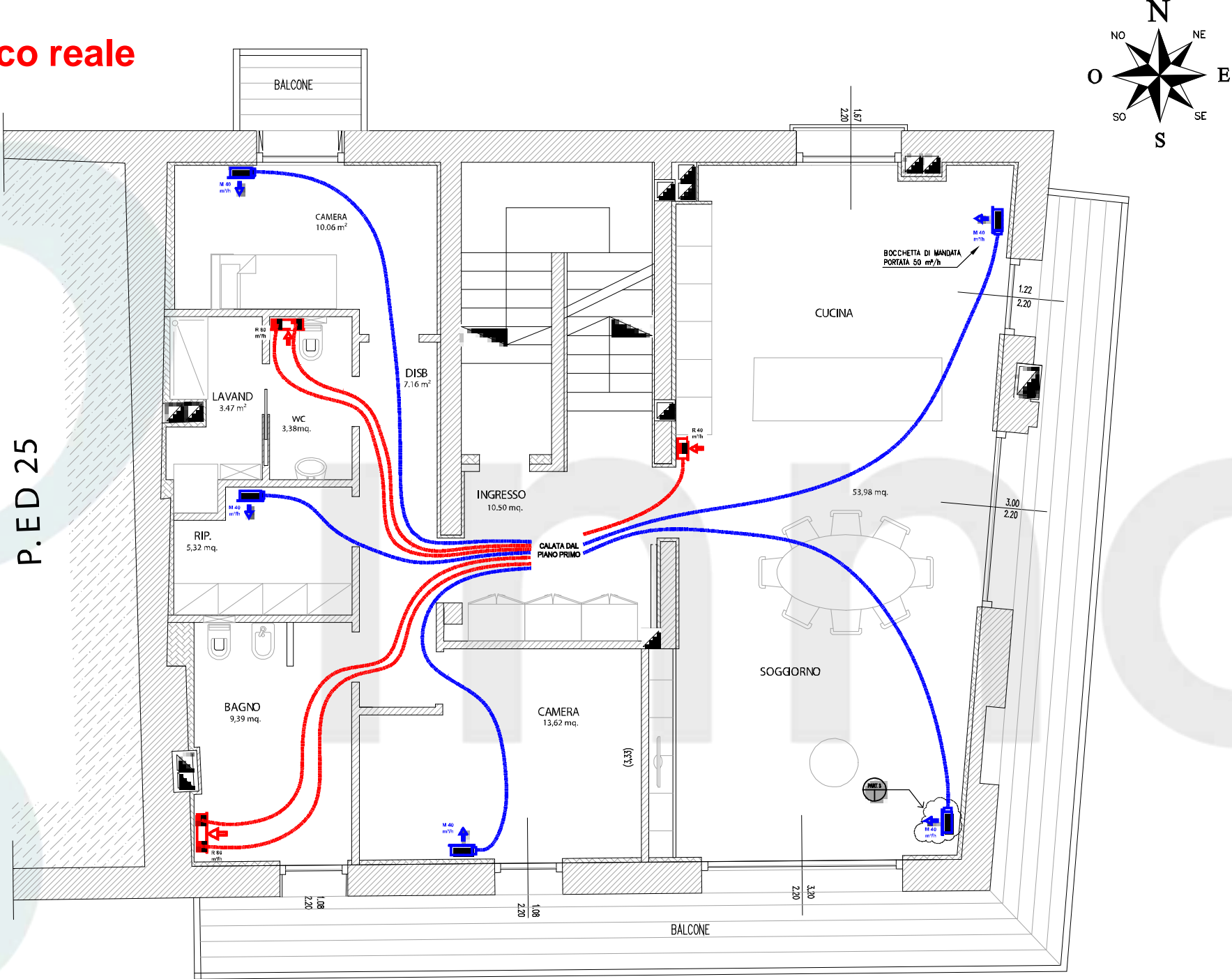
- CAMERA DA LETTO
- SOGGIORNI
- STUDI

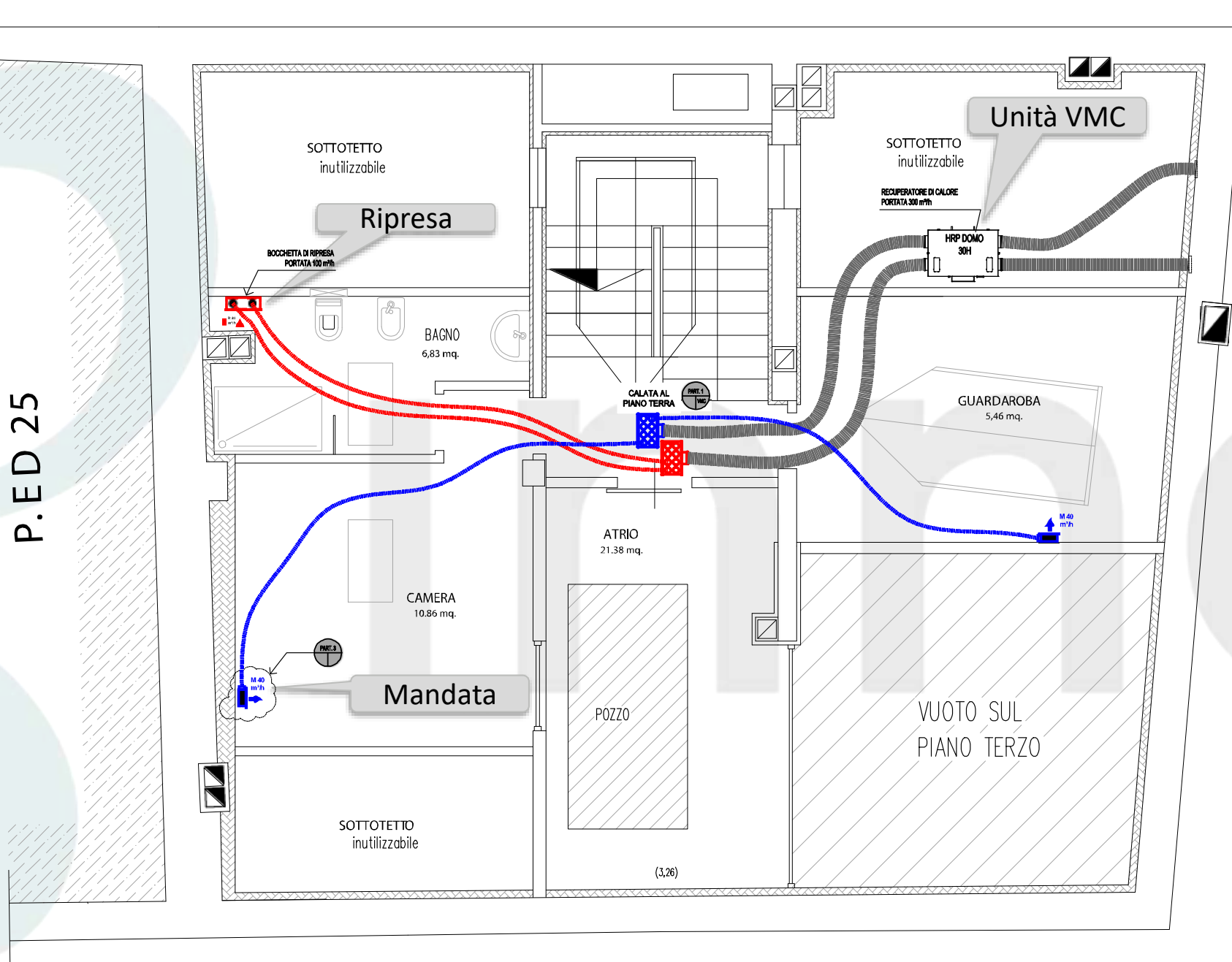
### STANZE DI RIPRESA:

- BAGNI
- CUCINE
- CABINE ARMADIO
- LAVANDERIE



# Esempio pratico reale







## Da ricordare per impianti "attivi"

1. valutare spazi di installazione dovuti alle maggiori dimensioni delle unità VMC e dei collettori
2. posizionare l'unità in posizione funzionale riguardo alla diffusione del rumore
3. tenere conto dei passaggi delle tubazioni primarie per il posizionamento della stessa
4. posizionare i collettori di distribuzione in posizione baricentrica riguardo la lunghezza delle tubazioni
5. valutare l'adozione di silenziatori;
6. prevedere plenum di aspirazione per ricircolo, tenendo conto che rappresenta la portata più elevata;

## Da ricordare per impianti "attivi"

7. prevedere n. di bocchette in modo da non superare la portata di:
  - 30 m<sup>3</sup>/h (tubo De 75 mm)
  - 40 m<sup>3</sup>/h (tubo De 90 mm)corrispondenti ad una velocità dell'aria di circa 2,5 m/s;
8. prevedere bocchette di immissione e di estrazione in ugual numero
9. se le stanze di immissione ed estrazione non sono in ugual numero, utilizzare bocchette multiple nelle stanze in difetto
10. isolare le tubazioni di mandata
11. cercare di bilanciare la lunghezza delle tubazioni; ove ci fossero lunghezze sensibilmente differenti prevedere dispositivi di bilanciamento della portata

