



Ricambio d'aria negli
ambienti

La ventilazione meccanica
controllata

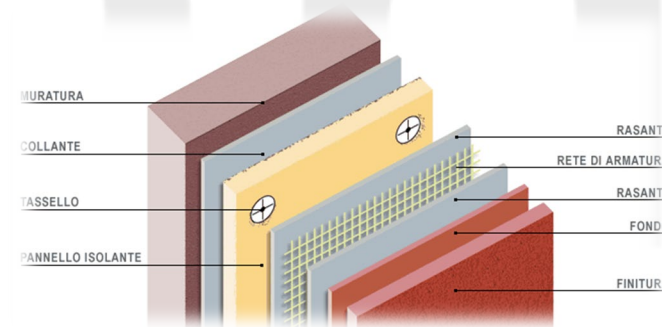
Perché ne parliamo?

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

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

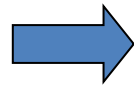
BILANCIO ENERGETICO INVOLUCRO

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

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

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

Ridurre U



Isolare termicamente

Ridurre A



Edifici compatti (Basso S/V)



Forma

Ridurre ΔT



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

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

η = coefficiente di utilizzazione apporti

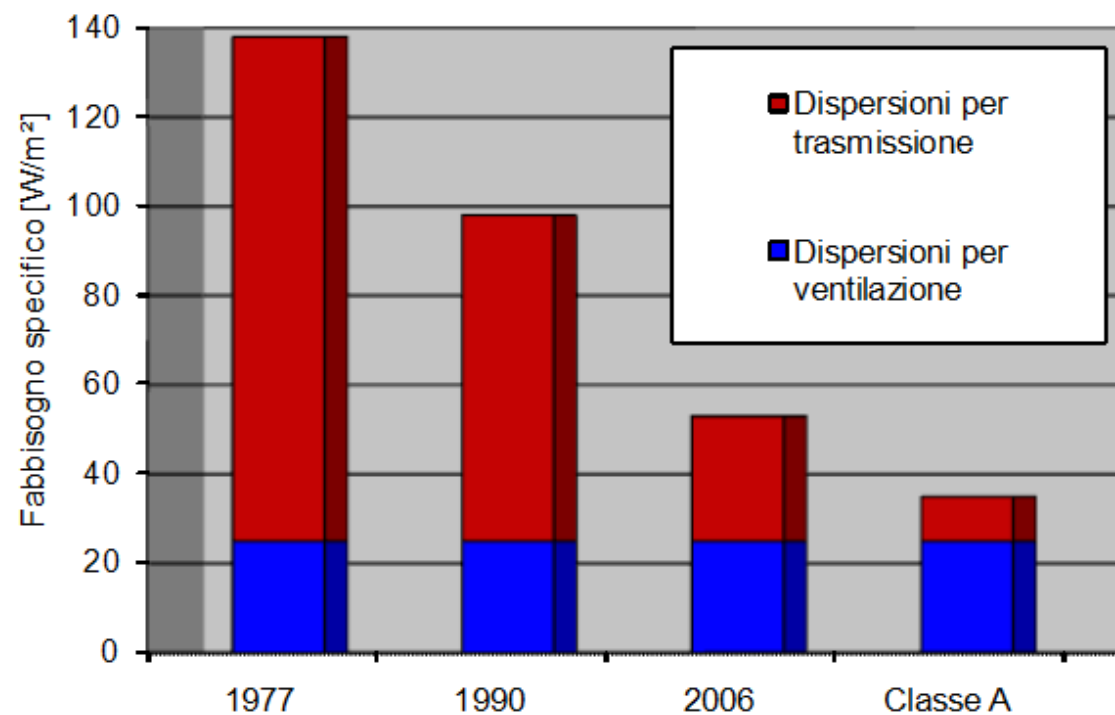
Aumentare η

Strutture pesanti

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

Non ottimale la presenza di isolamento termico interno

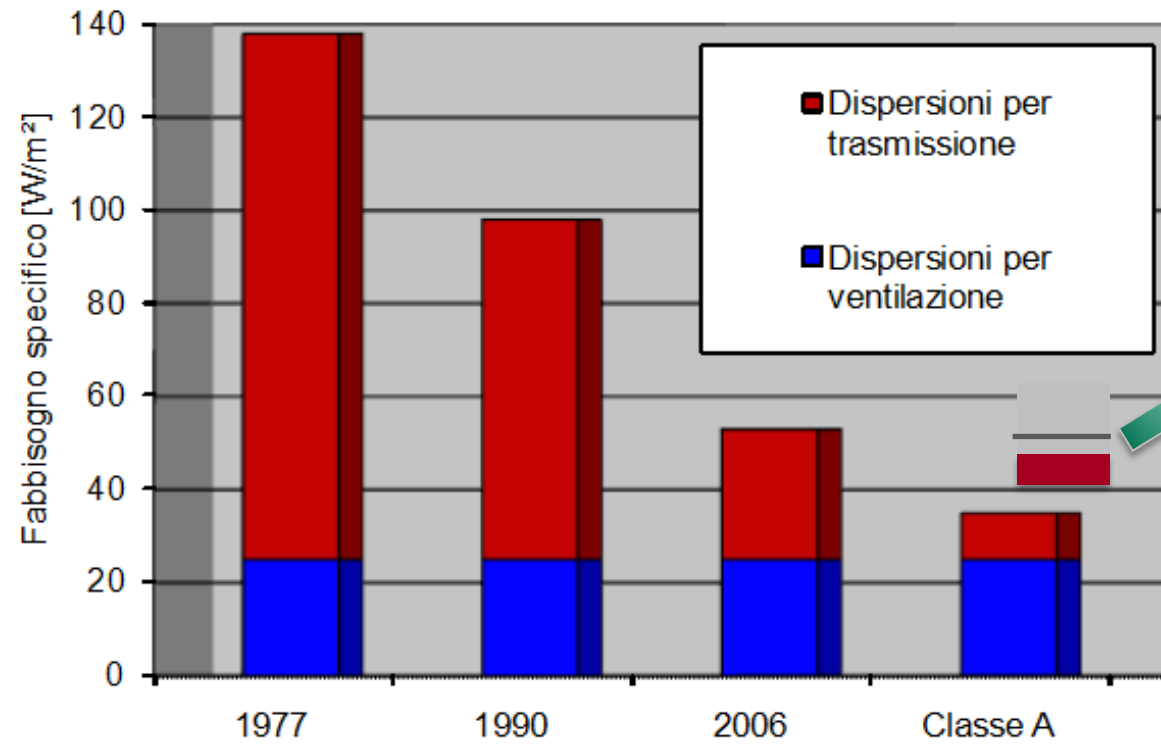
Risultato con ventilazione naturale (ap. finestre)



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



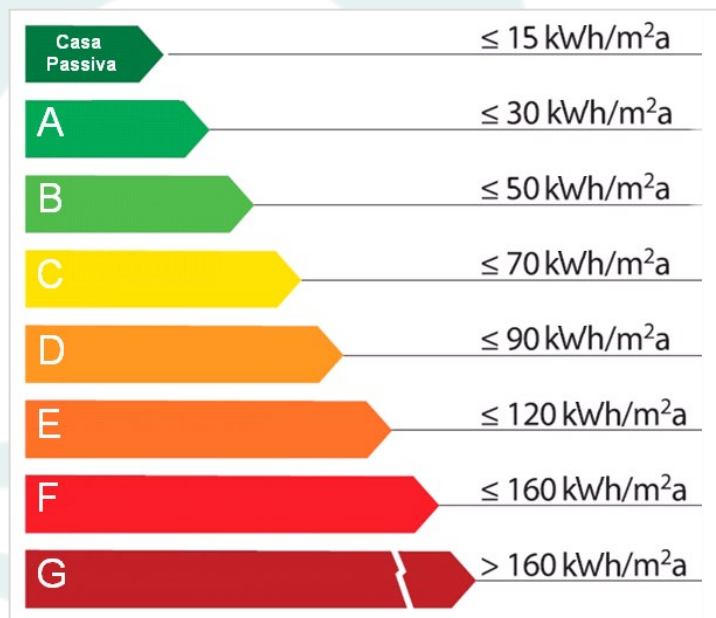
Risultato con VMC



Con ventilazione meccanica, le perdite per ventilazione si abbattano

Qv incide % di più al crescere della classe energetica!

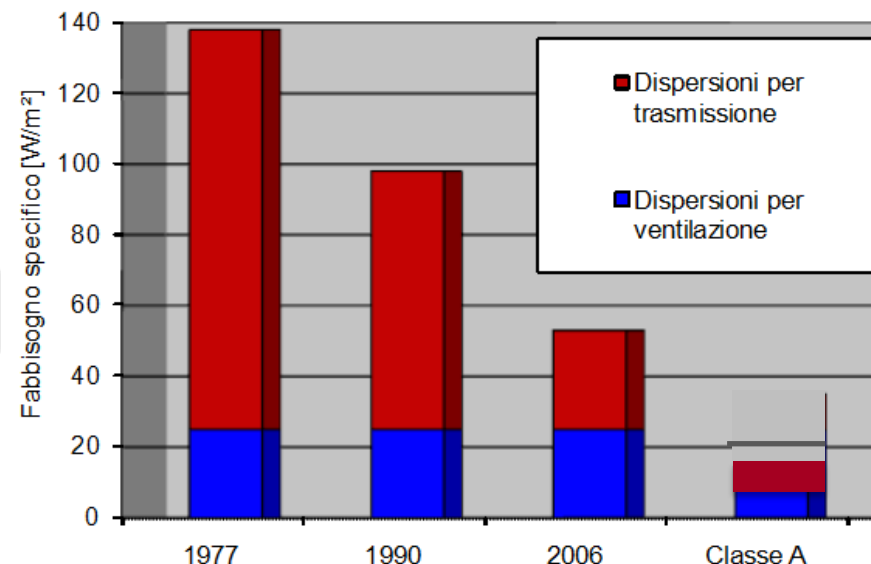
Al crescere dell'efficienza dell'involucro le dispersioni per ventilazione aumentano in percentuale



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

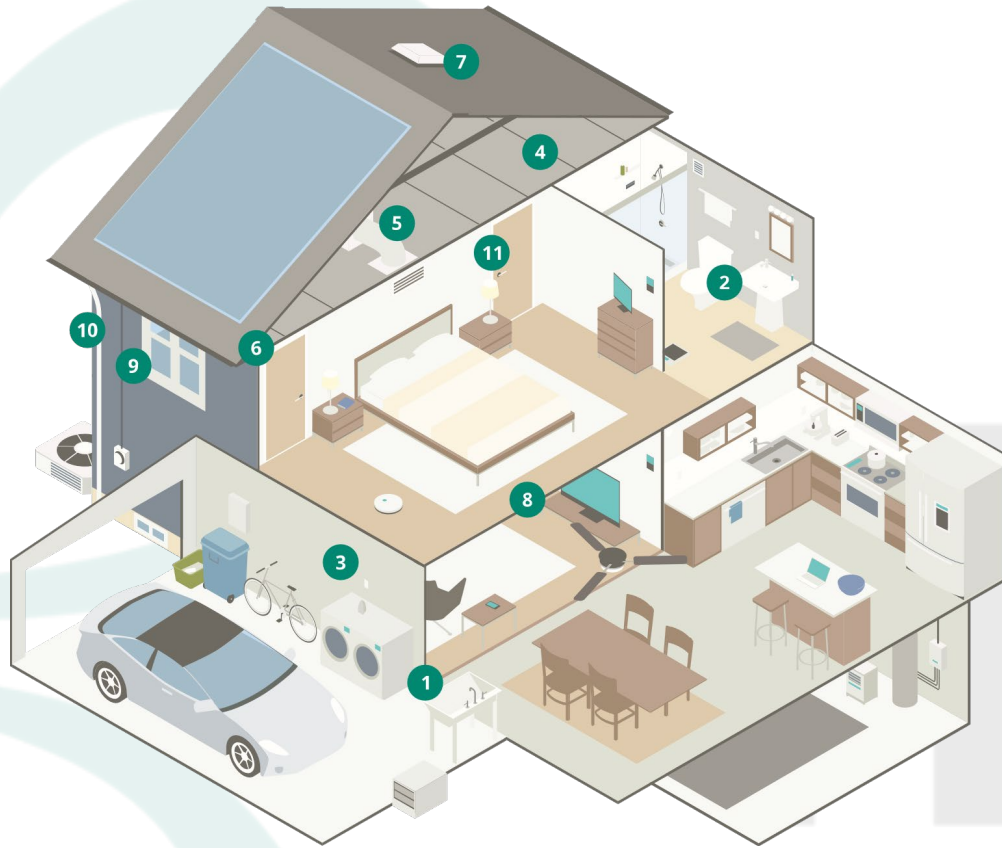
CLASSE ENERGETICA SUPERIORE

inserendo l'impianto di VMC nel progetto!



Con recuperatori ad altissima efficienza ($\geq 85\%$), si può stimare un risparmio pari a 20-35 kWh/m²anno

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 ²]	Volume (h=2,7m) dell'alloggio [m ³]	n=0,3 h ⁻¹ [m ³ /h]	n=0,5 h ⁻¹ [m ³ /h]	n=0,6 h ⁻¹ [m ³ /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

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.



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.



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»

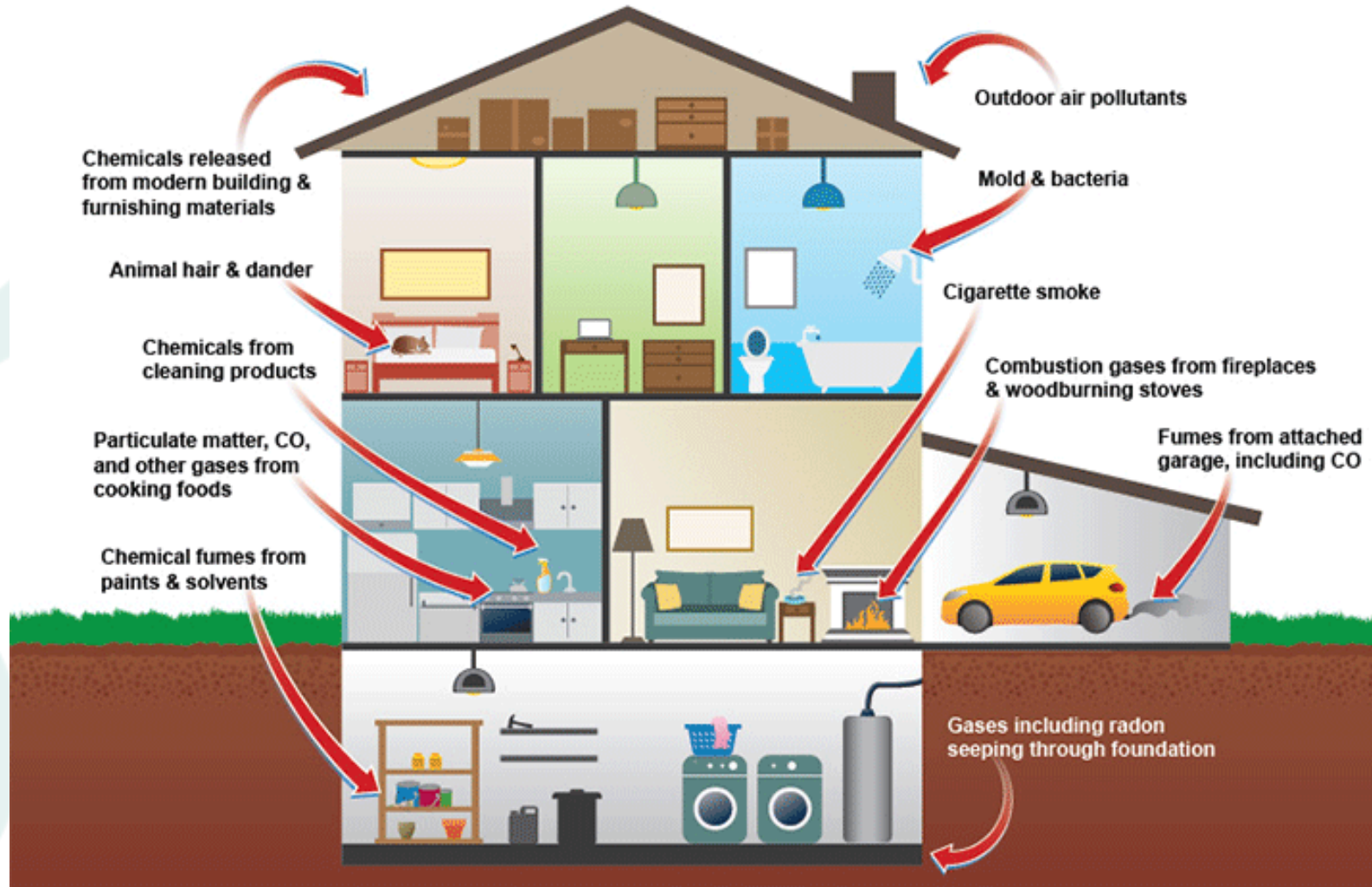
(**) Ministero dell'Ambiente, 1991

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

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 CO₂, il gas Radon..