# VMC doppio flusso attiva - Canalizzazioni

## STANZE DI MANDATA:

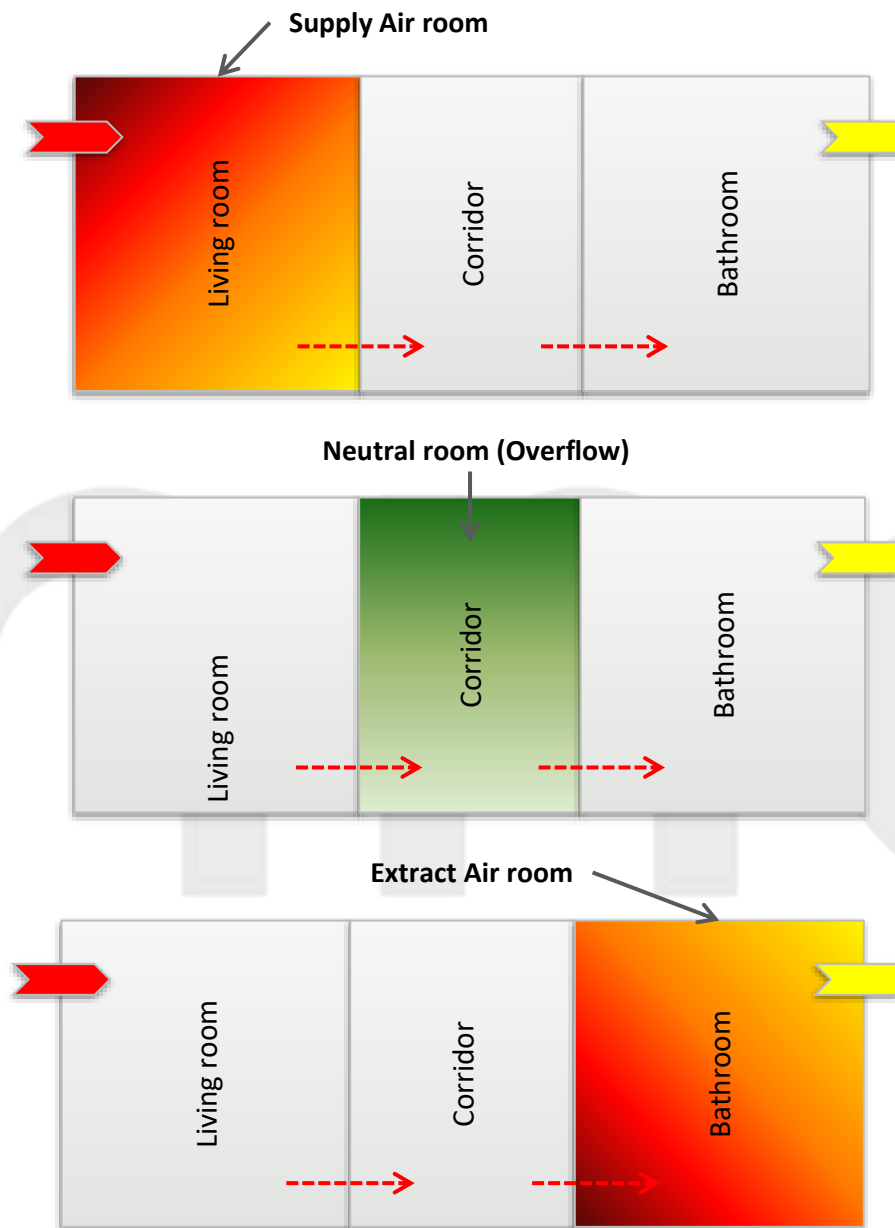
- CAMERA DA LETTO
- SOGGIORNI
- STUDI

## ZONE DI TRANSITO PER RICIRCOLO:

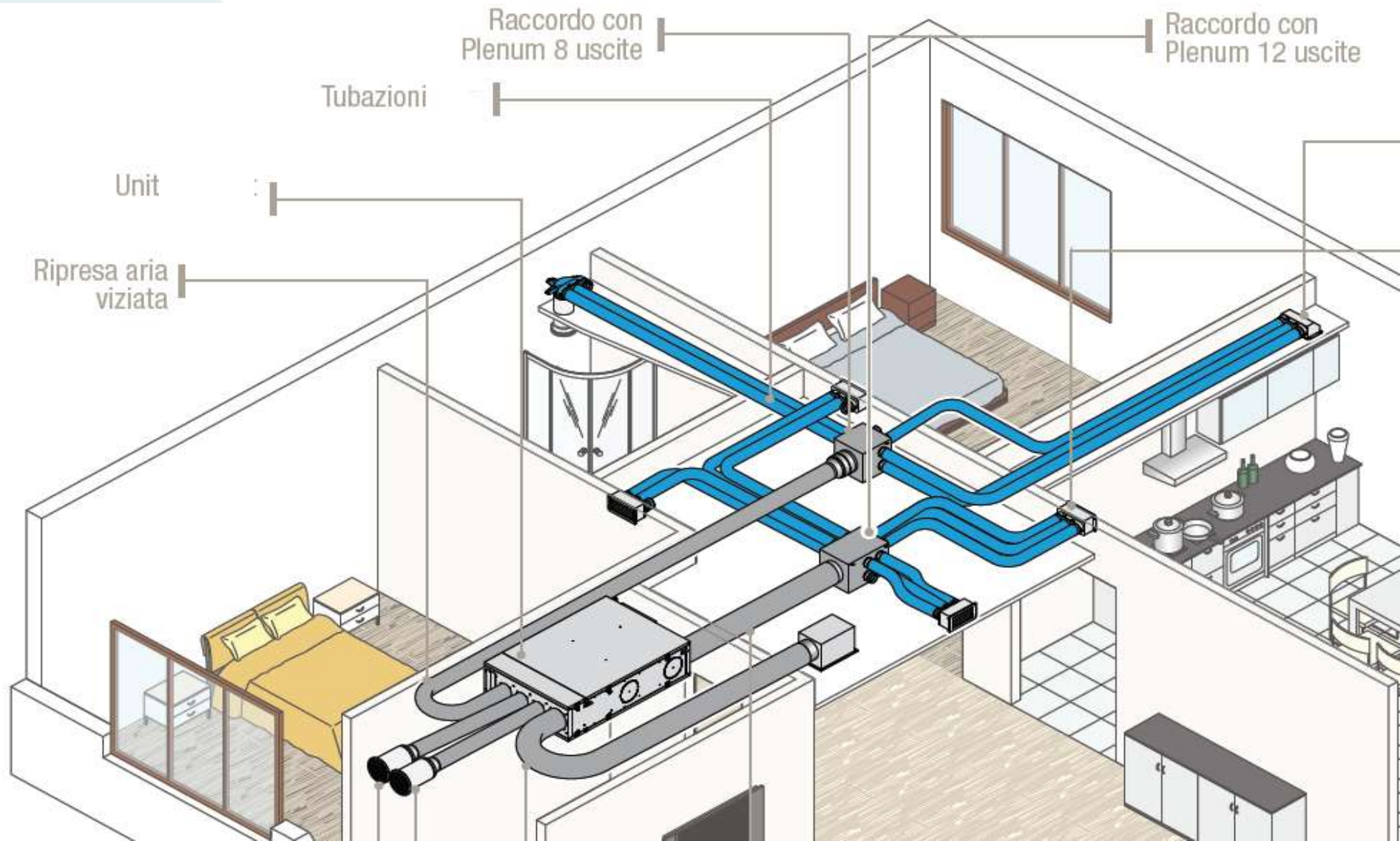
- CORRIDOIO
- DISIMPEGNI
- INGRESSO

## STANZE DI RIPRESA:

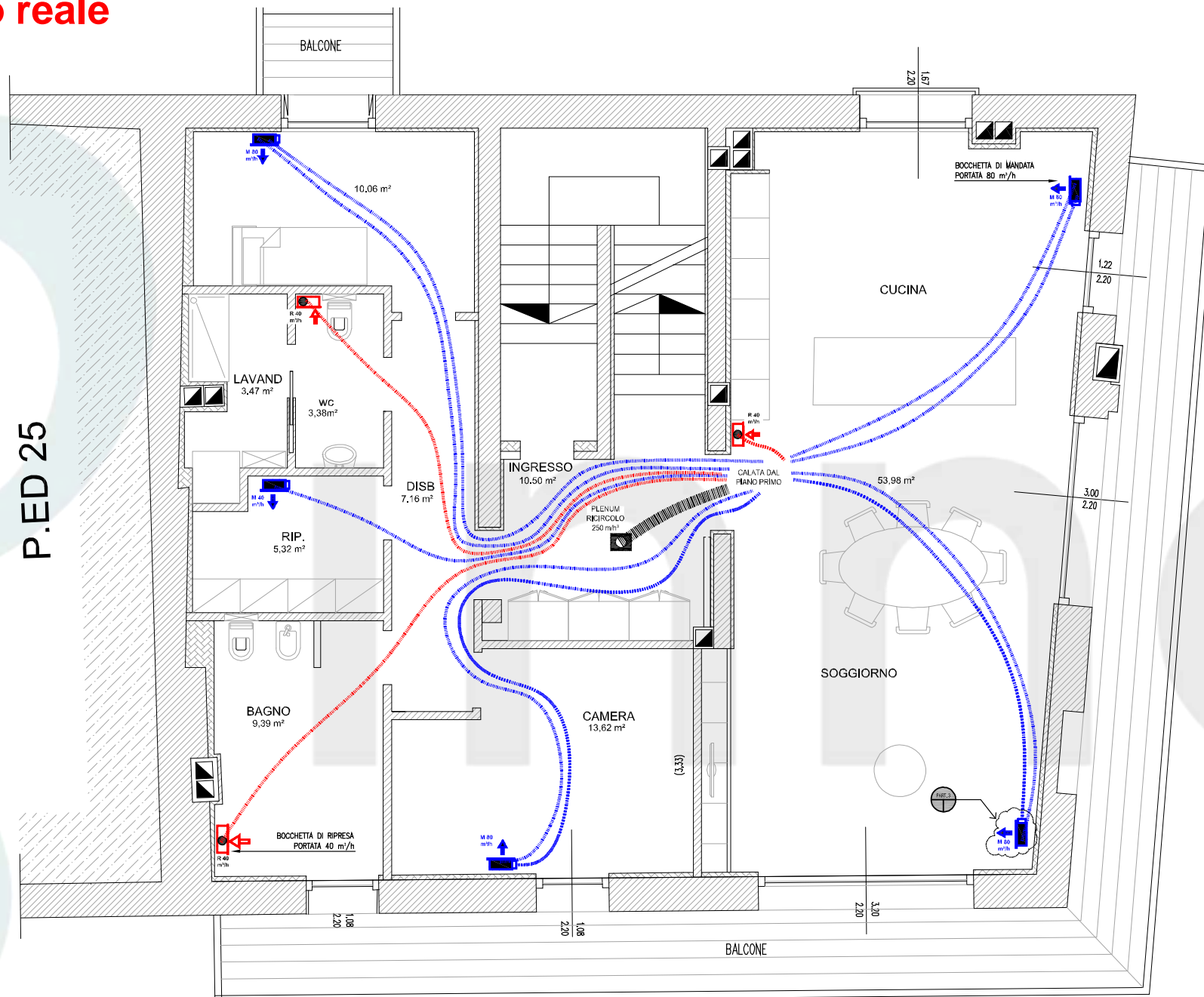
- BAGNI
- CUCINE
- CABINE ARMADIO
- LAVANDERIE



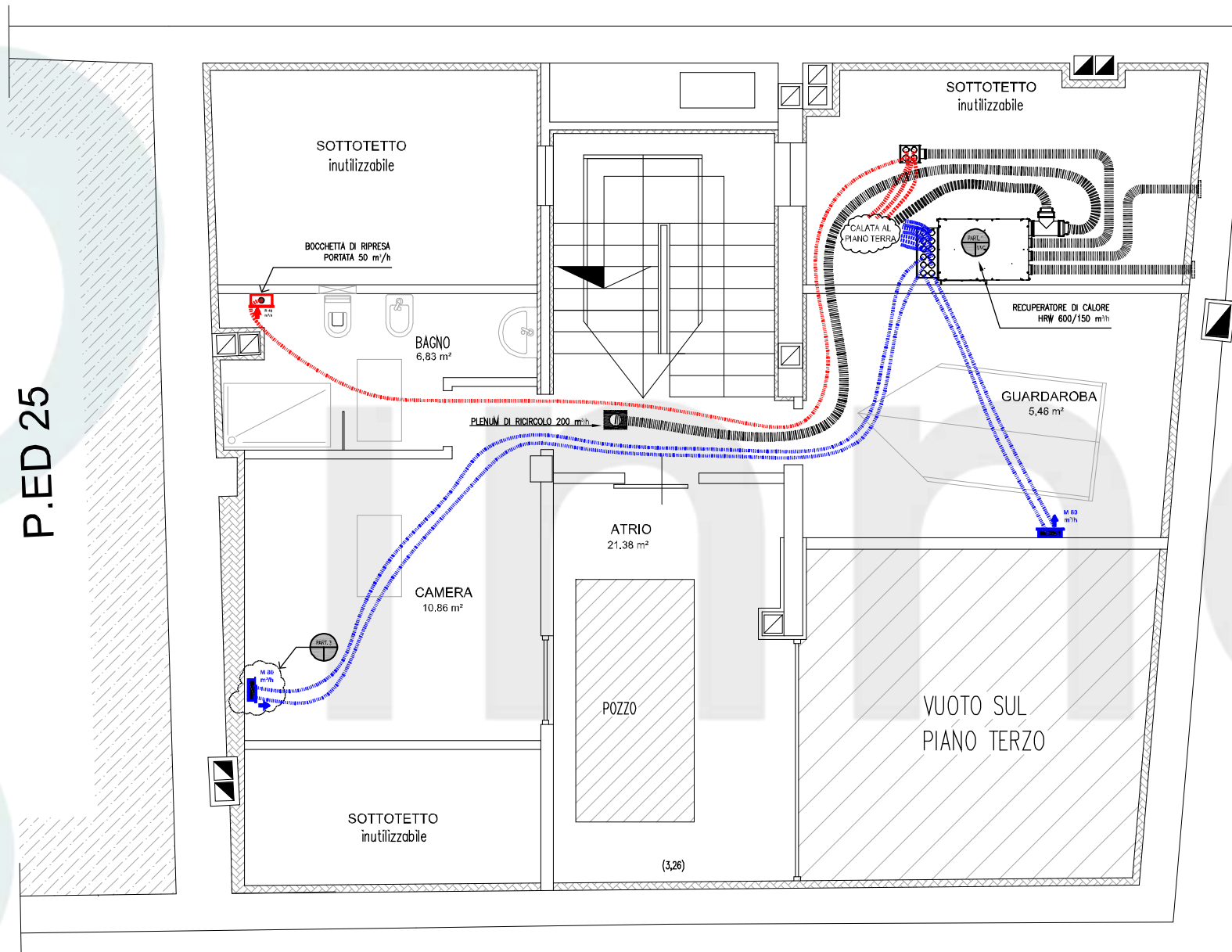
## VMC doppio flusso: architettura tipica completa con ricircolo



# Esempio pratico reale



# Esempio pratico reale





## Ricambio d'aria negli ambienti

- MACCHINE DI VENTILAZIONE: TIPOLOGIE

# La macchina di ventilazione: sezioni

## Filtri 1 6

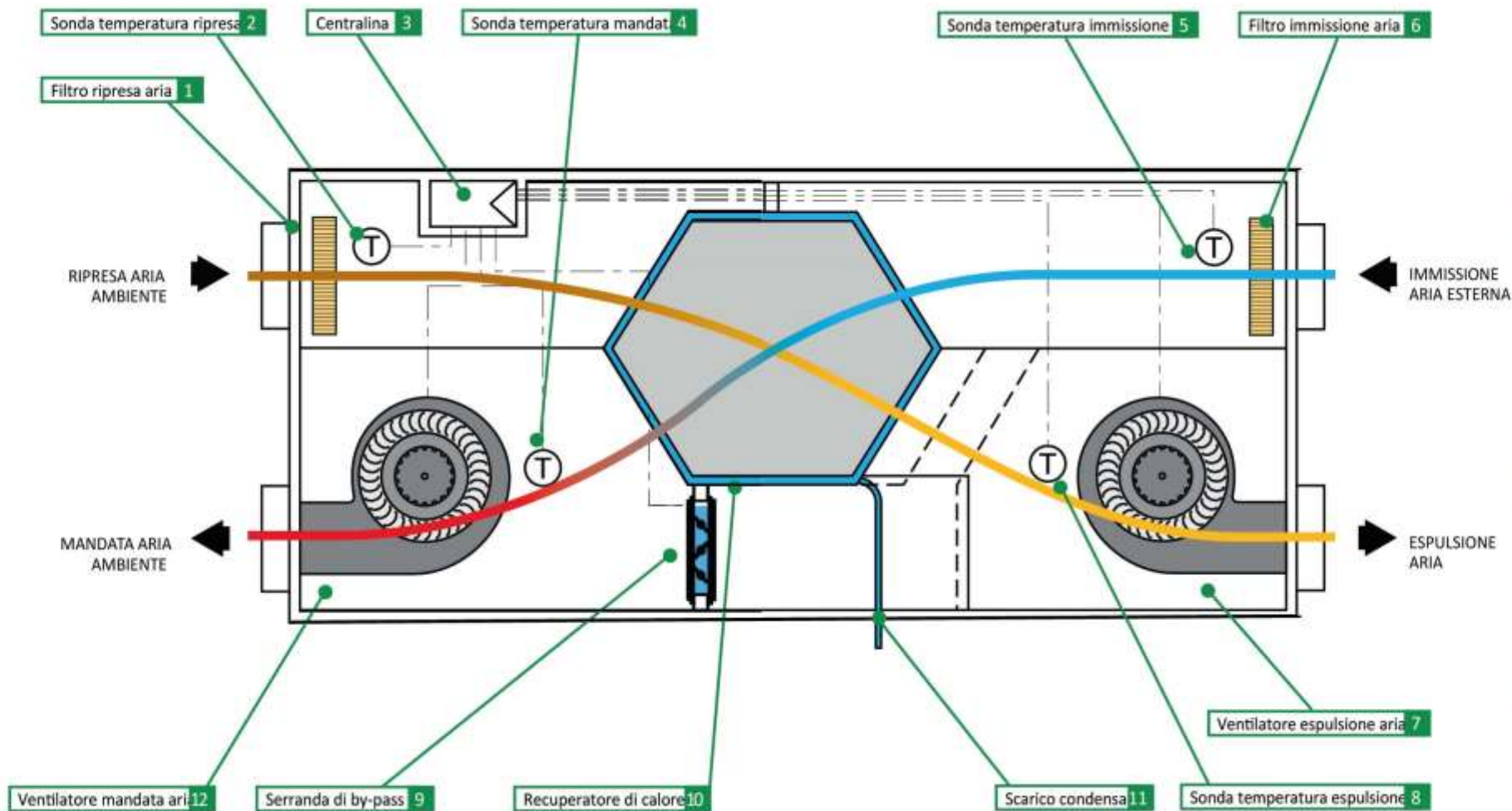
Dispositivi che consentono di trattenere particelle fini e grossolane trasportate dall'aria. Nelle unità di ventilazione sono di norma presenti filtri sia sul flusso di immissione dell'aria esterna sia sul flusso di espulsione. I primi hanno la funzione di migliorare la qualità dell'aria di rinnovo,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

## Sonde di temperatura 2 4

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

## Centralina 3

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



## Ventilatori 7 12

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

## Serranda di by-pass 9

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

## Recuperatore di calore 10

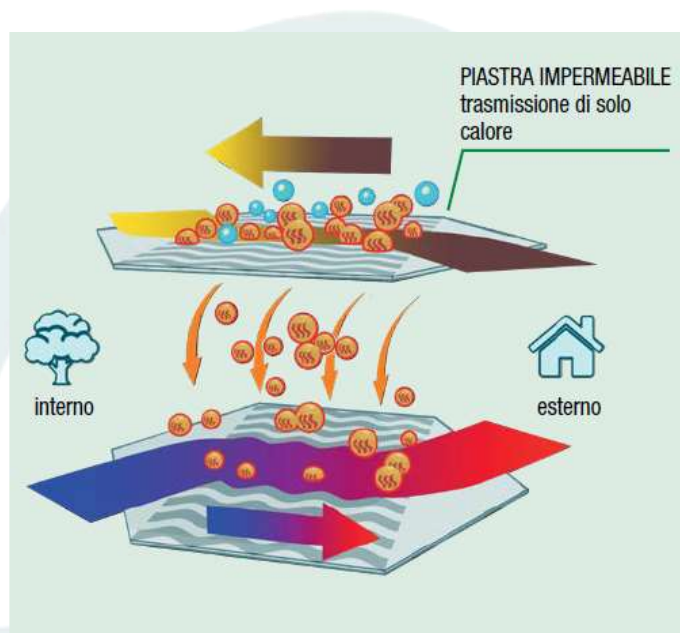
Dispositivo che permette il recupero termico tra il flusso di espulsione e di immissione. Grazie a questo componente le unità di ventilazione sono in grado di effettuare il rinnovo dell'aria ambiente recuperando in maniera efficiente il calore che altrimenti verrebbe sprecato.

## Scarico condensa 11

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

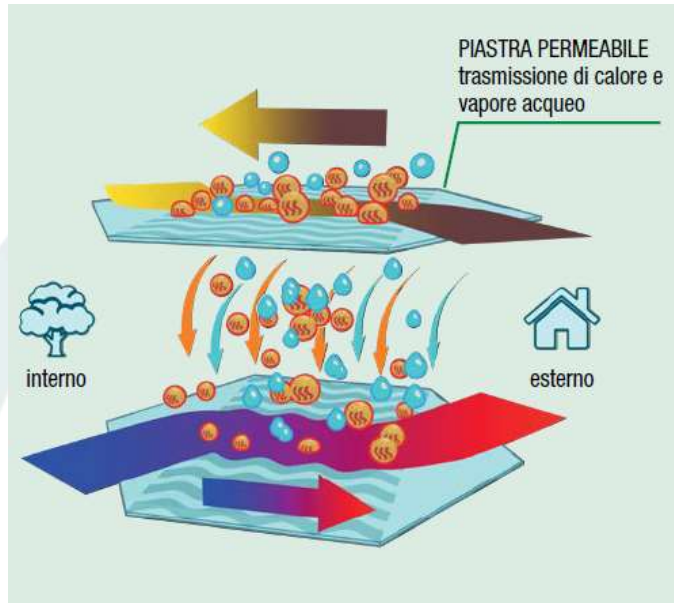


## I recuperatori di calore: recuperatore statico



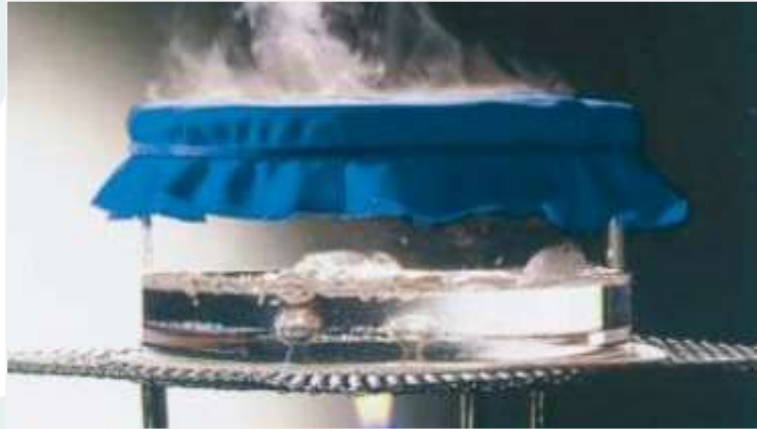
- a) Consentono il trasferimento della sola quota parte di calore sensibile dal flusso più caldo a quello più freddo.
- b) Il recupero termico sensibile si traduce in termini fisici in una variazione del valore di temperatura del flusso senza variare il contenuto assoluto di vapore acqueo a seconda che questo assorba o ceda energia termica
- c) I recuperatori di calore sensibile sono i più diffusi nei moderni sistemi di ventilazione meccanica, in quanto rappresentano un ottimo compromesso tra i costi e le prestazioni che sono in grado di raggiungere (fino al 90%)

# I recuperatori di calore: recuperatore entalpico



- a) A differenza di quelli sensibili, consentono anche il trasferimento di calore latente tra i due flussi d'aria
- b) Il passaggio di calore latente non determina una variazione di temperatura, in quanto rappresenta il calore contenuto nel vapore acqueo presente nell'aria umida.
- c) Il loro funzionamento sfrutta particolari membrane costruite con materiali permeabili all'umidità, ed opportunamente trattati per evitare la formazione di muffe e batteri, nonché il trasferimento di odori e inquinanti.
- d) Grazie a questa proprietà il vapore acqueo viene trasferito dal flusso d'aria più umido a quello più secco.