Classificazione dei principali inquinanti

Agenti Chimici:

- Monossido di carbonio (CO)
- Biossido di azoto (NO₂)
- Biossido di zolfo (SO₂)
- Composti organici volatili (VOC)
- Formaldeide (CH₂O)
- Benzene (C₆H₆)
- Idrocarburi aromatici policiclici (IPA)
- Ozono (O₃)
- Particolato aerodisperso (PM₁₀, Pm^{2,5})
- 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

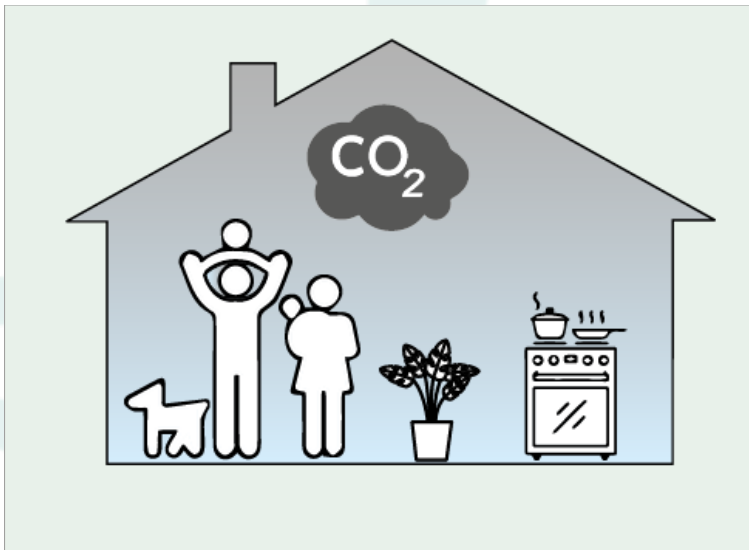
Principali effetti dell'inquinamento interno

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



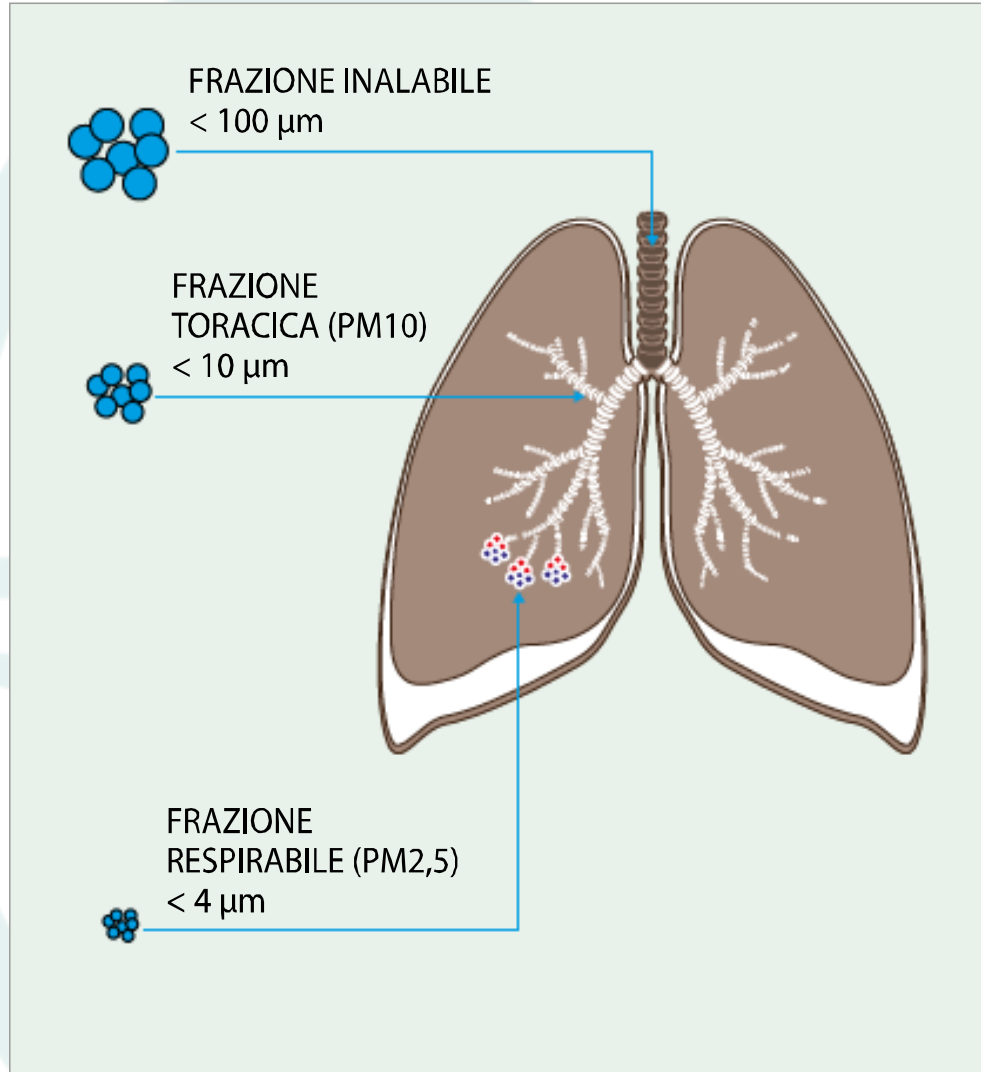
- Effetti irritativi su cute e mucose
- Effetti sul sistema nervoso
- Effetti sensoriali
- Effetti sul sistema riproduttivo
- Effetti sul sistema cardiovascolare
- Effetti sul sistema gastrointestinale
- Effetti sull'apparato respiratorio
- Effetti genotossici

Fonti di emissione di CO₂ domestiche



Concentrazioni di CO₂ e salubrità dell'aria

Concentrazione di CO ₂ (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

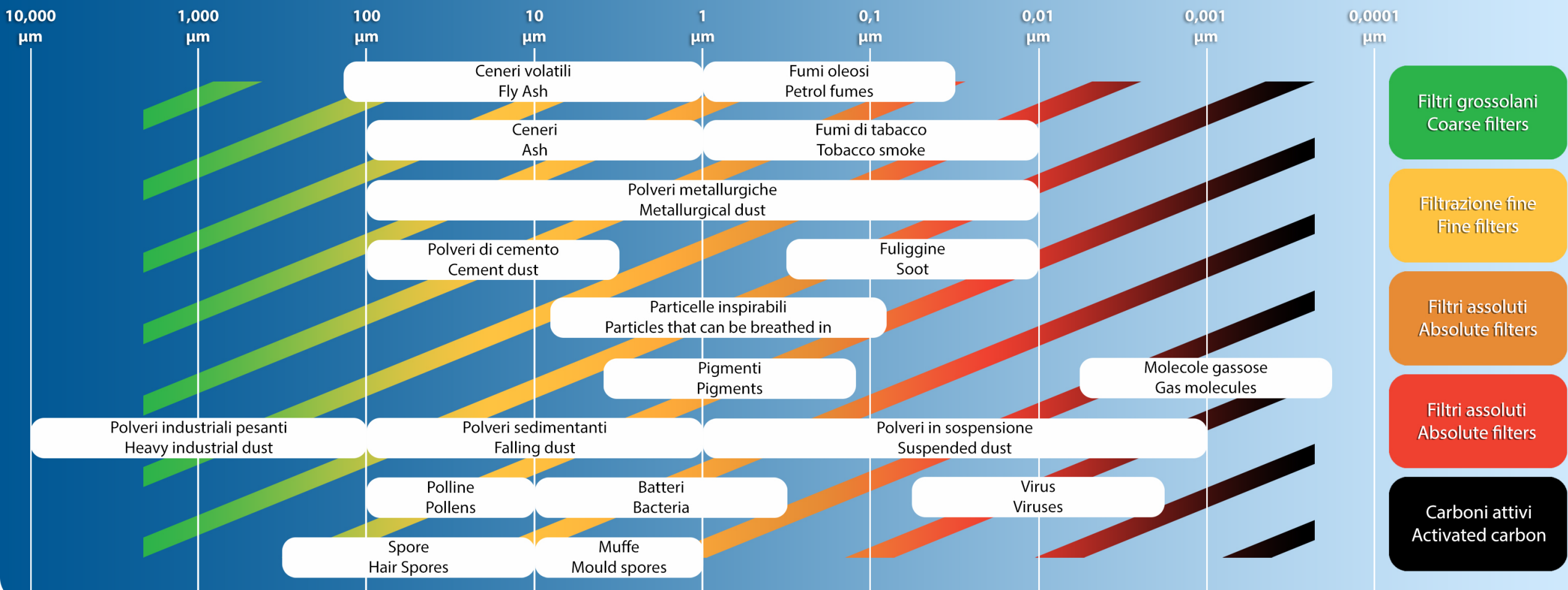


Penetrazione delle polveri sottili nell'apparato respiratorio

innova

TABELLA DI COMPARAZIONE DIMENSIONALE DELLE PARTICELLE
Particles sizes comparison tables

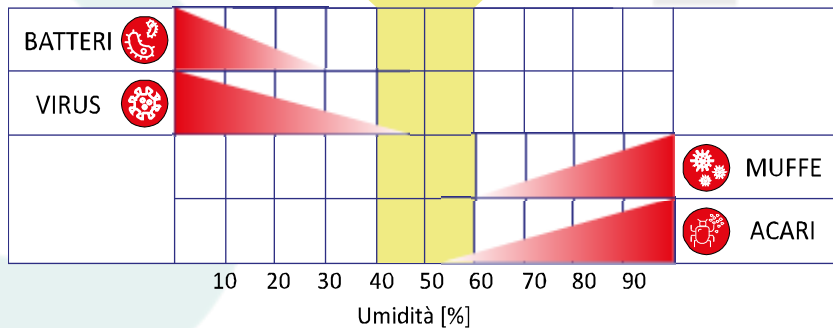
1000 μm = 1 mm



Oltre gli inquinanti... l'umidità prodotta all'interno!



Range ideale per la salute dell'uomo



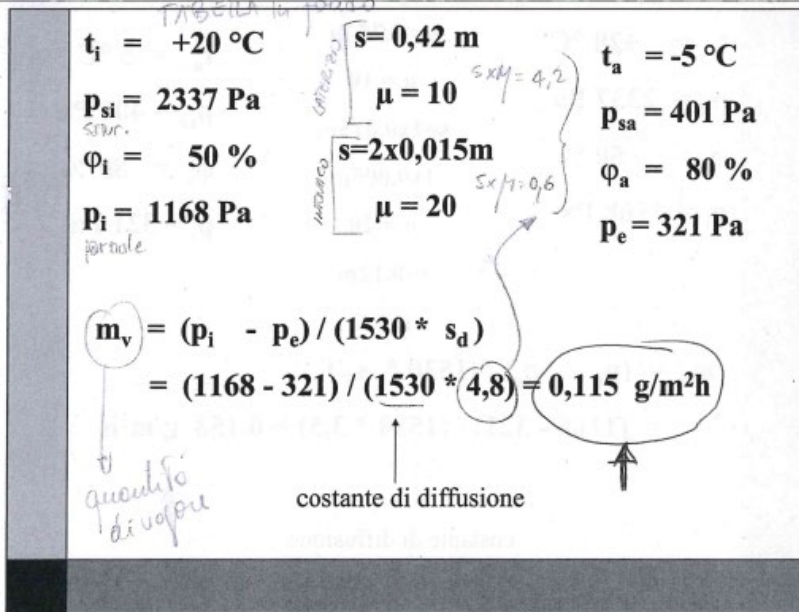
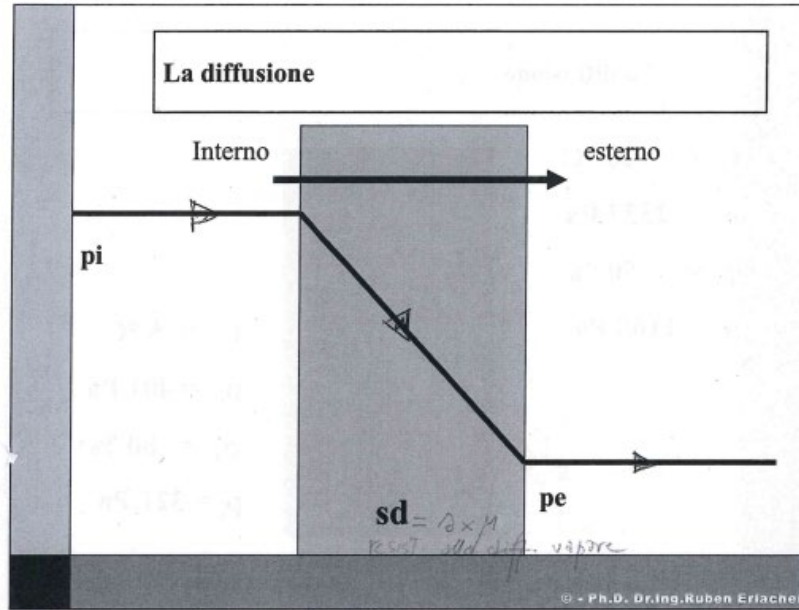
Fonte: ASHRAE Trans. 91 - 1B (1985)



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
Totale:	10 - 17 litri/giorno

Cause di sviluppo dell'umidità interna: diffusione vapore delle strutture



Condizioni Interni:
 $t_i = +20 \text{ °C}$
 $p_{si} = 2337 \text{ Pa}$
 $\phi_i = 50 \%$
 $p_i = 1168 \text{ Pa}$

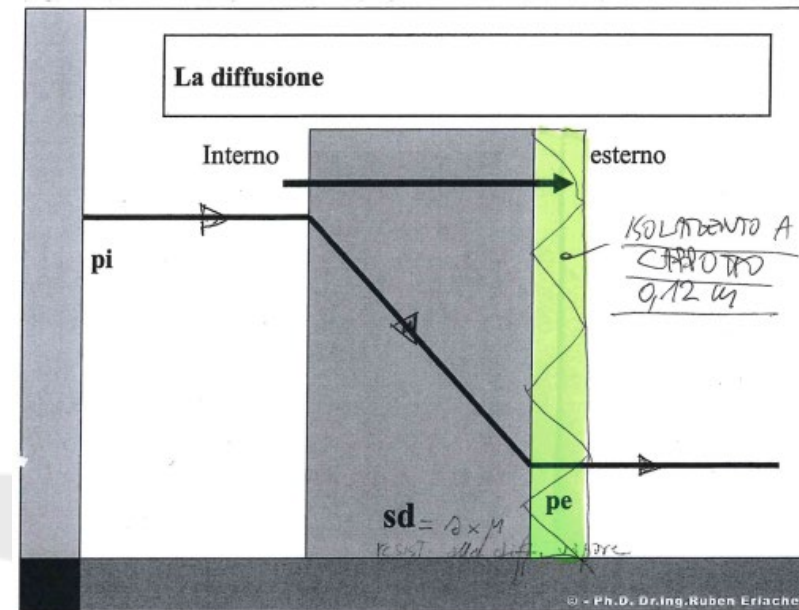
Condizioni Esterne:
 $t_a = -5 \text{ °C}$
 $p_{sa} = 401 \text{ Pa}$
 $\phi_a = 80 \%$
 $p_e = 321 \text{ Pa}$

Materiali:
 - Estrados: $s = 0,42 \text{ m}$, $\mu = 10$ ($s \times \mu = 4,2$)
 - Isolamento: $s = 2 \times 0,015 \text{ m}$, $\mu = 20$ ($s \times \mu = 0,6$)

Quantità di vapore:

$$m_v = \frac{(p_i - p_e)}{(1530 \times s_d)} = \frac{(1168 - 321)}{(1530 \times 4,8)} = 0,115 \text{ g/m}^2\text{h}$$

↑ costante di diffusione



Condizioni Interni:
 $t_i = +20 \text{ °C}$
 $p_{si} = 2337 \text{ Pa}$
 $\phi_i = 50 \%$
 $p_i = 1168 \text{ Pa}$

Condizioni Esterne:
 $t_a = -5 \text{ °C}$
 $p_{sa} = 401 \text{ Pa}$
 $\phi_a = 80 \%$
 $p_e = 321 \text{ Pa}$

Materiali:
 - Estrados: $s = 0,42 \text{ m}$, $\mu = 10$ ($s \times \mu = 4,2$)
 - Isolamento: $s = 2 \times 0,015 \text{ m}$, $\mu = 20$ ($s \times \mu = 0,6$)
 - Carpito: $s = 0,12 \text{ m}$, $\mu = 60$ ($s \times \mu = 7,2$)

Quantità di vapore:

$$m_v = \frac{(p_i - p_e)}{(1530 \times s_d)} = \frac{(1168 - 321)}{(1530 \times 12)} = 0,046 \text{ g/m}^2\text{h}$$

↑ costante di diffusione

Casa (4 PERSONE)