## I recuperatori di calore: recuperatore entalpico



- e) Per i recuperatori di tipo entalpico si definisce sia una efficienza riferita al recupero di calore sensibile sia una riferita al recupero di calore latente.
- f) Quest'ultima riguarda la capacità di trasferimento di umidità del recuperatore, con valori tra il 50 % e l'80 %.
- g) L'utilizzo di questi recuperatori trova ideale applicazione in caso di zone climatiche caratterizzate da inverni rigidi e secchi oppure estati calde e umide.
- h) In queste situazioni sussiste una marcata differenza di umidità relativa tra l'ambiente esterno e quello domestico: l'utilizzo del recuperatore di tipo entalpico permette quindi di mantenere a livelli ottimali l'umidità interna, a favore del comfort e del risparmio energetico

## I recuperatori di calore: recuperatore entalpico



- i) evita di seccare l'aria in ambiente nel periodo invernale immettendo parte dell'umidità che altrimenti andrebbe espulsa all'esterno;
- j) è lavabile
- k) non necessita di scarico condensa

innova

## Il recuperatore di calore entalpico:

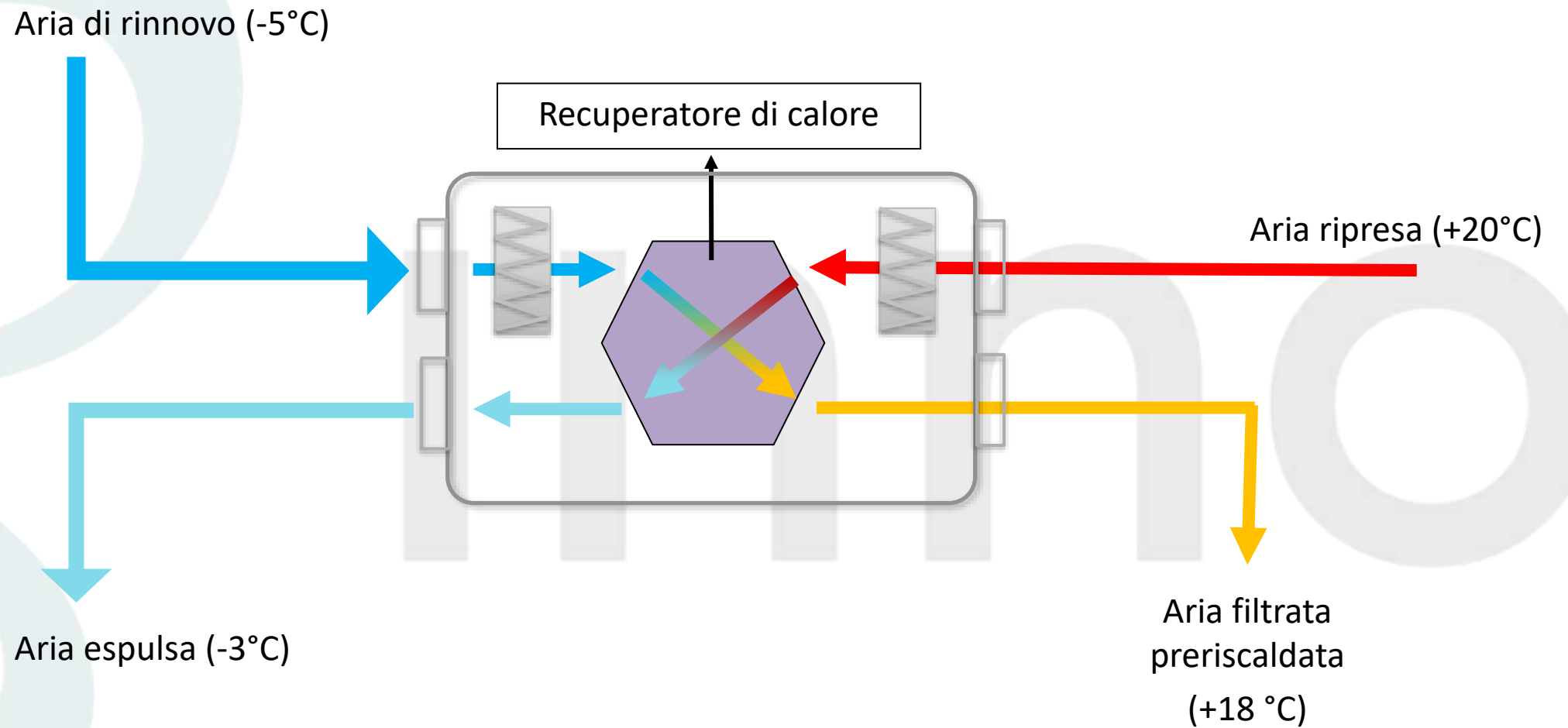
Valorizzazione del risparmio energetico e di umidità ambiente in regime estivo.

Alcuni numeri, tenendo conto di una portata di aria primaria pari a 200 m<sup>3</sup>/h:

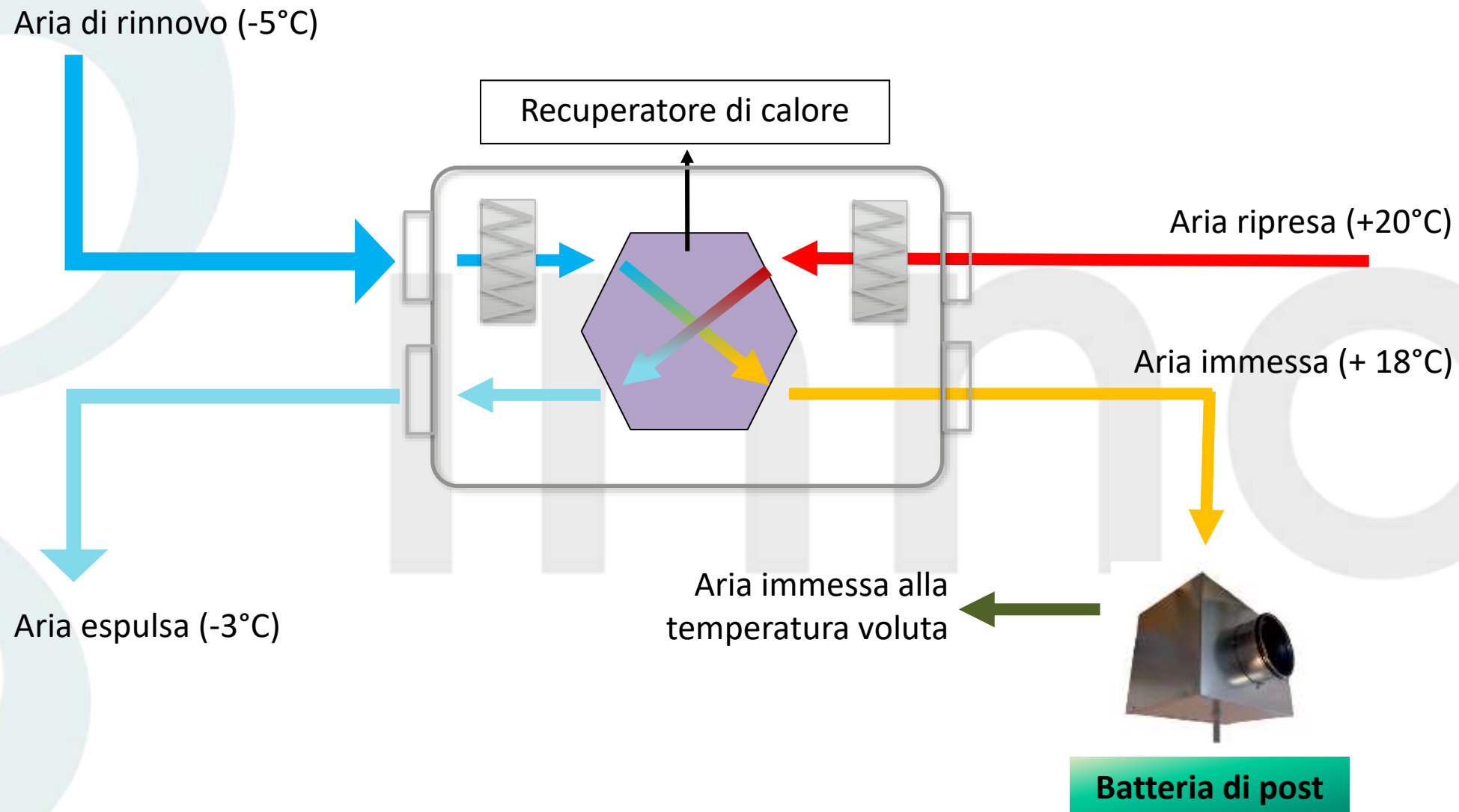


- con temperatura esterna 35 °C 80% U.R. e temperatura ambiente 25 °C e 60% U.R.: risparmio di **900 W**; immissione di **1.200 g/h** in meno in ambiente.
- con temperatura esterna 30 °C 60% U.R. e temperatura ambiente 25 °C e 60% U.R.: risparmio di **215 W**; immissione di **300 g/h** in meno in ambiente

## Schema di flusso invernale con VMC passiva



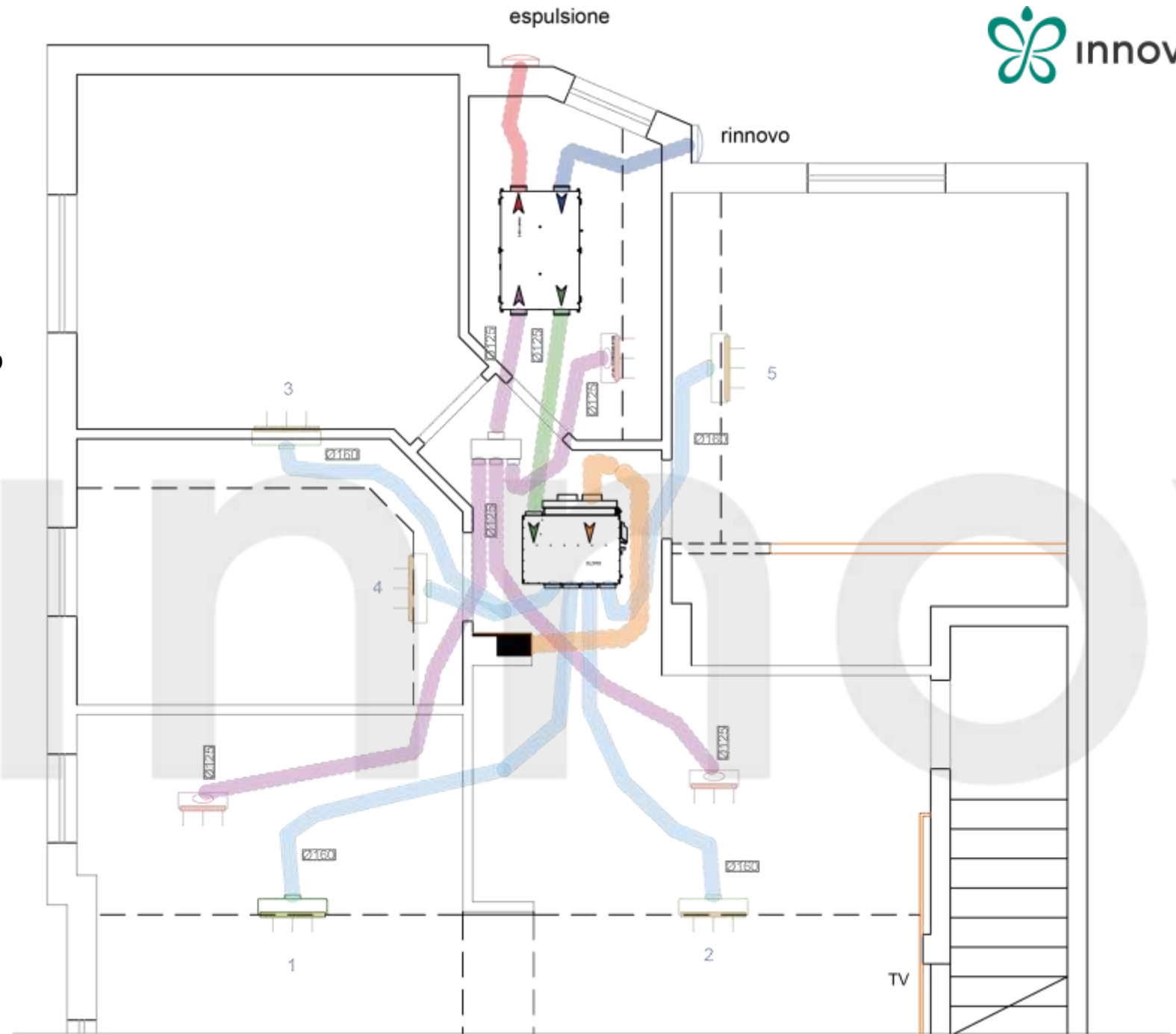
## Schema di flusso invernale con VMC attiva



# DUCTO - DUCTO MULTI

## ACCESSORIES: FRESH AIR KIT

- With fresh air kit is possible to diffuse the outside air to the rooms
- Best solution is to connect SUP connection of heat recovery ventilation unit (HRV or ERV) to the fresh air kit;
- supply fresh air grilles are no longer required;
- only ETA (extraction air) grilles are required





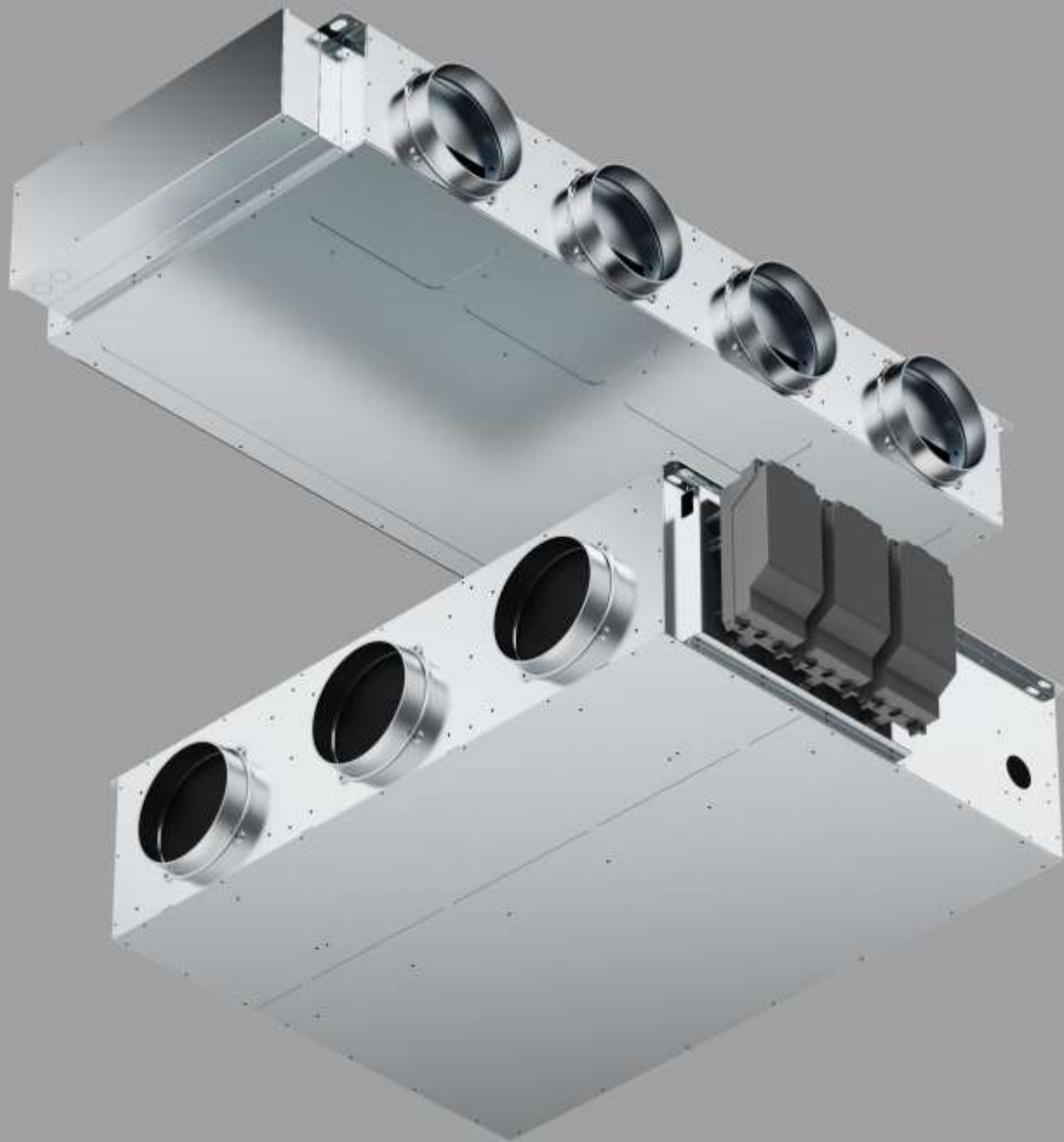
News 2022



# DUCTO – DUCTO MULTI



The excellence of ductable fancoil



# DUCTO MULTI DUCTO MULTI THIN

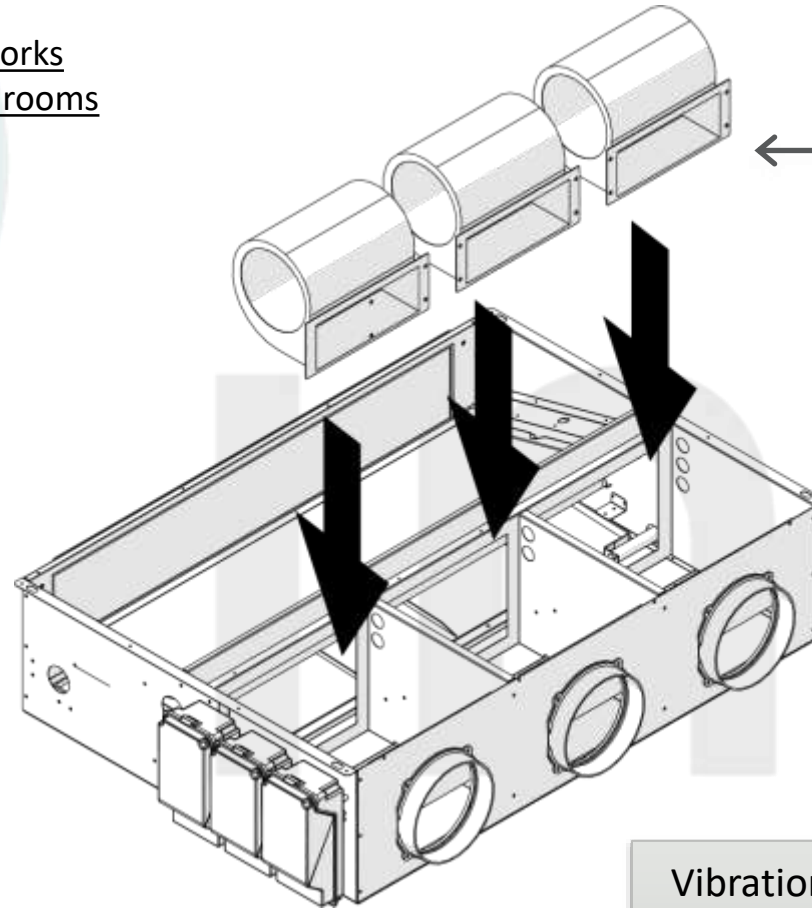
2 PIPES

# DUCTO MULTI

THE CLEVER FANCOIL WITH INTEGRATED MULTI-ZONE MANAGEMENT



Differently from othe ducted fancoils, it works directly with the right air flow rate on the rooms



← Integrated multi-fans for independent management of the various thermal zones

← Delivery plate connected to the standard unit; number of outlets according to size

Vibration reduction = increased quietness

**28 dB(A) at minimum flow rate**

SLC+ 600 open outlet, no duts

# DUCTO - DUCTO MULTI

## ACCESSORIES

### OUTDOOR AIR KIT

Plenum kit for outdoor air connection  
with damper for room recirculation

### DUCTO / DUCTO MULTI

#### Codes

- AHRD0639II** for SLC 400
- AHRD0640II** for SLC / SLC+ 600
- AHRD0641II** for SLC / SLC+ 800
- AHRD0642II** for SLC / SLC+ 1000
- AHRD0643II** for SLC / SLC+ 1200

### DUCTO THIN / DUCTO MULTI THIN

#### Codes

- AHRD0571II** for SLC THIN 400
- AHRD0572II** for SLC THIN / SLC+ THIN 600
- AHRD0573II** for SLC THIN / SLC+ THIN 800
- AHRD0574II** for SLC THIN / SLC+ THIN 1000
- AHRD0575II** for SLC THIN / SLC+ THIN 1200



# DUCTO MULTI

## PERFORMANCES



MODEL	u.m.	600	800	1000	1200	600	800	1000	1200
<b>Cooling performance (W 7/12; A 27) (3)</b>									
Total power output	kW	3,80	5,50	7,20	8,10	3,02	4,40	5,70	6,40
Sensible power output	kW	2,70	3,90	5,10	6,10	2,15	3,16	4,10	4,60
Water flow rate	L/h	600,00	950,00	1200,00	1400,00	530,00	800,00	1030,00	1220,00
Maximum input power	W	58	85	114	141	38	55	75	90
Maximum sound power	dB(A)	60	61	62	64	58	59	61	62
<b>Single zone cooling performance (W7; A 27) (4)</b>									
Total power output	kW	2,10	2,10	2,10	2,10	1,70	1,70	1,70	1,70
Sensible power output	kW	1,50	1,50	1,50	1,50	1,23	1,23	1,23	1,23

(1) Coil water temperature 45/40 °C; Ambient air temperature 20 °C (EU regulation 2016/2281) - maximum speed and useful head 0 Pa

(2) Coil water temperature 45/40 °C; Ambient air temperature 20 °C (EU regulation 2016/2281)

(3) Coil water temperature 7/12 °C; Ambient air temperature 27 °C b.s. and 19° C b.u. (EU regulation 2016/2281) - maximum speed and useful head 0 Pa

(4) Coil water temperature 7/12 °C; Ambient air temperature 27 °C b.s. and 19° C b.u. (EU regulation 2016/2281)

(5) Data referred to UNI EN 3741 and UNI EN 3744.