Parete esterna (senza finestre) = 210 m²

Produzione di vapore: 12 l/d

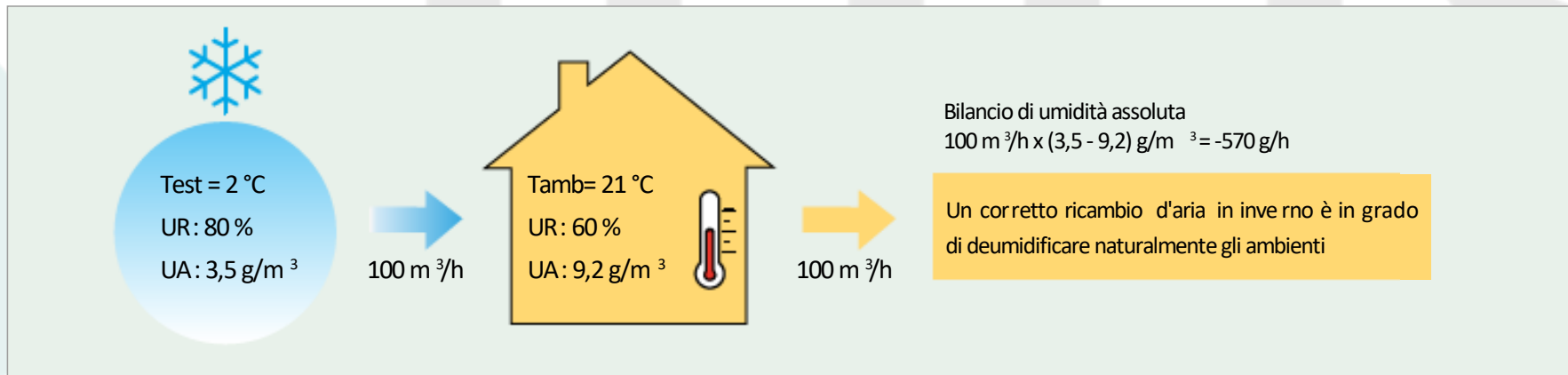
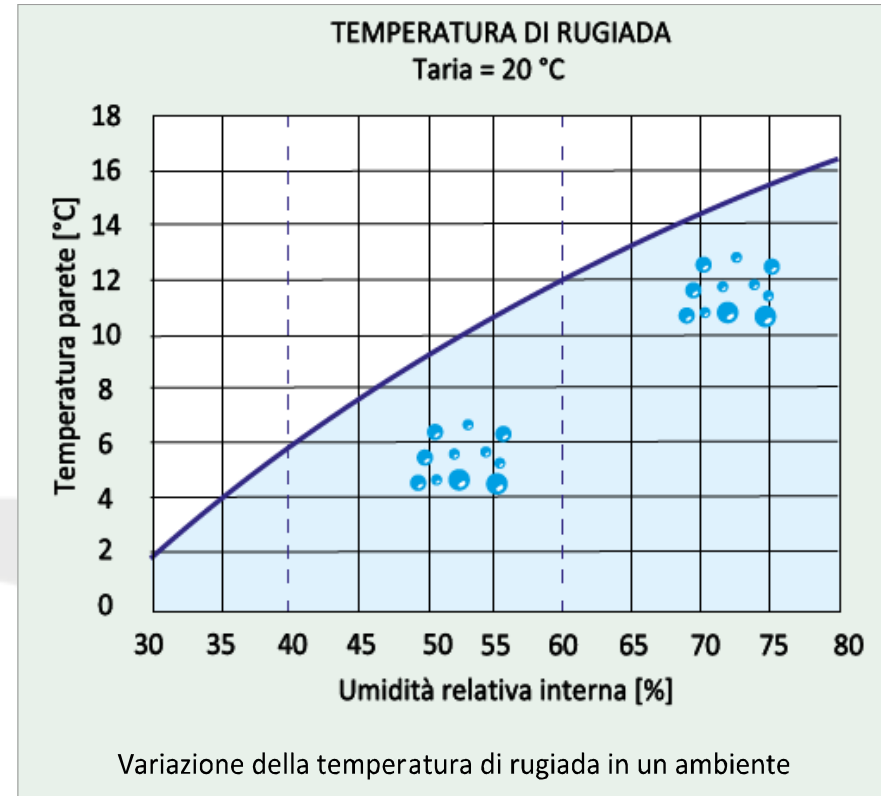
Diffusione attraverso la parete: 0,115 g/m²h (senza cappotto)
0,046 u (con cappotto)

$0,115 \text{ g/m}^2\text{h} \times 210\text{m}^2 \times 24\text{h} \approx 580 \text{ g/d}$ 0,58 lt/d (senza capp.)

$0,046 \times 210 \times 24 \approx 232 \text{ g/d}$ 0,23 lt/d (con cappotto)

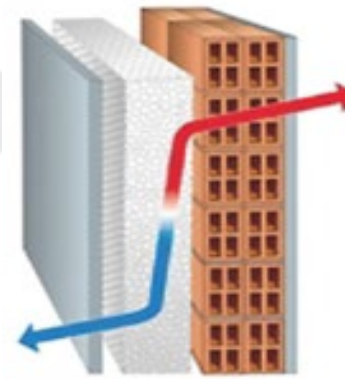
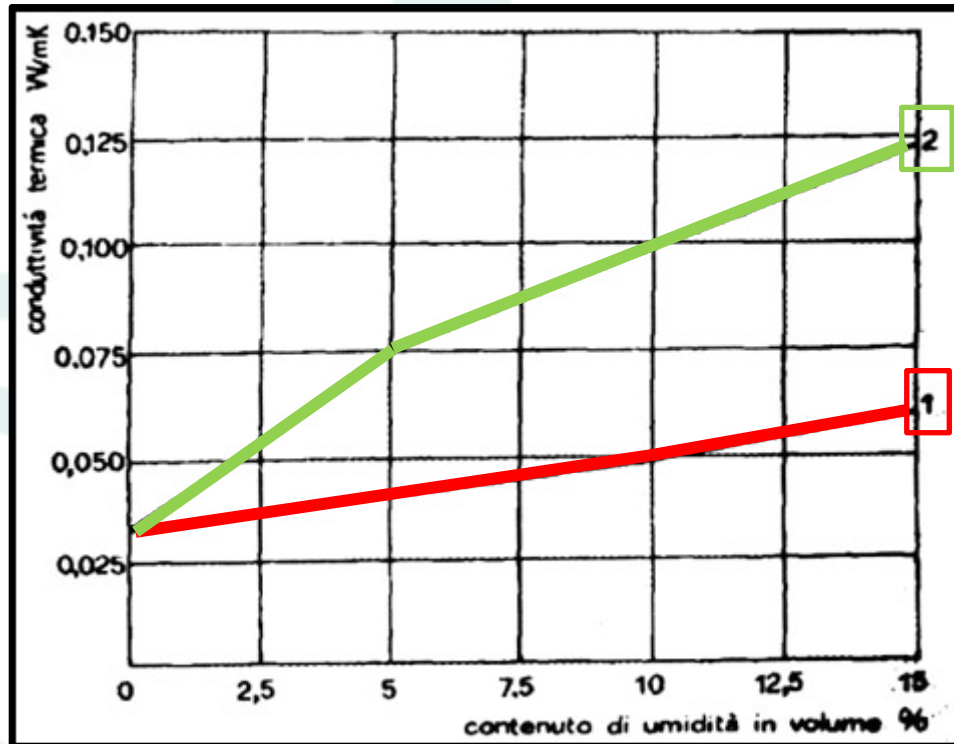
Effetti per l'immobile:

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



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?



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).

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^{2,5} 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 m²
- c) Portate minime di ventilazione per persona / classe qualità
- d) Portate minime di ventilazione per m² / 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 m²);
- 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.

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 ² 33, Altezza 3 m
Affollamento	0,5 p/m ² → circa 17 alunni
Co = Conc. PM2,5 aria esterna	26 µg/m ³ (valore Arpa Foggia 13 µg/m ³)
Ci = Conc. PM2,5 max	20 µg/m ³ (valore di legge 25 µg/m ³)
Portata aria esterna	300 m ³ /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 m³ 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 m³;

$C_{h,o}$ is the concentration of the substance of the supply air, in micrograms per m³;

ε_v is the ventilation effectiveness.

Programma di calcolo I.A.Q



<i>V_o</i>	Quantità dell'aria esterna totale	m ³ /ora	300
<i>C_o</i>	Concentrazione inquinanti nell'aria esterna	microgrammi/m ³	26
<i>V_{as}</i>	Quantità dell'aria secondaria totale	m ³ /ora	400
<i>E_v</i>	Efficienza di ventilazione	0,1 a 1	0,8
<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	0,9
<i>Ef_e</i>	Efficienza di filtrazione sull'aria esterna	0,1 a 1	0,7
<i>C_i</i>	Concentrazione inquinanti interna voluta	microgrammi/m ³	20
<i>N_i</i>	PRODUZIONE INQUINANTI INTERNI	Micro/g/minuto	145

Programma di calcolo I.A.Q



<i>V_o</i>	Quantità dell'aria esterna totale	m3/ora	595
<i>C_o</i>	Concentrazione inquinanti nell'aria esterna	microgrammi/m3	26
<i>V_{as}</i>	Quantità dell'aria secondaria totale	m3/ora	0
<i>E_v</i>	Efficienza di ventilazione	0,1 a 1	0,8
<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	0,9
<i>Ef_e</i>	Efficienza di filtrazione sull'aria esterna	0,1 a 1	0,7
<i>C_i</i>	Concentrazione inquinanti interna voluta	microgrammi/m3	20
<i>N_i</i>	PRODUZIONE INQUINANTI INTERNI	Micro/g/minuto	97

Programma di calcolo I.A.Q

<i>V_o</i>	Quantità dell'aria esterna totale	m3/ora	300
<i>C_o</i>	Concentrazione inquinanti nell'aria esterna	microgrammi/m3	26
<i>V_{as}</i>	Quantità dell'aria secondaria totale	m3/ora	400
<i>E_v</i>	Efficienza di ventilazione	0,1 a 1	0,8
<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	0,9
<i>Ef_e</i>	Efficienza di filtrazione sull'aria esterna	0,1 a 1	0,7
<i>C_i</i>	Concentrazione inquinanti interna voluta	microgrammi/m3	20
Ni	PRODUZIONE INQUINANTI INTERNI	Micro/g/minuto	145

Programma di calcolo I.A.Q

<i>V_o</i>	Quantità dell'aria esterna totale	m3/ora	595
<i>C_o</i>	Concentrazione inquinanti nell'aria esterna	microgrammi/m3	26
<i>V_{as}</i>	Quantità dell'aria secondaria totale	m3/ora	0
<i>E_v</i>	Efficienza di ventilazione	0,1 a 1	0,8
<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	0,9
<i>Ef_e</i>	Efficienza di filtrazione sull'aria esterna	0,1 a 1	0,7
<i>C_i</i>	Concentrazione inquinanti interna voluta	microgrammi/m3	20
Ni	PRODUZIONE INQUINANTI INTERNI	Micro/g/minuto	97

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 una quantità di inquinanti totali che si potrà produrre in un determinato ambiente interno senza superare la loro soglia di concentrazione massima accettabile, 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

V_o	Quantità d'aria esterna totale	m3/ora	300
C_o	Concentrazione inquinanti nell'aria esterna	microgrammi/m3	26
N_i	Produzione inquinanti interni totale	microgrammi/min.	97
E_v	Efficienza di ventilazione	0,1 a 1	1
$Fr.as$	Fattore di riduzione dell'aria secondaria	0,1 a 1	1
$Fr.v$	Fattore di riduzione della ventilazione	0,1 a 1	1
$Ef.as$	Efficienza di filtrazione sull'aria secondaria	0,1 a 1	0,8
$Ef.e$	Efficienza di filtrazione sull'aria esterna	0,1 a 1	1
$V.as$	Quantità dell'aria secondaria totale	m3/ora	400
C_i	CONCENTRAZIONE INTERNA	Micro/g/M3	9

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 m^3/h in completa antitesi con il risparmio energetico.

Utilizzando l'approccio prestazionale otteniamo un leggero peggioramento della 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.

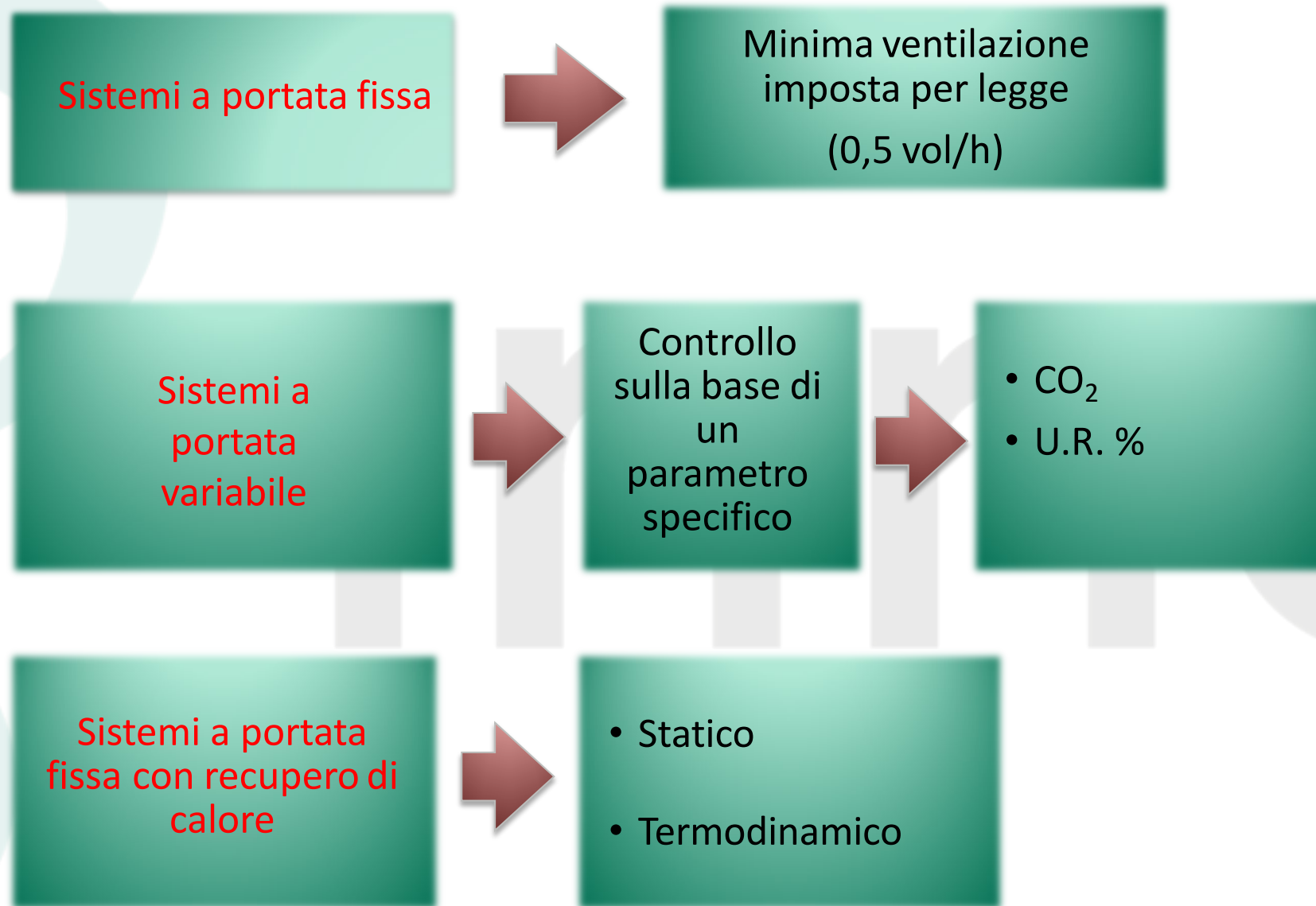
<div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 5px; display: inline-block;"> Programma di calcolo I.A.Q </div> TB <small>Tecnica Bontempi</small>			
<i>Ci</i>	Concentrazione inquinanti interna voluta	microgrammi/m ³	20
<i>Co</i>	Concentrazione inquinanti nell'aria estern	microgrammi/m ³	26
<i>Ni</i>	Produzione inquinanti interni totale	microgrammi/min.	145
<i>Ev</i>	Efficienza di ventilazione	0,1 a 1	0,8
<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 secondari	0,1 a 1	0,9
<i>Ef.e</i>	Efficienza di filtrazione sull'aria esterna	0,1 a 1	0,7
<i>V.as</i>	Quantità dell'aria secondaria totale	m ³ /ora	0
<i>Vo</i>	VOLUME DELL'ARIA ESTERNA	M³/ora	891



Ricambio d'aria negli ambienti

- CLASSIFICAZIONE DEI SISTEMI DI VENTILAZIONE

Classificazione dei sistemi



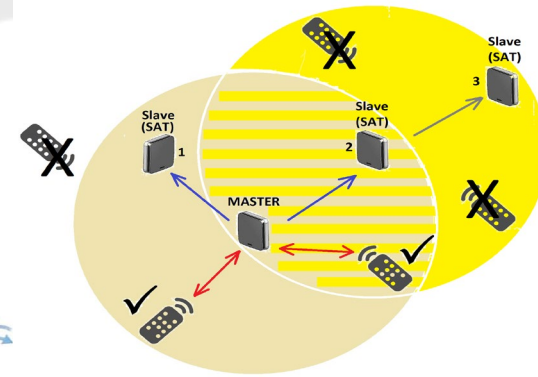
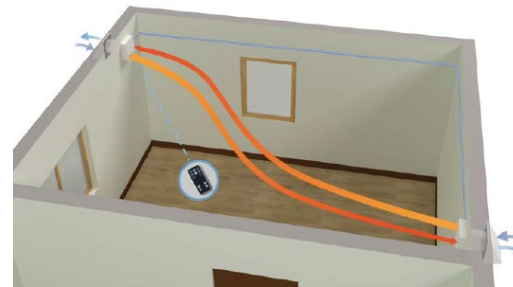
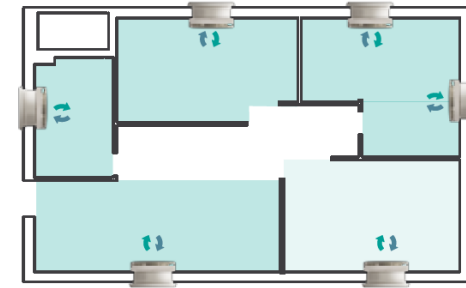
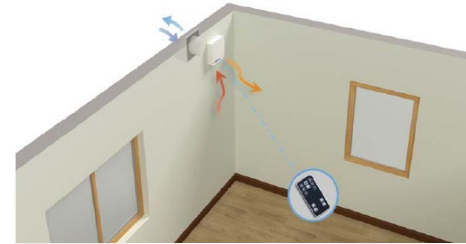
Criteri per la scelta esecutiva dell'impianto

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

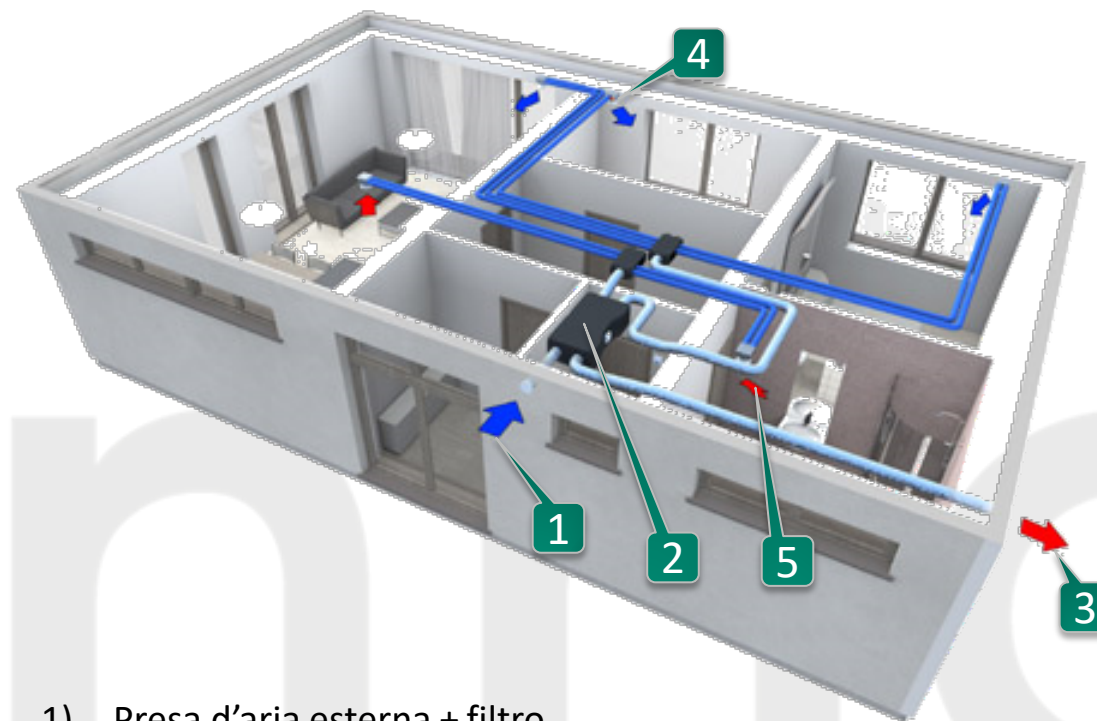
Esempio di funzionamento sistema decentralizzato

1. fino a 20 m²: diametro 100 mm
2. fino a 30 m²: diametro 160 mm
3. funzionamento mediante rete di onde radio o comandi cablati
4. con la sincronizzazione anche randomizzata 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

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.

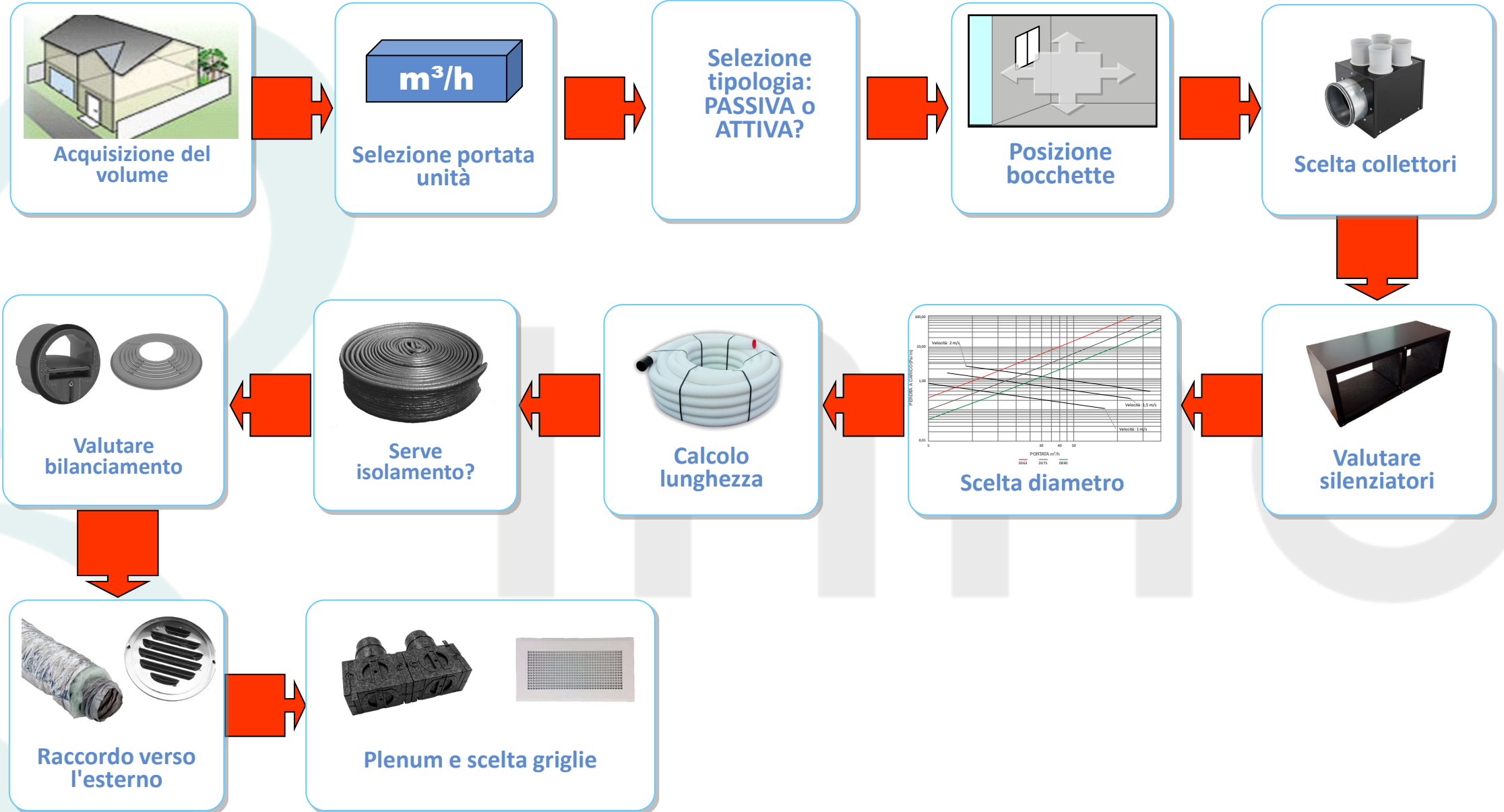
Vantaggi:

- 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

Sequenza per la scelta



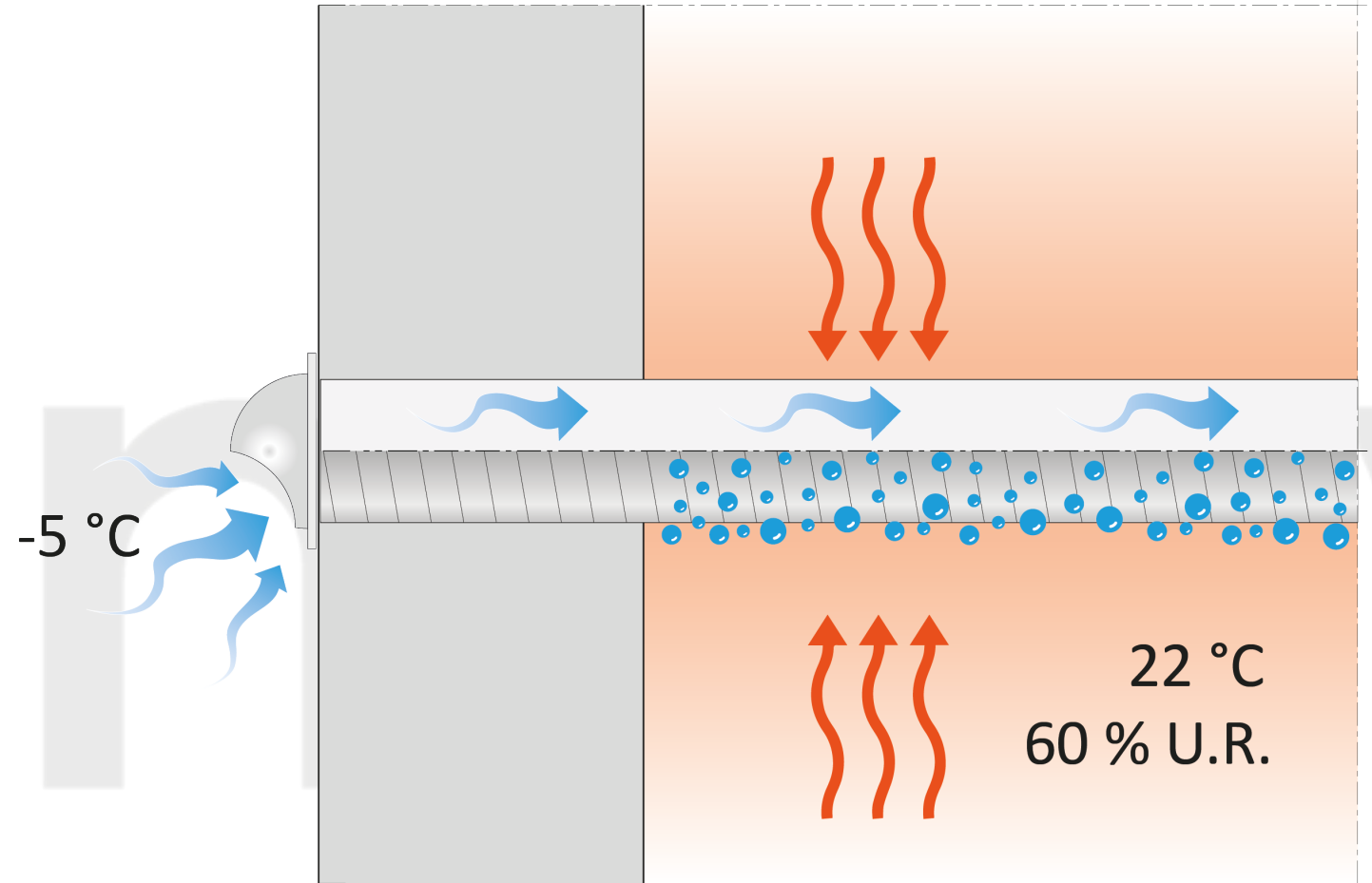
Definizione dei ratei di ricambio e scelta della portata

- 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 m³/h anche se per l'aula da 50 m² (150 m³) bastano 75 m³/h

Formazione di condensa nei tubi: condensa all'esterno

1. La condensa si forma all'esterno del condotto a causa dell'aria calda e umida che lambisce le pareti del tubo non sufficientemente isolato, con aria fredda all'interno
E' il caso tipico degli impianti con post trattamento

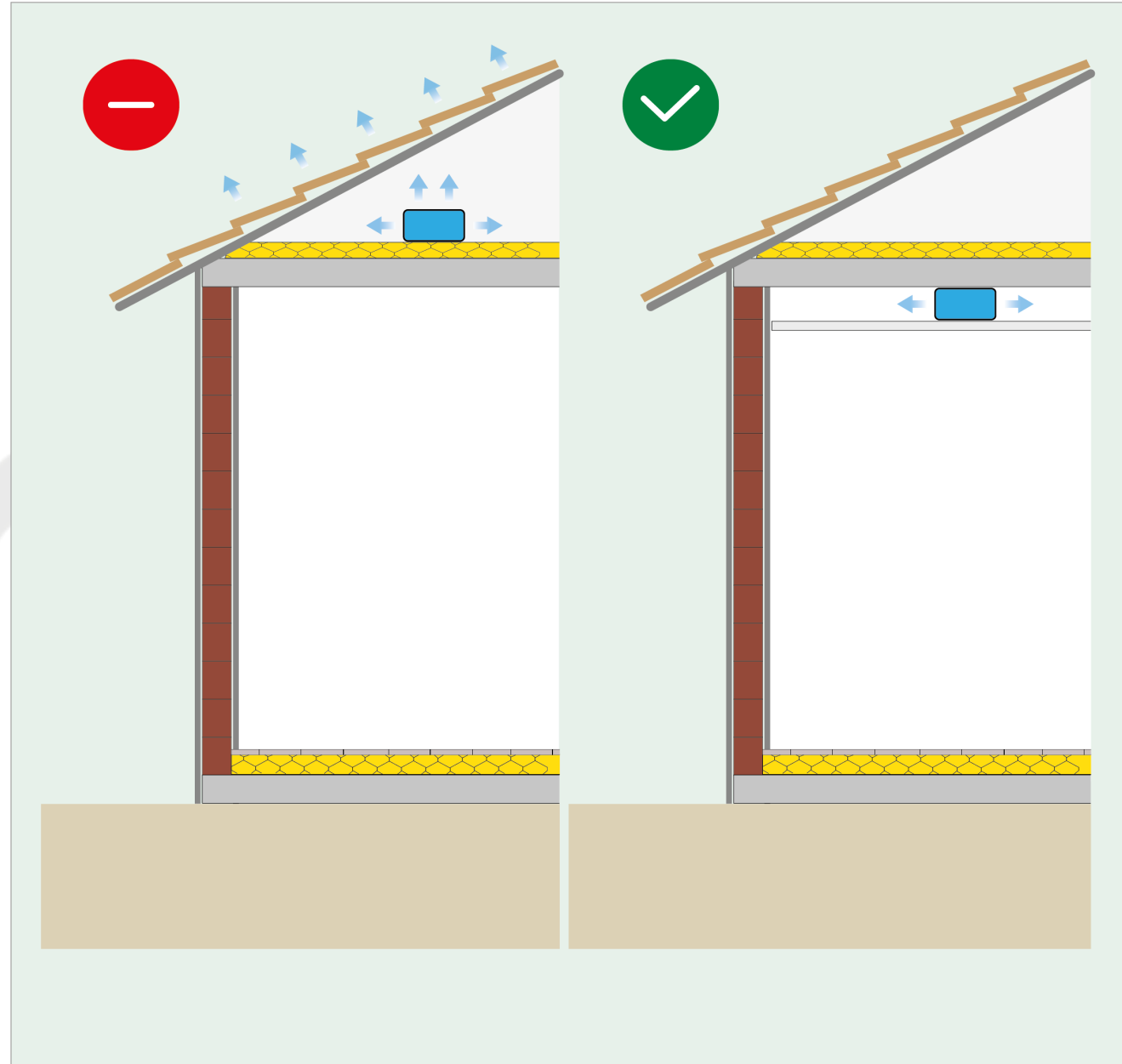


Canali di immissione ed espulsione aria non sufficientemente isolati possono portare a perdite energetiche e formazione di condensa superficiale

Formazione di condensa nei tubi: condensa all'interno

2. La condensa si forma all'interno del condotto a causa dell'aria di estrazione (ETA) calda che viene raffreddata dall'aria esterna al condotto passante su luoghi non isolati.