(6) Flow water temperature 7 °C; Return water temperature 12 °C

# DUCTO - DUCTO MULTI

## CONTROLLERS



**Electronic wall-mounted controller  
with thermostat and room temperature sensor M7**

- EEB749 
- EFB749 

## M7 SERIES

- The new M7 series wall-mounted remote control is an evolution that stands out for:
- New design and reduced thickness, for semi-recessed on 503 box (round boxes and square boxes with 2 places are not compatible)
- Interactive touch display with increased sensitivity
- A new Bluetooth version is available for connecting wireless terminals, ideal especially for renovations and replacement of old terminals
- The features, equipment and connections are the same as the previous model.
- They must be interfaced with the new ESE845 (Modbus and WIFI) and ESE846 (Bluetooth) boards

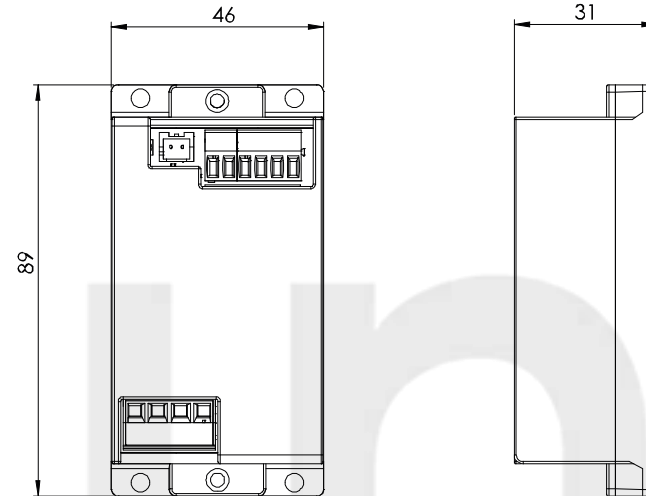
# DUCTO - DUCTO MULTI

## CONTROLLERS



### **MZS zone module, code EG1028**

**for external terminal controls such as: radiators, radiant system circuits**

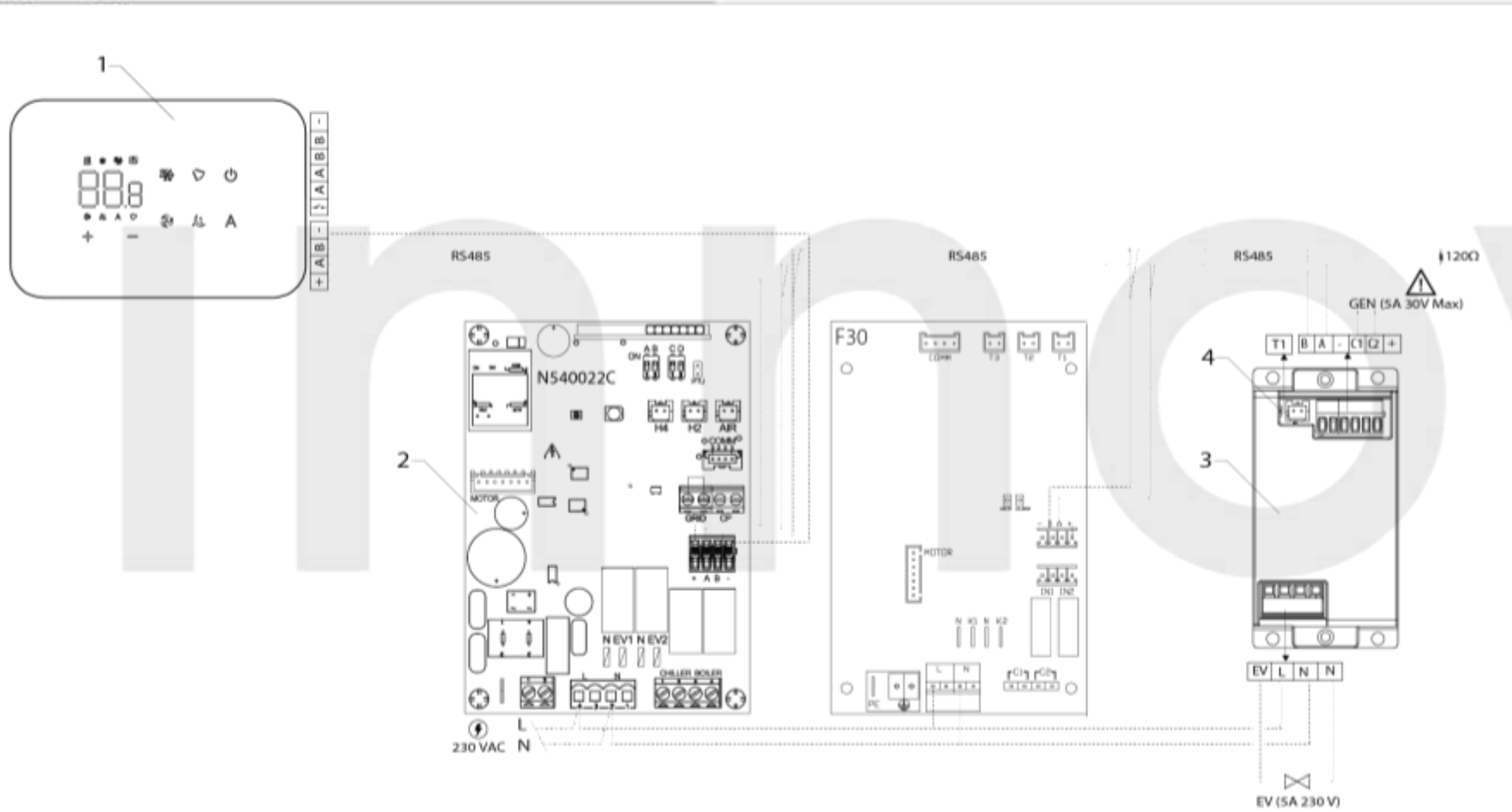


- This is the PCB that allows you to control the actuators of other terminals (e.g. radiators and underfloor systems)
- the user can therefore have a single type of wall control for all his terminals, even if mixed;
- in this way, with the Butler Pro Innova web server, it can remotely manage and control the entire system;
- The only precaution: provide an electrical box for housing the board chassis, i.e. it can be installed in the manifold box of the radiant system or on an electrical panel

**MZS zone module, code EG1028:  
Diagram with connection  
between mixed fancoils/radiant  
system (or radiator or old fan coil)**

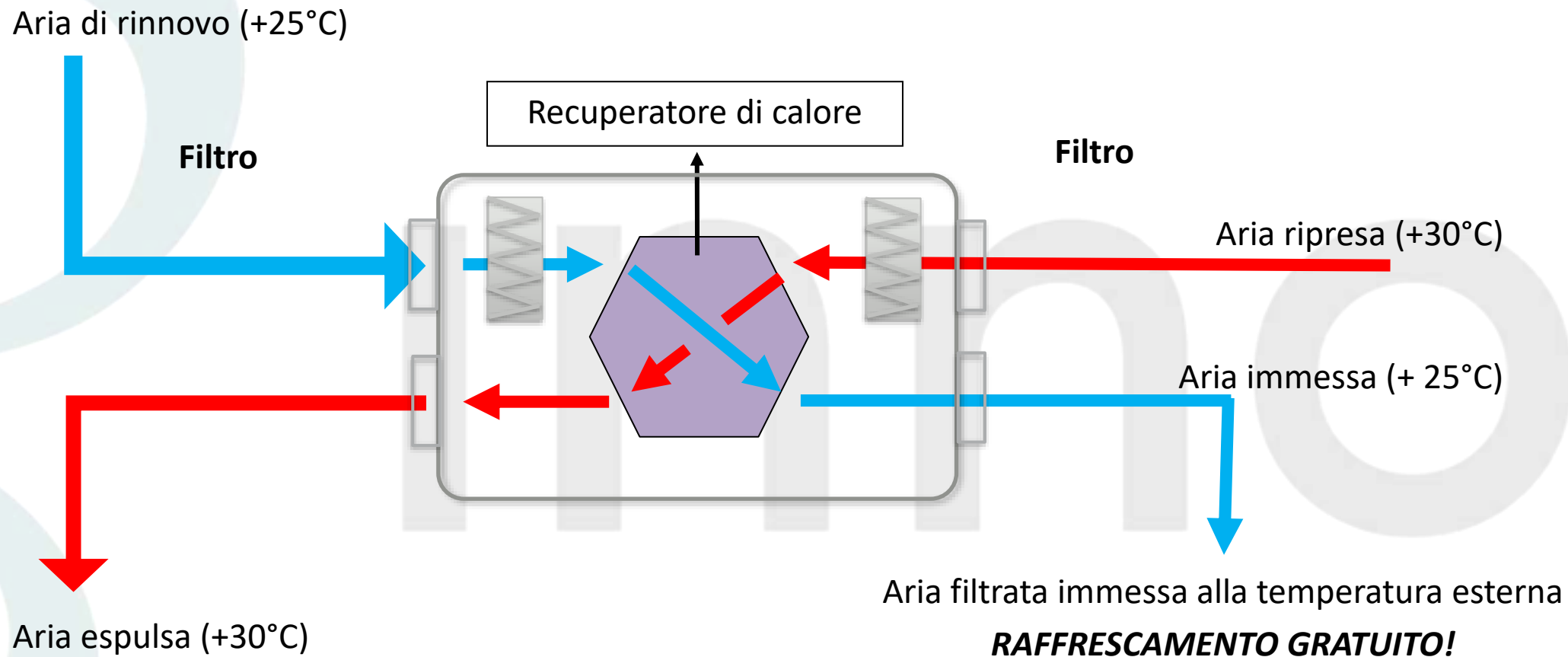
1. Wall-mounted thermostat series
2. Terminal electronic board
3. MZS single zone module
4. Led

- T1** Water probe
- GEN** Potential-free contact (activates 1 minute after EV activation)
- EV** Motorised valve





## Schema di flusso estivo con VMC passiva e by-pass

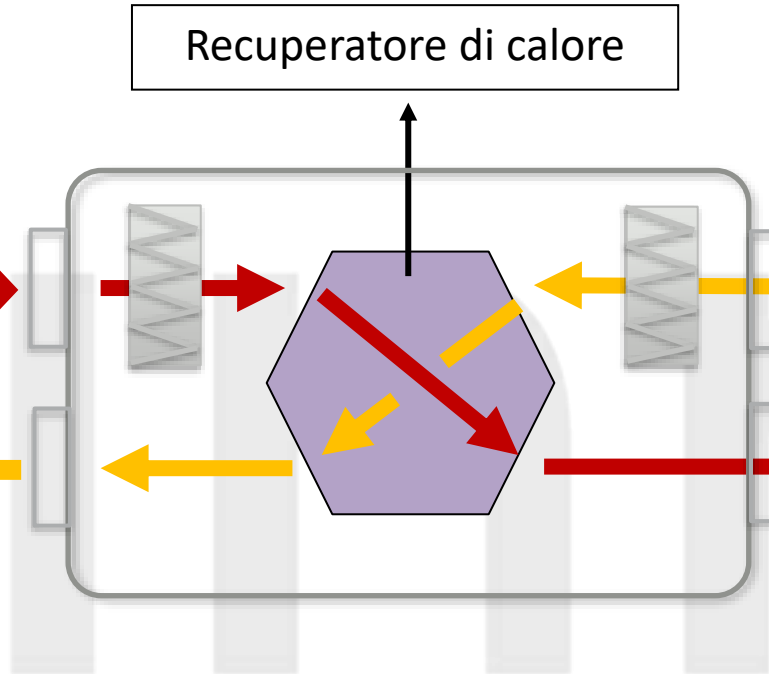


Schema di flusso mezza stagioni con VMC passiva e by-pass

Aria di rinnovo (+24°C)



Recuperatore di calore



Aria ripresa (+20°C)



Aria immessa (+ 24°C)