E' il caso di tutti gli impianti durante il funzionamento invernale

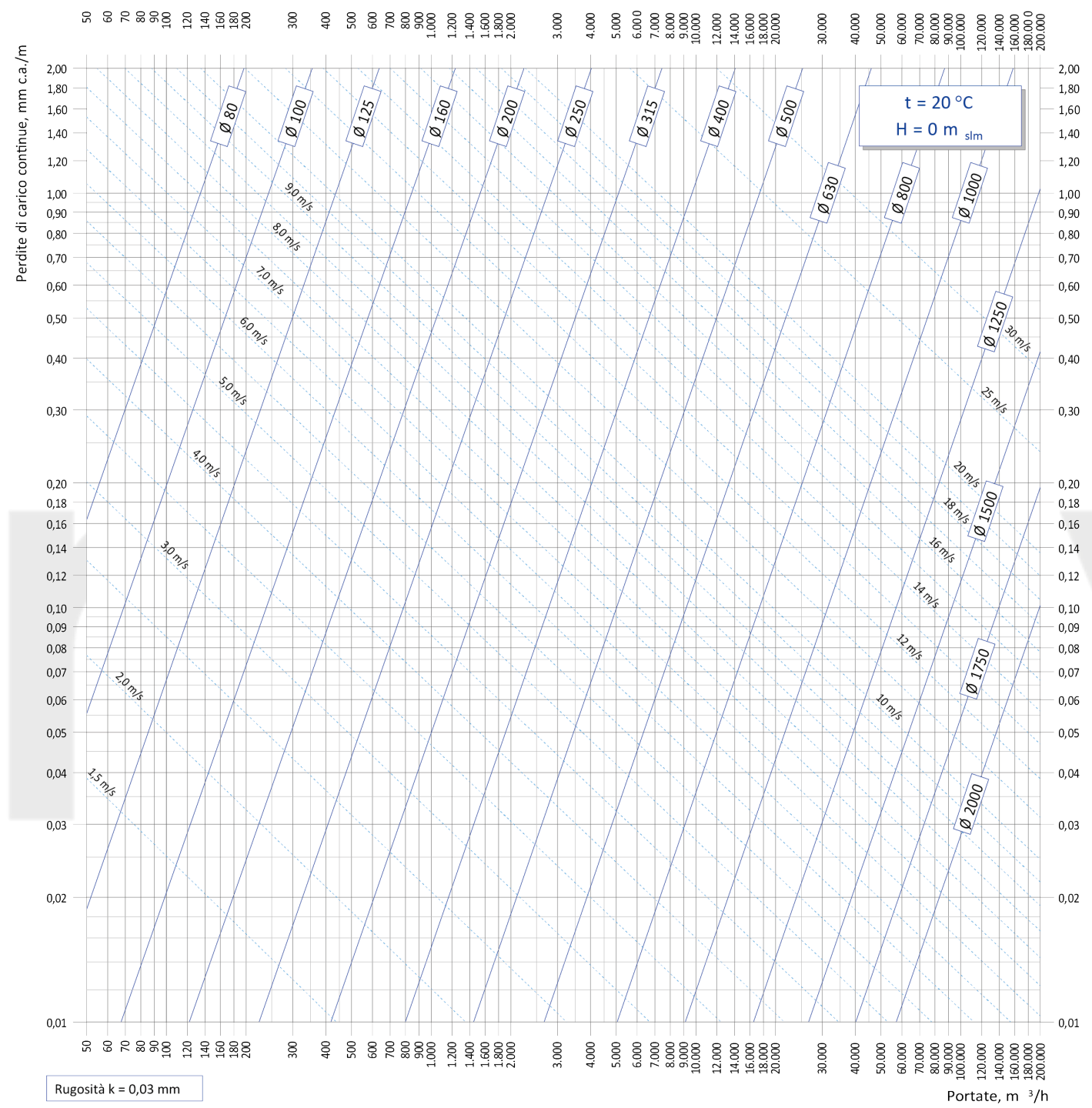


Ø int. [mm]	SPESSORE ISOLAMENTO [mm]										
	0	6	8	10	12	14	16	18	20	25	32
125	-52	-31	-27	-25	-22	-21	-19	-18	-17	-15	-13
160	-68	-39	-35	-31	-28	-26	-24	-23	-19	-19	-17
200	-89	-49	-43	-39	-35	-32	-29	-27	-22	-22	-20
250	-112	-62	-54	-48	-43	-40	-36	-34	-27	-27	-24
Condensa con $T_{est} = -5\text{ °C}$ $T_{int} = 22\text{ °C}$ UR = 60 %					Condensa con $T_{est} = -5\text{ °C}$ $T_{int} = 24\text{ °C}$ UR = 65 %						

Dispersioni in W/m per condotti isolati

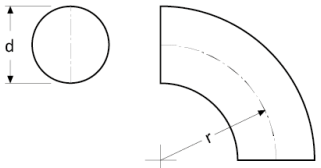
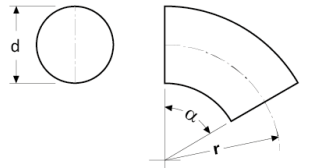
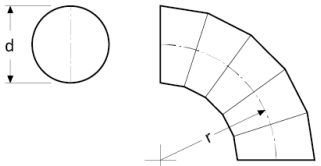
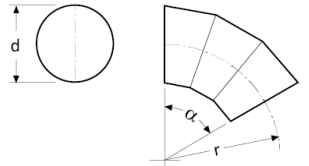
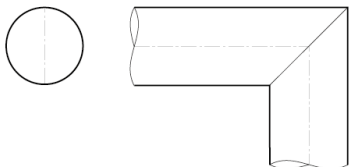
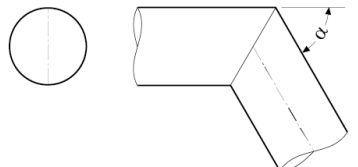
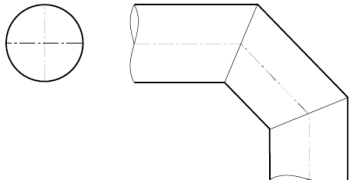
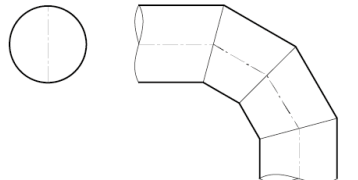
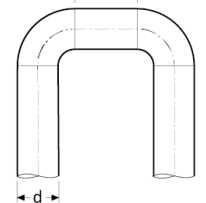
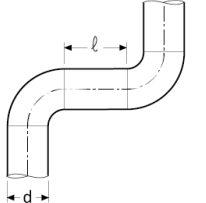
Le perdite di carico

Normogramma per la determinazione delle perdite di carico continue dell'aria in condotti circolari «molto lisci» con $T = 20\text{ °C}$ al livello del mare

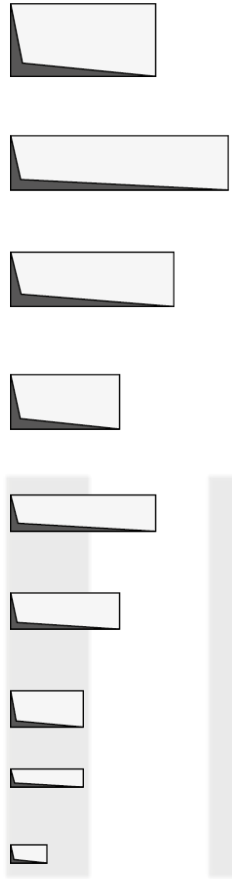


Le perdite di carico

Coefficienti correttivi ξ (csi) per determinare la lunghezza equivalente di pezzi speciali quali le curve

<p>Curva a 90°</p>  <table border="1" data-bbox="1656 85 1770 292"> <thead> <tr> <th>r/d</th> <th>ξ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,50</td><td>0,9</td></tr> <tr><td>0,75</td><td>0,5</td></tr> <tr><td>1,00</td><td>0,4</td></tr> <tr><td>1,50</td><td>0,3</td></tr> <tr><td>2,00</td><td>0,2</td></tr> </tbody> </table>	r/d	ξ	0,50	0,9	0,75	0,5	1,00	0,4	1,50	0,3	2,00	0,2	<p>Curve a 30°, 45° e 60°</p>  <table border="1" data-bbox="2229 85 2484 292"> <thead> <tr> <th rowspan="2">r/d</th> <th colspan="3">ξ</th> </tr> <tr> <th>$\alpha=30^\circ$</th> <th>$\alpha=45^\circ$</th> <th>$\alpha=60^\circ$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,50</td><td>0,3</td><td>0,5</td><td>0,7</td></tr> <tr><td>0,75</td><td>0,2</td><td>0,3</td><td>0,3</td></tr> <tr><td>1,00</td><td>0,1</td><td>0,2</td><td>0,3</td></tr> <tr><td>1,50</td><td>0,1</td><td>0,2</td><td>0,2</td></tr> <tr><td>2,00</td><td>0,1</td><td>0,1</td><td>0,1</td></tr> </tbody> </table>	r/d	ξ			$\alpha=30^\circ$	$\alpha=45^\circ$	$\alpha=60^\circ$	0,50	0,3	0,5	0,7	0,75	0,2	0,3	0,3	1,00	0,1	0,2	0,3	1,50	0,1	0,2	0,2	2,00	0,1	0,1	0,1
r/d	ξ																																							
0,50	0,9																																							
0,75	0,5																																							
1,00	0,4																																							
1,50	0,3																																							
2,00	0,2																																							
r/d	ξ																																							
	$\alpha=30^\circ$	$\alpha=45^\circ$	$\alpha=60^\circ$																																					
0,50	0,3	0,5	0,7																																					
0,75	0,2	0,3	0,3																																					
1,00	0,1	0,2	0,3																																					
1,50	0,1	0,2	0,2																																					
2,00	0,1	0,1	0,1																																					
<p>Curva a settori a 90°</p>  <table border="1" data-bbox="1656 364 1770 571"> <thead> <tr> <th>r/d</th> <th>ξ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,50</td><td>1,1</td></tr> <tr><td>0,75</td><td>0,6</td></tr> <tr><td>1,00</td><td>0,4</td></tr> <tr><td>1,50</td><td>0,3</td></tr> <tr><td>2,00</td><td>0,2</td></tr> </tbody> </table>	r/d	ξ	0,50	1,1	0,75	0,6	1,00	0,4	1,50	0,3	2,00	0,2	<p>Curve a settori a 30°, 45° e 60°</p>  <table border="1" data-bbox="2229 364 2484 571"> <thead> <tr> <th rowspan="2">r/d</th> <th colspan="3">ξ</th> </tr> <tr> <th>$\alpha=30^\circ$</th> <th>$\alpha=45^\circ$</th> <th>$\alpha=60^\circ$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,50</td><td>0,4</td><td>0,6</td><td>0,7</td></tr> <tr><td>0,75</td><td>0,2</td><td>0,3</td><td>0,4</td></tr> <tr><td>1,00</td><td>0,1</td><td>0,2</td><td>0,3</td></tr> <tr><td>1,50</td><td>0,1</td><td>0,2</td><td>0,2</td></tr> <tr><td>2,00</td><td>0,1</td><td>0,1</td><td>0,1</td></tr> </tbody> </table>	r/d	ξ			$\alpha=30^\circ$	$\alpha=45^\circ$	$\alpha=60^\circ$	0,50	0,4	0,6	0,7	0,75	0,2	0,3	0,4	1,00	0,1	0,2	0,3	1,50	0,1	0,2	0,2	2,00	0,1	0,1	0,1
r/d	ξ																																							
0,50	1,1																																							
0,75	0,6																																							
1,00	0,4																																							
1,50	0,3																																							
2,00	0,2																																							
r/d	ξ																																							
	$\alpha=30^\circ$	$\alpha=45^\circ$	$\alpha=60^\circ$																																					
0,50	0,4	0,6	0,7																																					
0,75	0,2	0,3	0,4																																					
1,00	0,1	0,2	0,3																																					
1,50	0,1	0,2	0,2																																					
2,00	0,1	0,1	0,1																																					
<p>Curva con spigolo vivo a 90°</p>  <p>$\xi = 1,4$</p>	<p>Curve con spigolo vivo a 30°, 45° e 60°</p>  <table border="1" data-bbox="2293 678 2484 771"> <thead> <tr> <th colspan="3">ξ</th> </tr> <tr> <th>$\alpha=30^\circ$</th> <th>$\alpha=45^\circ$</th> <th>$\alpha=60^\circ$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,4</td> <td>0,7</td> <td>1,0</td> </tr> </tbody> </table>	ξ			$\alpha=30^\circ$	$\alpha=45^\circ$	$\alpha=60^\circ$	0,4	0,7	1,0																														
ξ																																								
$\alpha=30^\circ$	$\alpha=45^\circ$	$\alpha=60^\circ$																																						
0,4	0,7	1,0																																						
<p>Curva ad un segmento a 90°</p>  <p>$\xi = 1,3$</p>	<p>Curva a due segmenti a 90°</p>  <p>$\xi = 1,2$</p>																																							
<p>a i p p o d a v r u C</p>  <table border="1" data-bbox="1656 1213 1770 1349"> <thead> <tr> <th>l/d</th> <th>ξ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>< 1</td><td>4,0</td></tr> <tr><td>1 ÷ 2</td><td>3,0</td></tr> <tr><td>> 2</td><td>2,0</td></tr> </tbody> </table>	l/d	ξ	< 1	4,0	1 ÷ 2	3,0	> 2	2,0	<p>a v r u c o r t n o c e a v r u C</p>  <table border="1" data-bbox="2356 1213 2484 1349"> <thead> <tr> <th>l/d</th> <th>ξ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>< 1</td><td>3,5</td></tr> <tr><td>1 ÷ 2</td><td>2,7</td></tr> <tr><td>> 2</td><td>2,0</td></tr> </tbody> </table>	l/d	ξ	< 1	3,5	1 ÷ 2	2,7	> 2	2,0																							
l/d	ξ																																							
< 1	4,0																																							
1 ÷ 2	3,0																																							
> 2	2,0																																							
l/d	ξ																																							
< 1	3,5																																							
1 ÷ 2	2,7																																							
> 2	2,0																																							

Le perdite di carico



L [mm] | H [mm]

400 | 200
 600 | 150
 450 | 150
 300 | 150
 400 | 100
 300 | 100
 200 | 100
 220 | 55
 110 | 55

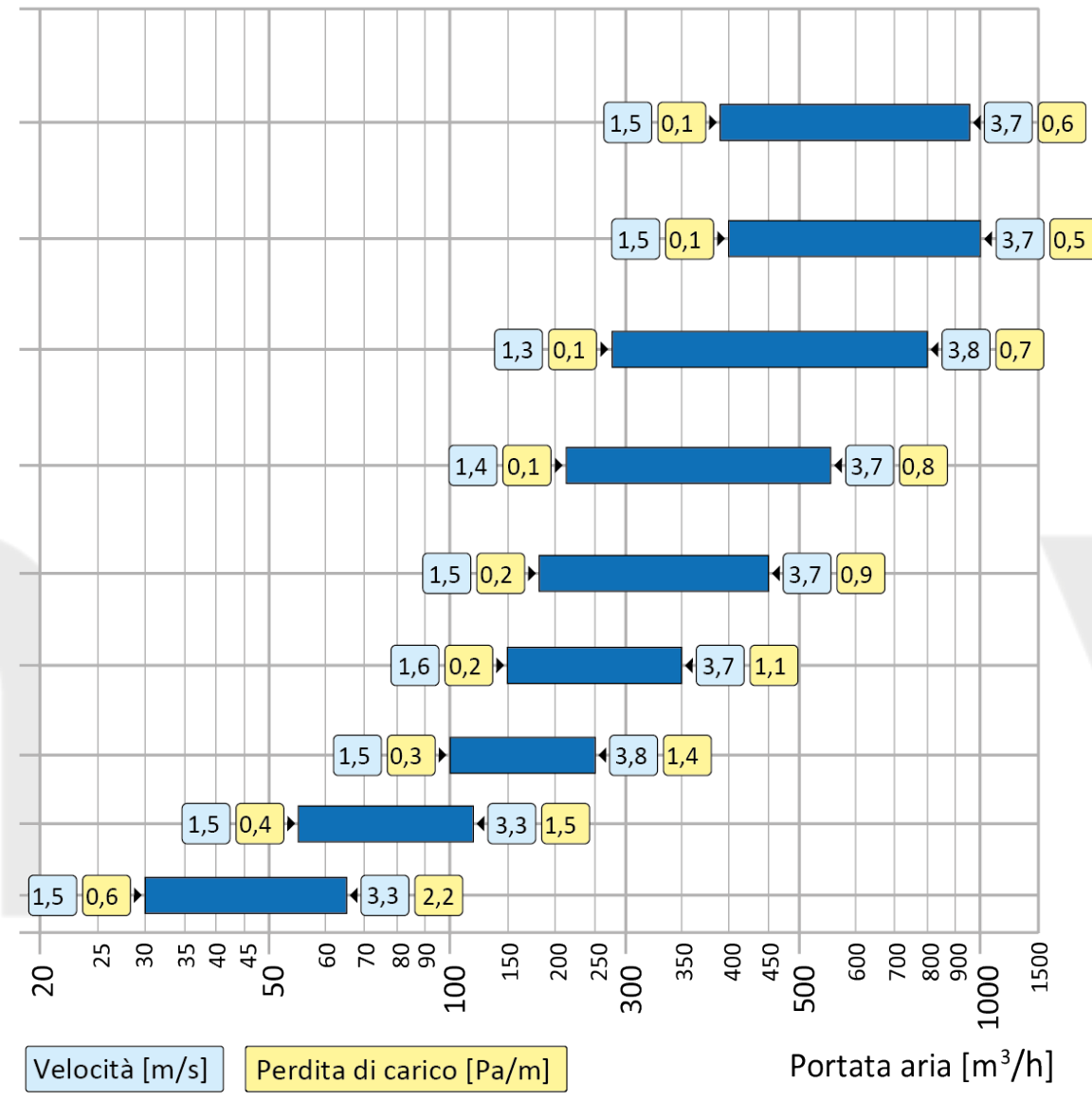
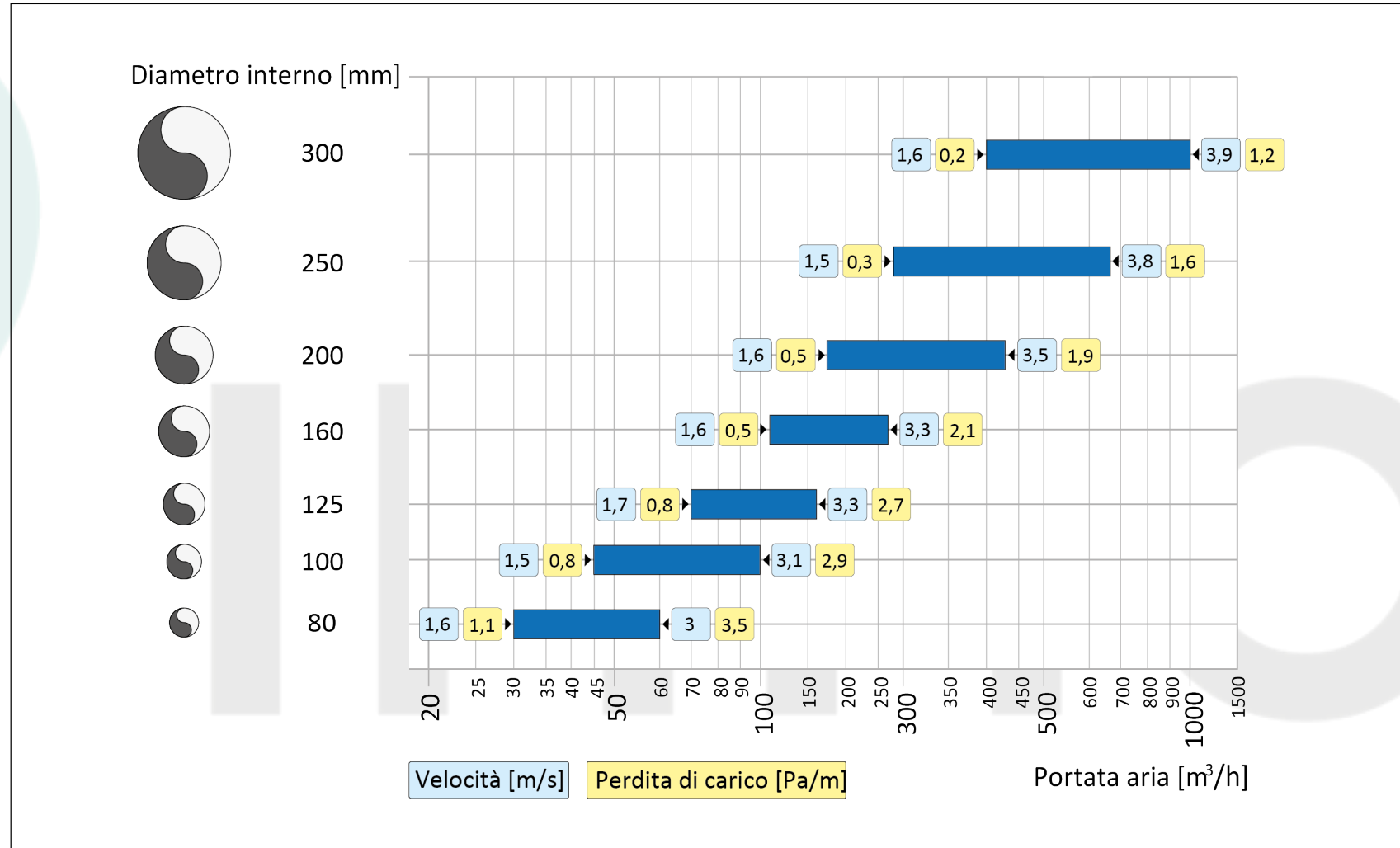


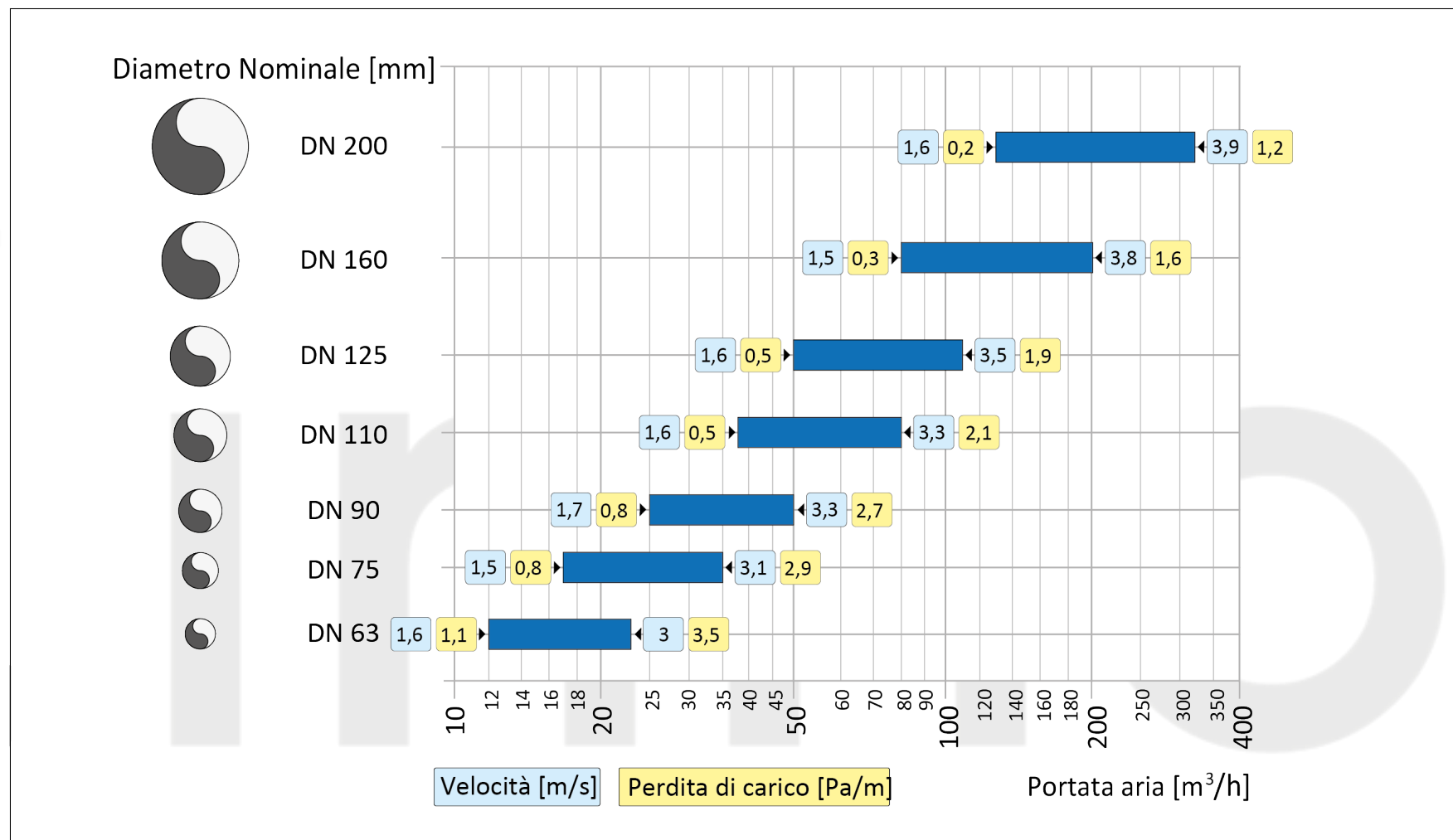
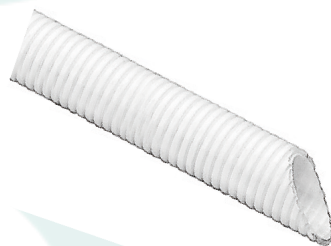
Diagramma per la determinazione delle portate d'aria in condotti rettangolari al variare della sezione, velocità dell'aria e perdite di carico

Diagramma delle portate d'aria in condotti circolari rigidi al variare della sezione, velocità dell'aria e perdite di carico

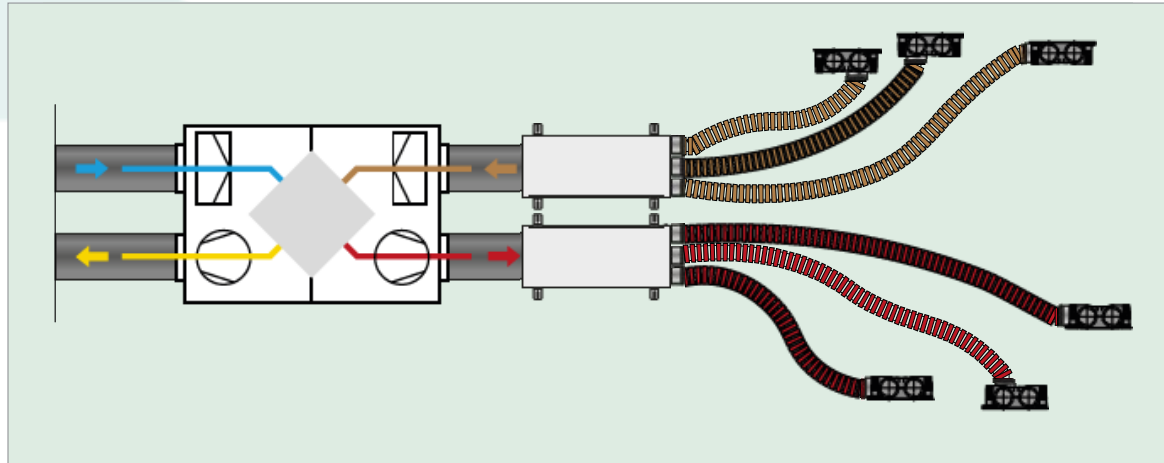


- Vengono utilizzate per realizzare i tratti principali delle reti di distribuzione. Sono fabbricate in materiale plastico o in acciaio zincato. Possono essere anche realizzate in apposito materiale isolante così da non dover essere coibentate successivamente
- presentano perdite di carico inferiori rispetto alle tubazioni flessibili anche grazie al minor schiacciamento

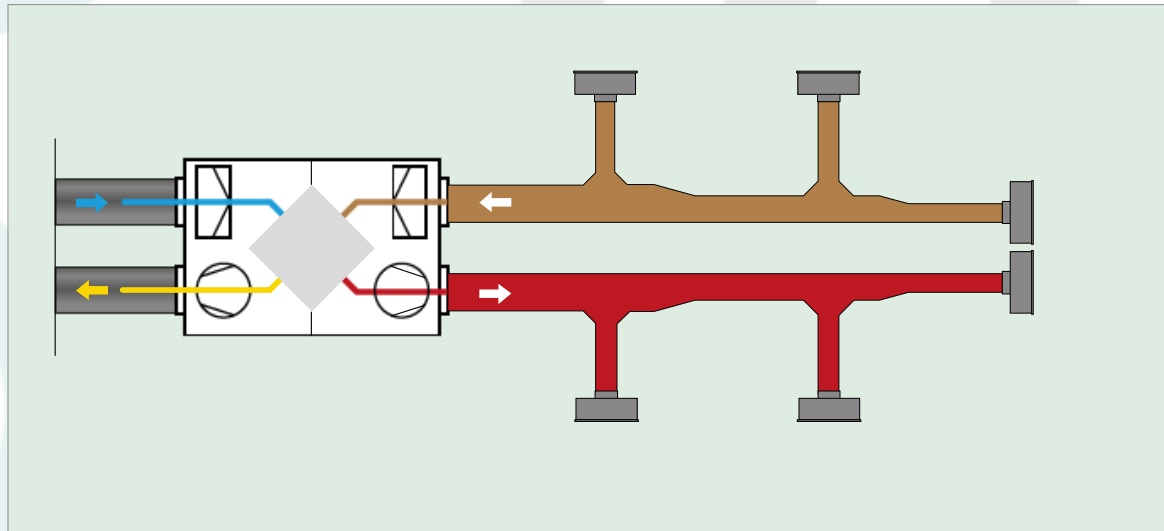
Diagramma delle portate d'aria in condotti circolari flessibili al variare della sezione, velocità dell'aria e perdite di carico



- Le tubazioni flessibili in commercio sono disponibili in varie dimensioni e tipologie. Le misure di diametro più piccolo (DN 63, DN 75 e DN 90) sono idonee per poter essere annegate nei massetti delle pavimentazioni.
- Le misure più grandi, in genere utilizzate per il collegamento delle canalizzazioni primarie, sono normalmente realizzate con un'anima a spirale metallica, che permette di avere una struttura flessibile



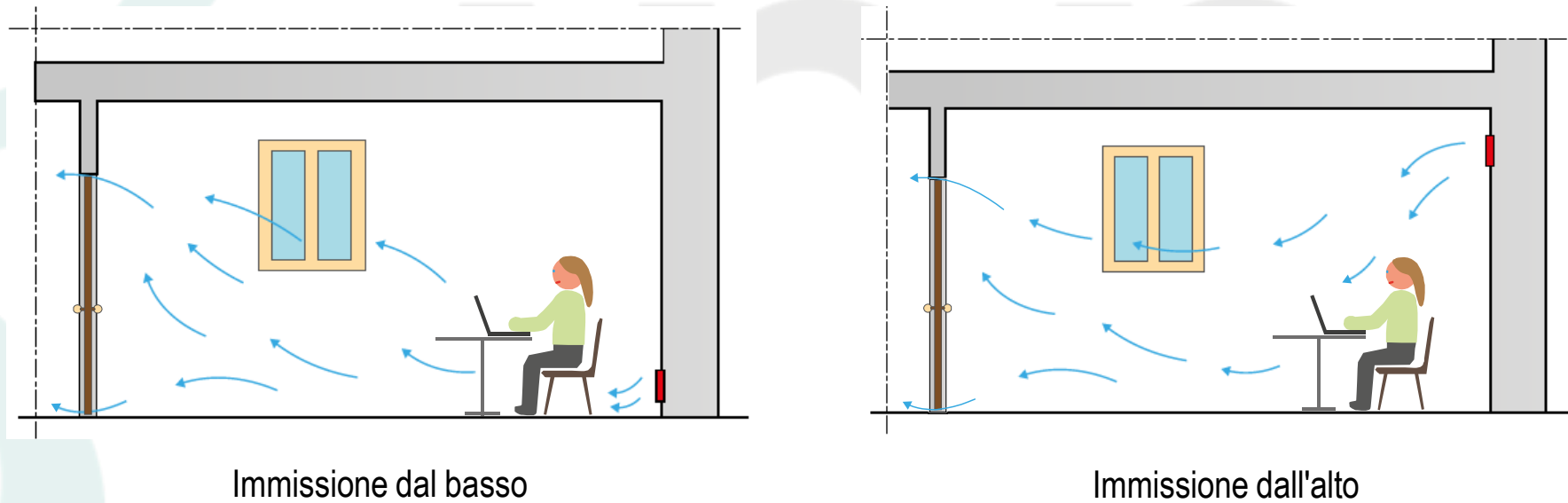
**Distribuzione a
PLENUM**



**Distribuzione
RAMIFICATA**

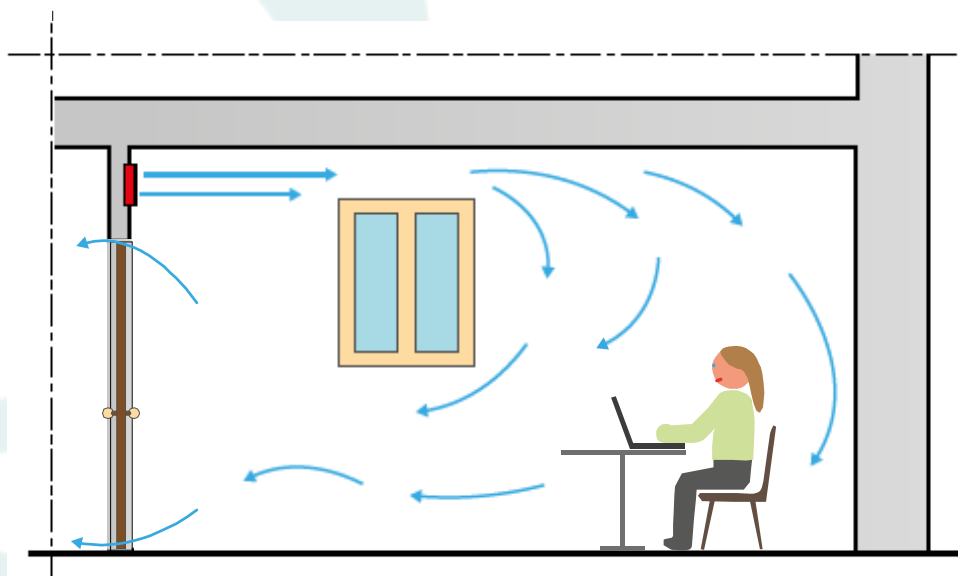
I sistemi di immissione aria: posizionamento corretto delle bocchette di mandata negli impianti residenziali