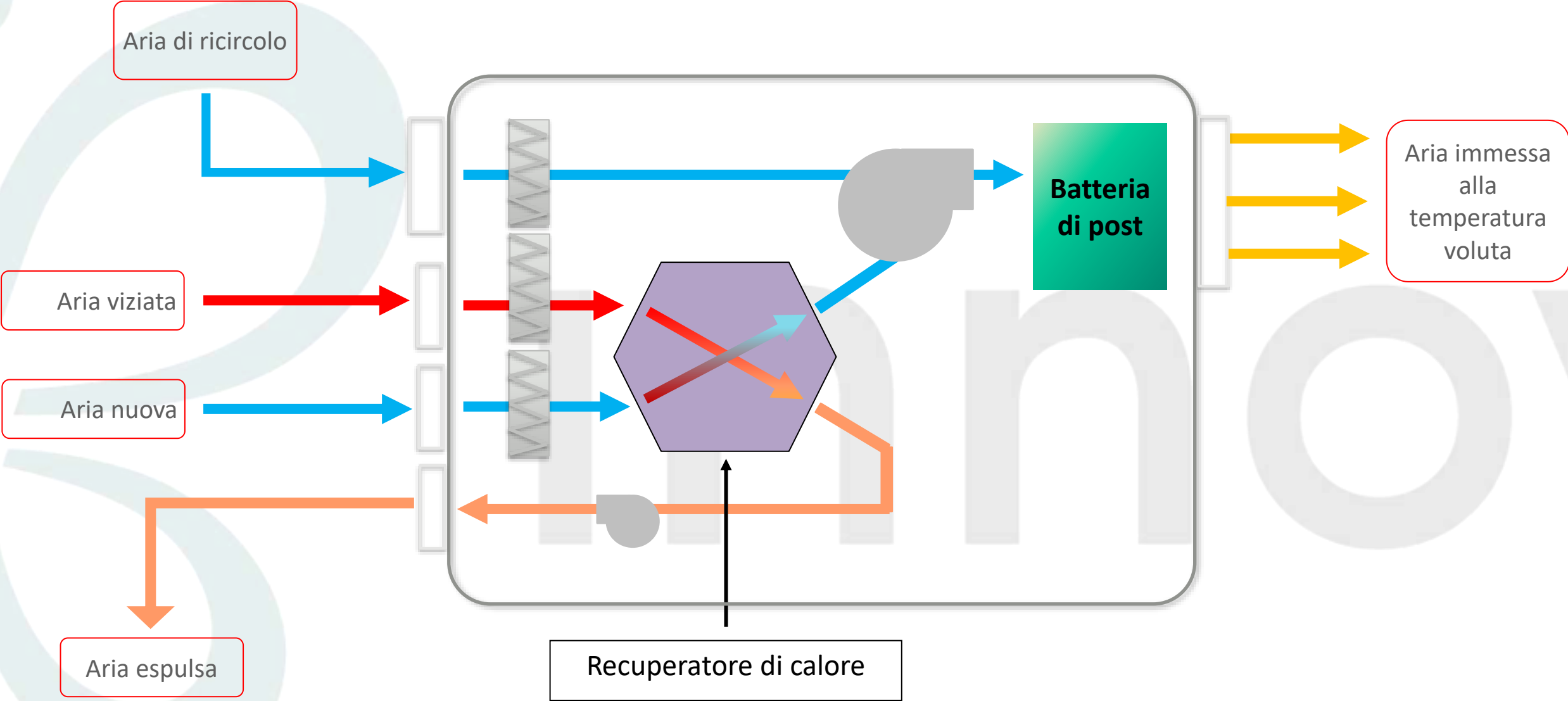


Aria espulsa (+20°C)

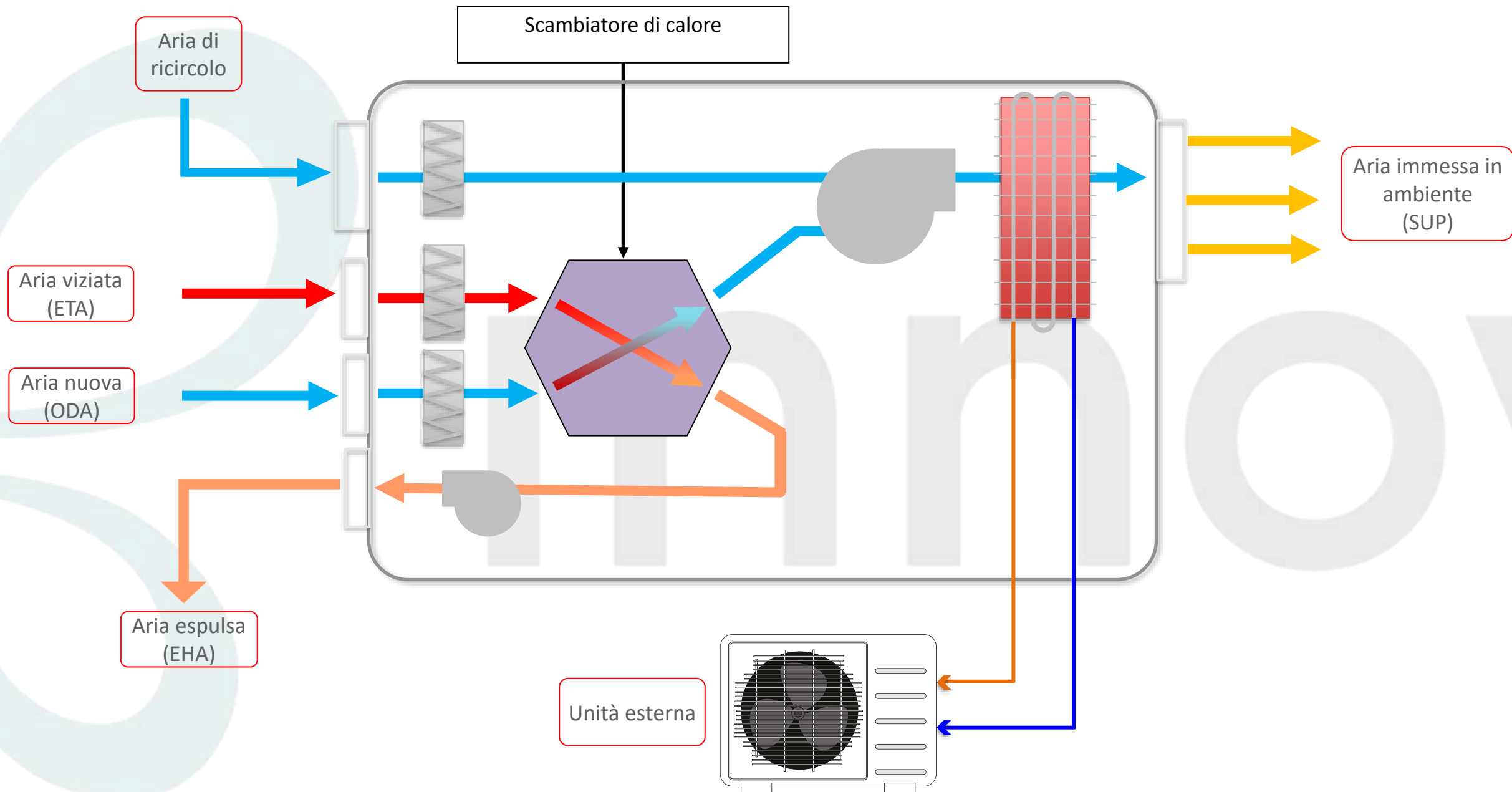


Aria filtrata immessa alla temperatura esterna  
**RISCALDAMENTO GRATUITO!**

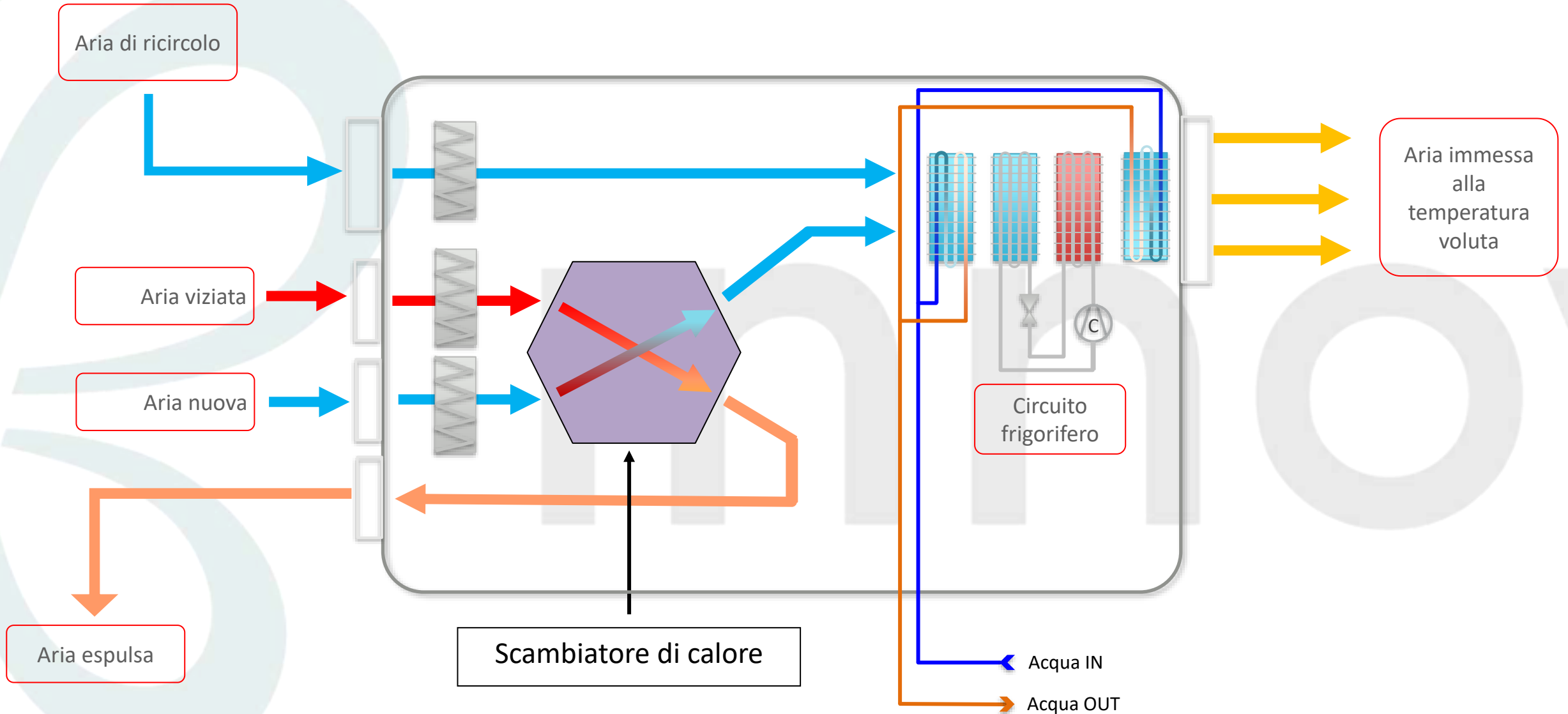
# Macchine a confronto: VMC attiva idronica – mod. HRW