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

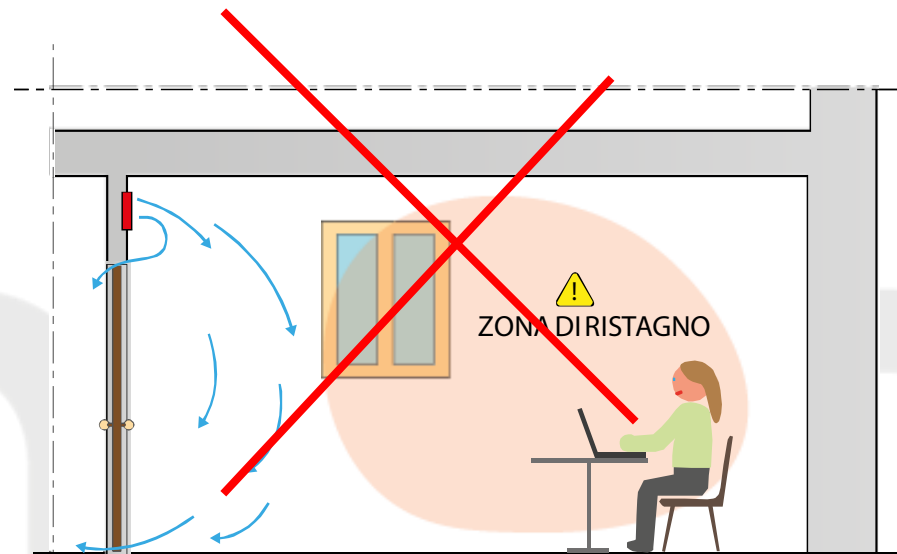


I sistemi di immissione aria: posizionamento delle bocchette di mandata negli impianti residenziali

... o sulla velocità di immissione



Immissione con lancio d'aria corretto
(se pressione statica sufficiente)

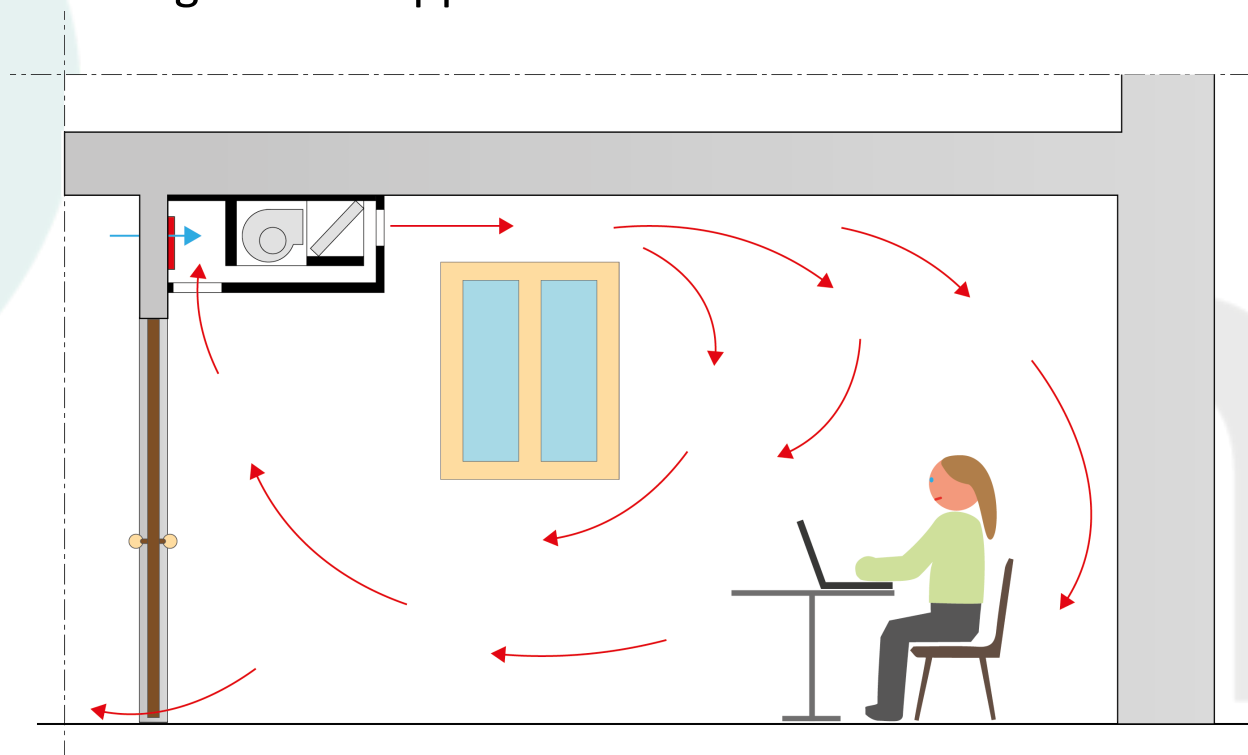


Immissione con lancio d'aria non corretto

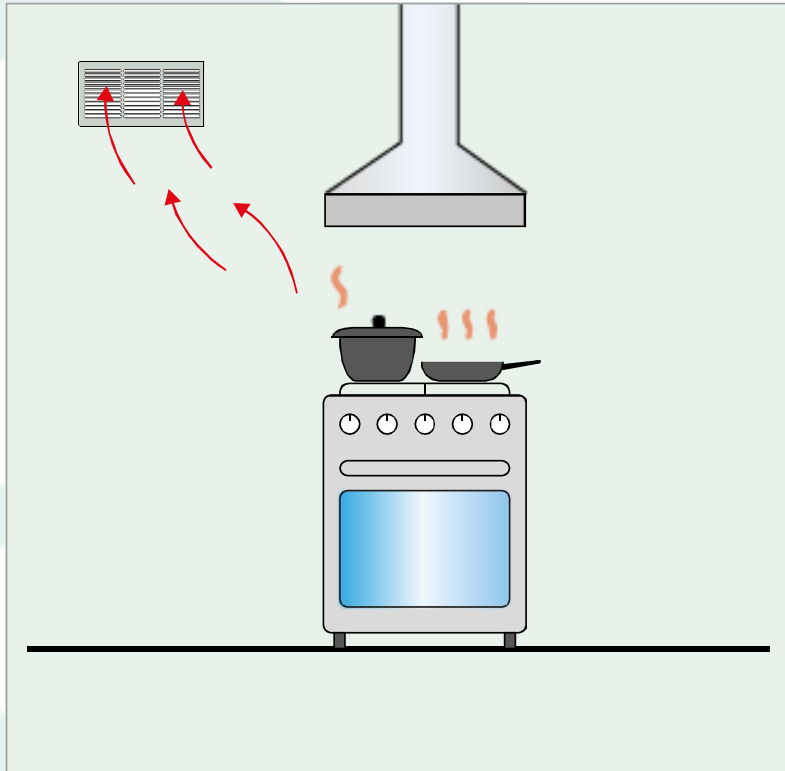
- Raramente negli impianti residenziali riusciamo ad avere una pressione statica utile per puntare sulla velocità dell'aria e il getto sufficiente a garantire il lavaggio dell'aria posizionando le bocchette all'ingresso dei locali.
- Il posizionamento all'ingresso dei locali, se non attentamente verificato, porta ad una errata progettazione che rende inefficace il sistema di ventilazione e, ancor più grave, alla mancata climatizzazione degli ambienti qualora si punti al post trattamento

I sistemi di immissione aria: posizionamento delle bocchette di mandata negli impianti residenziali

... o grazie al supporto delle unità di climatizzazione



- E' possibile sfruttare le unità di climatizzazione mediante incassi delle casseforme o mediante appositi kit aria primaria abbinabili, ad esempio, alle unità canalizzate.



Ripresa in cucina



Ripresa in bagno

Passaggi sotto porte

Portata aria [m³/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'intera porta.

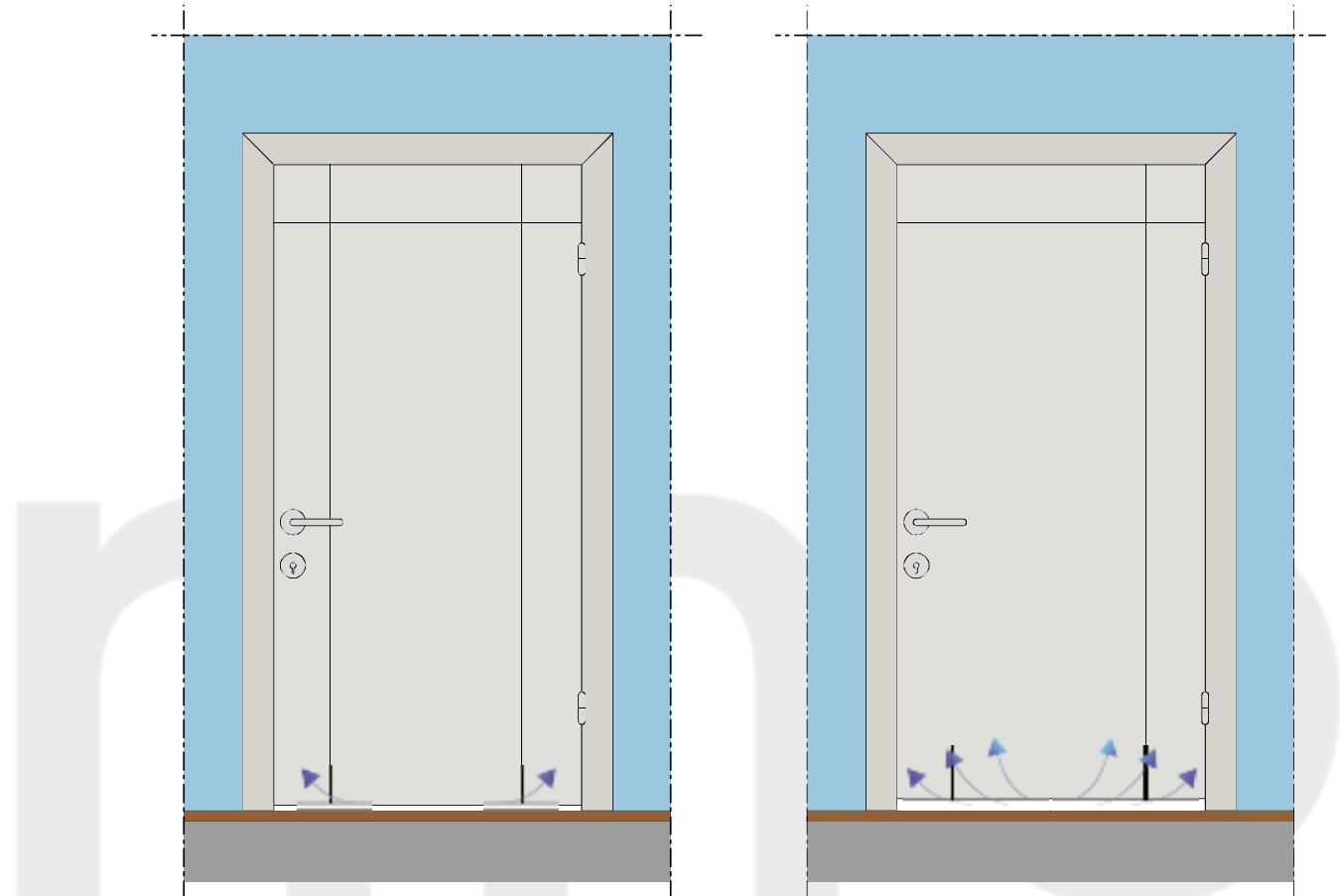


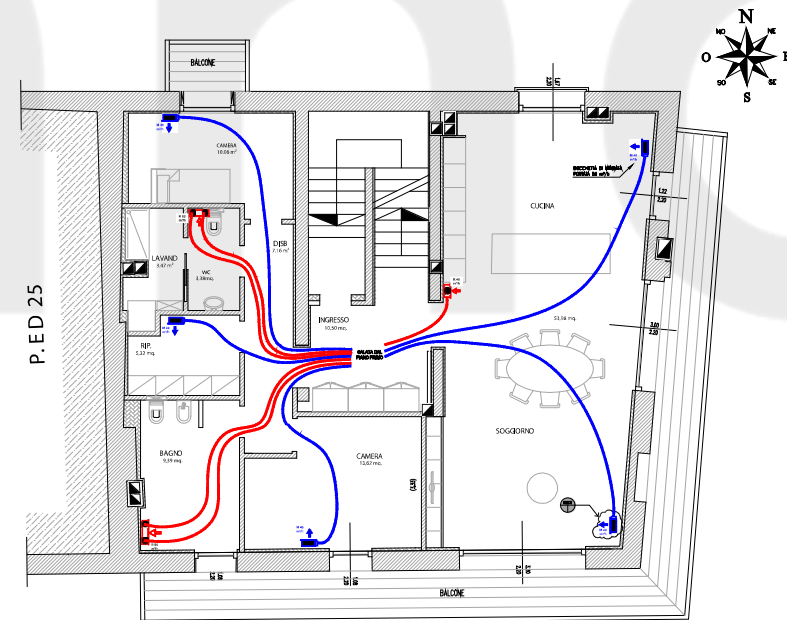
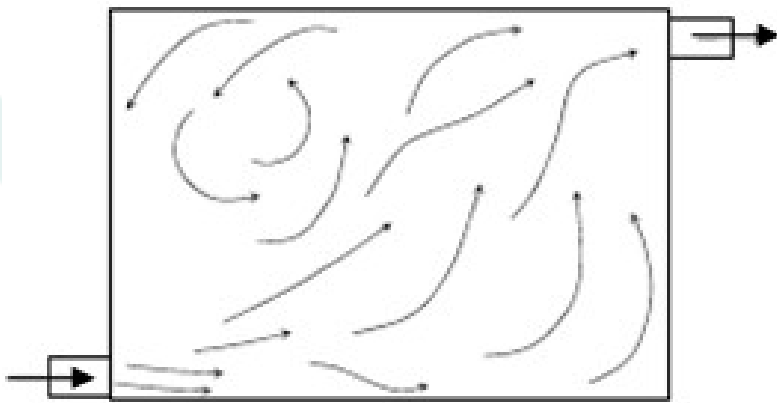
Tabella con velocità di passaggio dell'aria in caso di transito al di sotto delle porte:

- 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 m³/h (tubo De 75 mm)
 - 40 m³/h (tubo De 90 mm)corrispondenti ad una velocità dell'aria di circa 2,5 m/s;