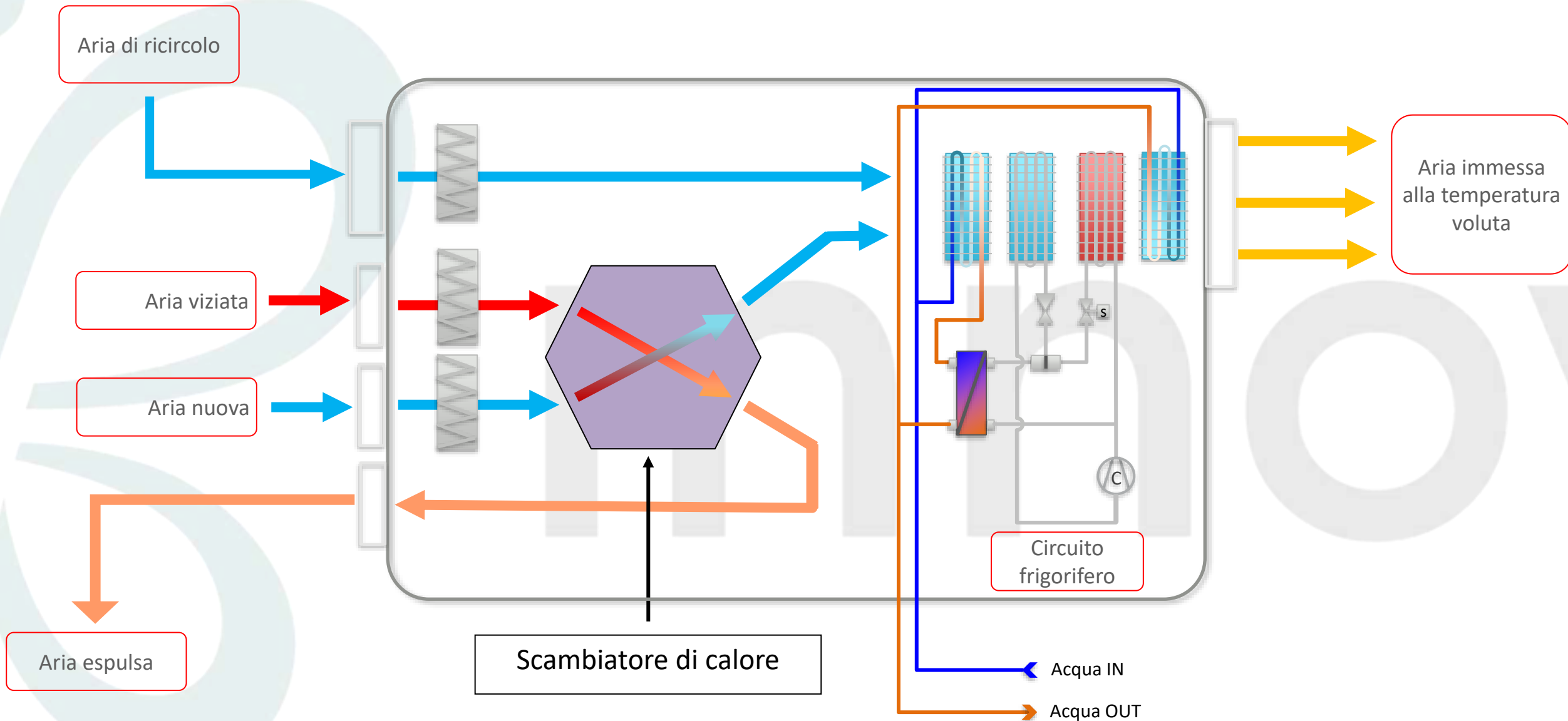
# Macchine a confronto: VMC attiva ad espansione diretta – mod. HRS



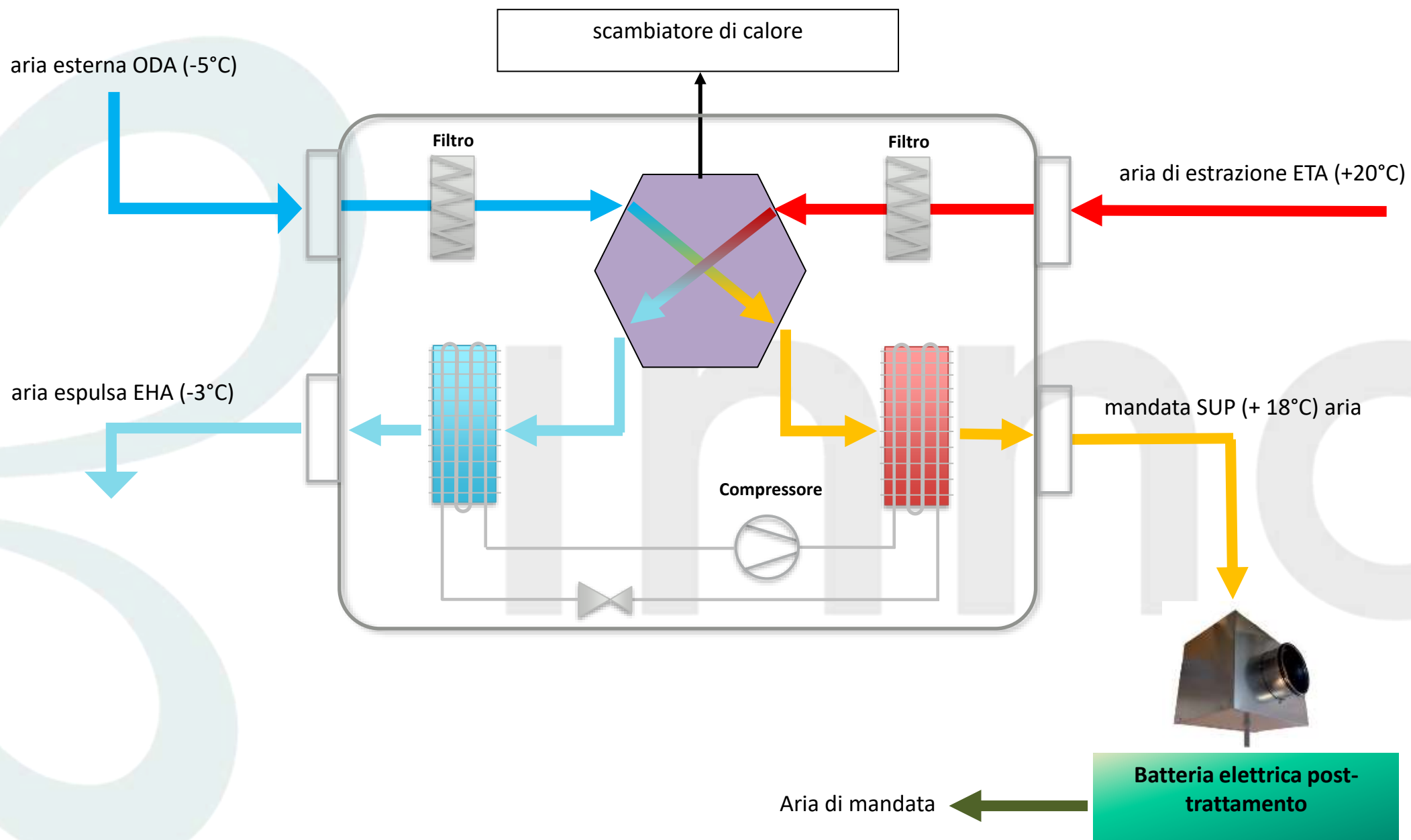
# Macchine a confronto VMC attiva termodinamica con deumidificazione isoterma senza integrazione – mod. HRD D



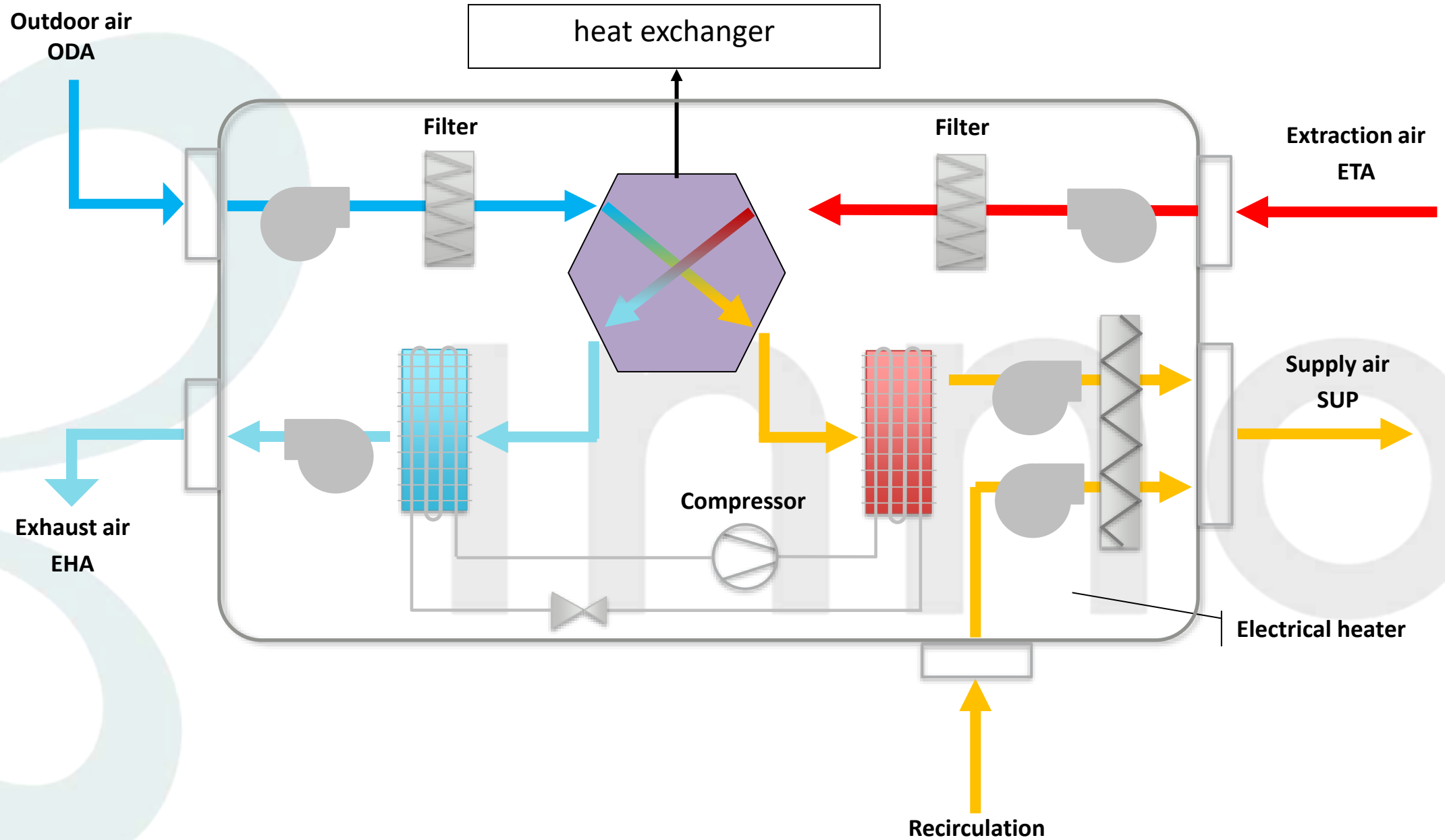
# Macchine a confronto VMC attiva termodinamica con deumidificazione isoterma con integrazione caldo/freddo – mod. HRD DC



# Macchine a confronto: VMC attiva con PDC (mod. HRA-i SLIM e HRA Large)



# Macchine a confronto: VMC attiva con PDC – aggregato compatto (mod. HRA-i PLUS)





**Grazie per l'attenzione**