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



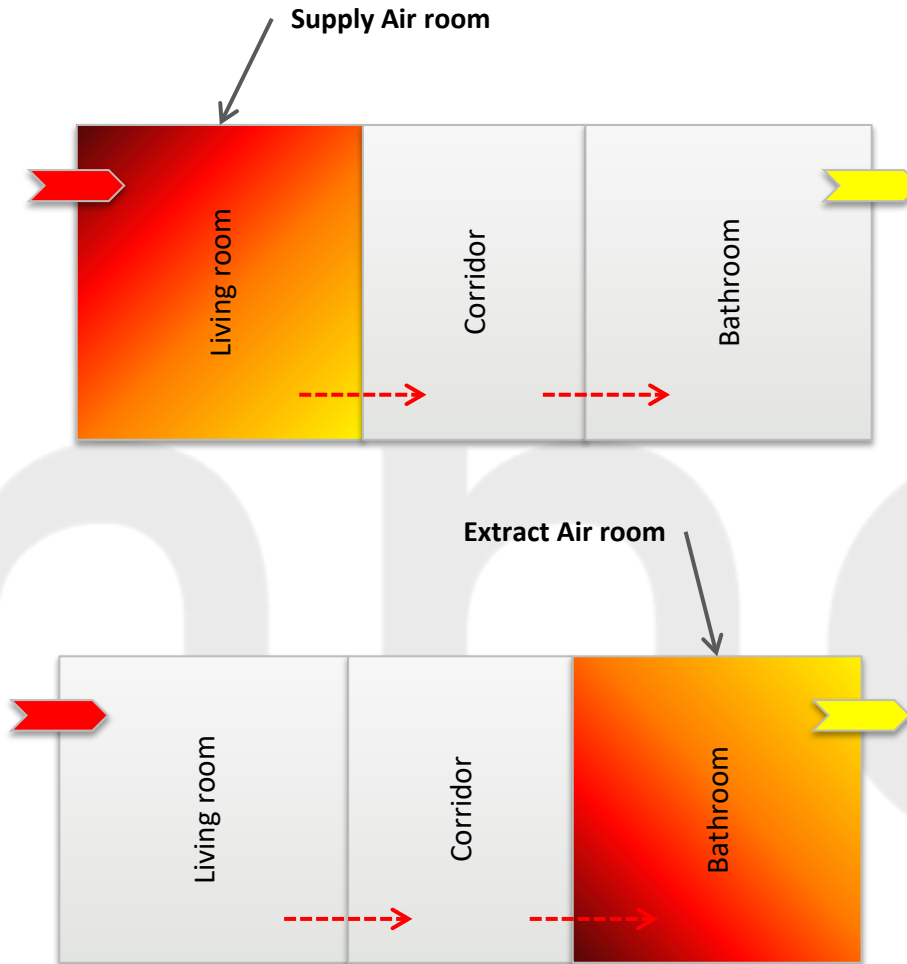
VMC doppio flusso passiva Canalizzazioni

STANZE DI MANDATA:

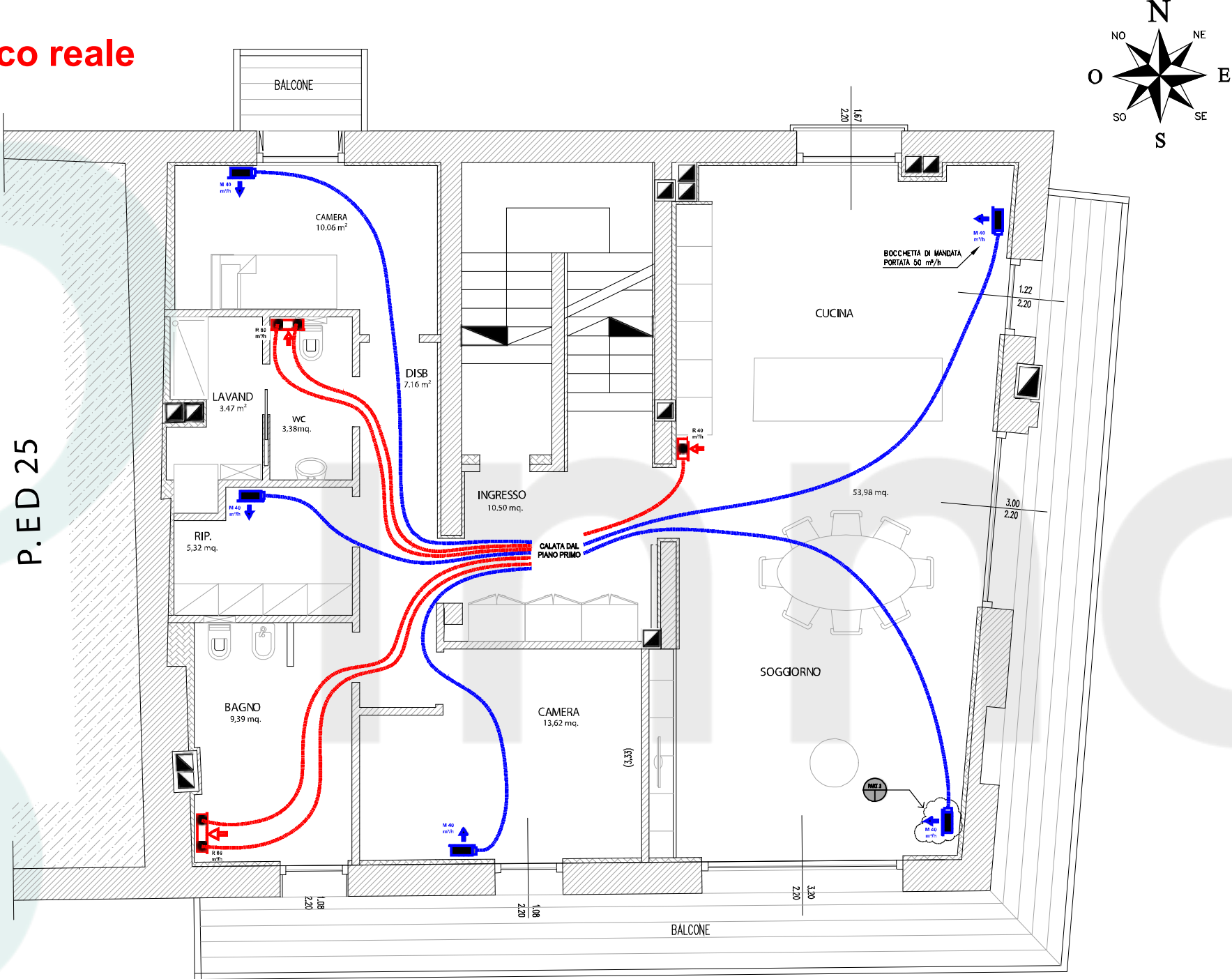
- CAMERA DA LETTO
- SOGGIORNI
- STUDI

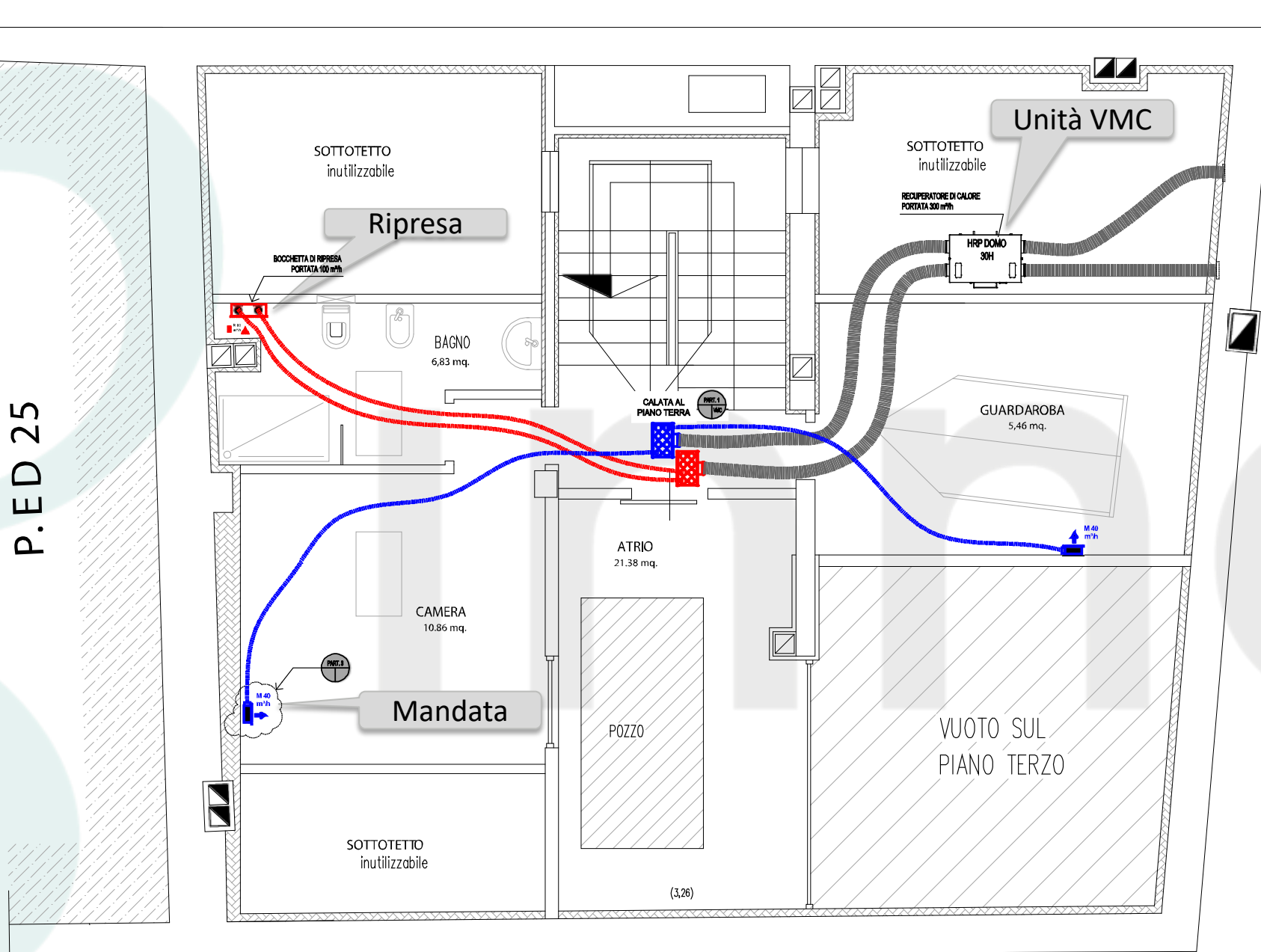
STANZE DI RIPRESA:

- 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 m³/h (tubo De 75 mm)
- 40 m³/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

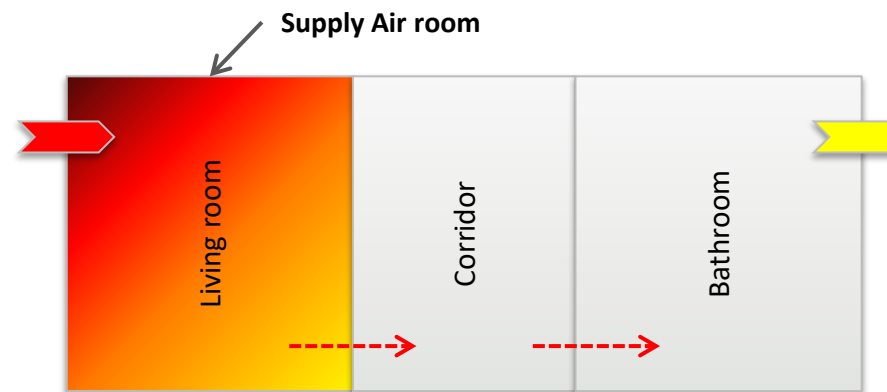
10. isolare le tubazioni di mandata

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

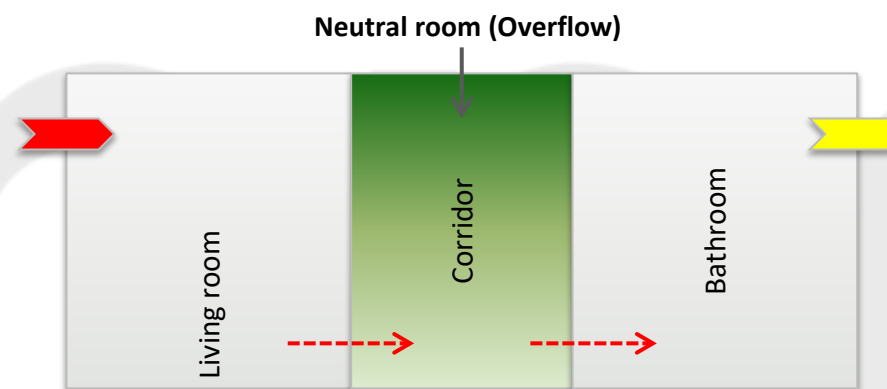
STANZE DI MANDATA:

- CAMERA DA LETTO
- SOGGIORNI
- STUDI



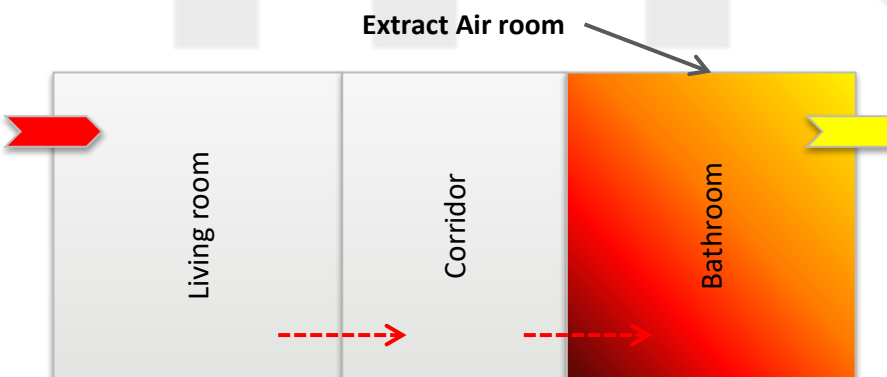
ZONE DI TRANSITO PER RICIRCOLO:

- CORRIDOIO
- DISIMPEGNI
- INGRESSO

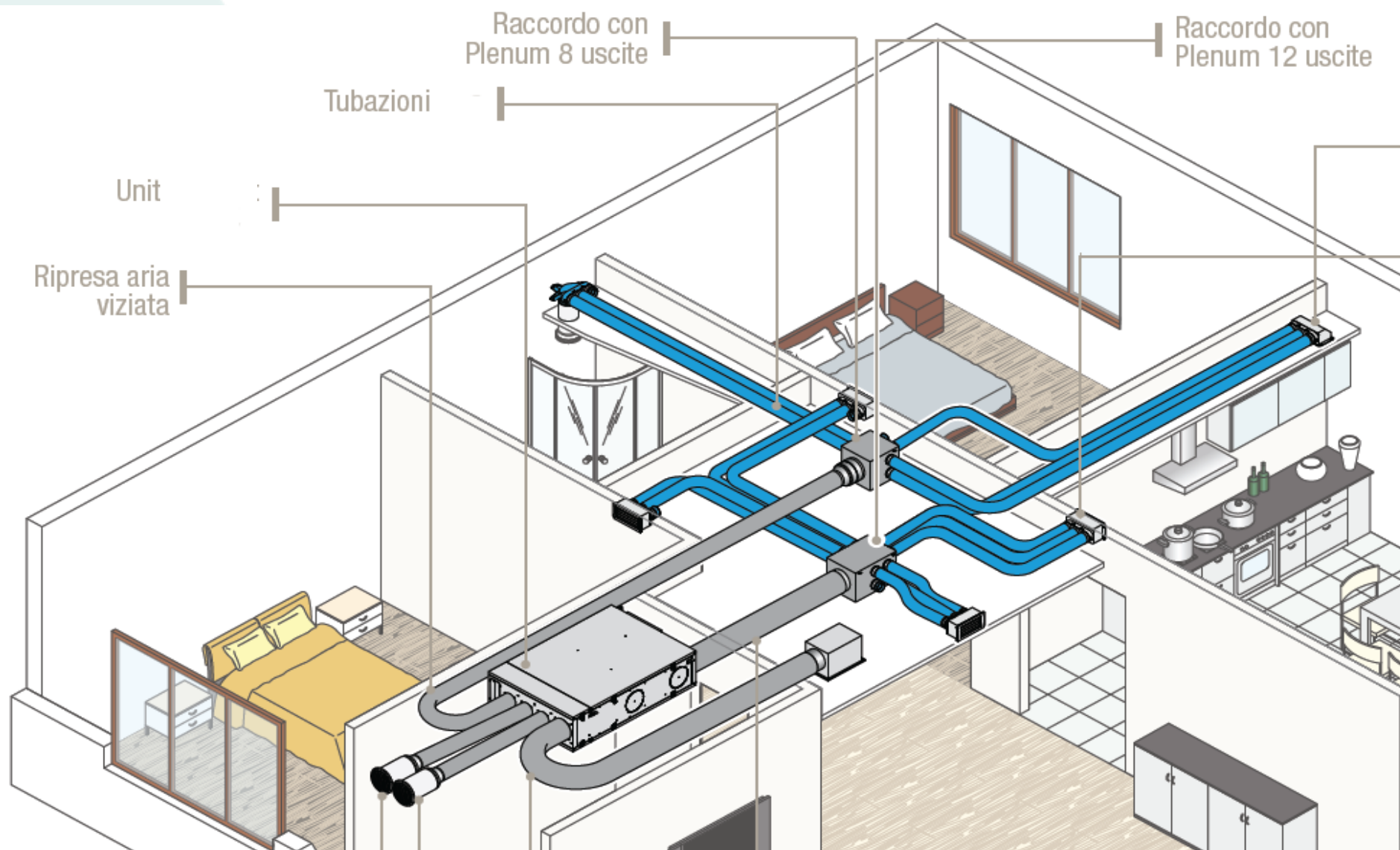


STANZE DI RIPRESA:

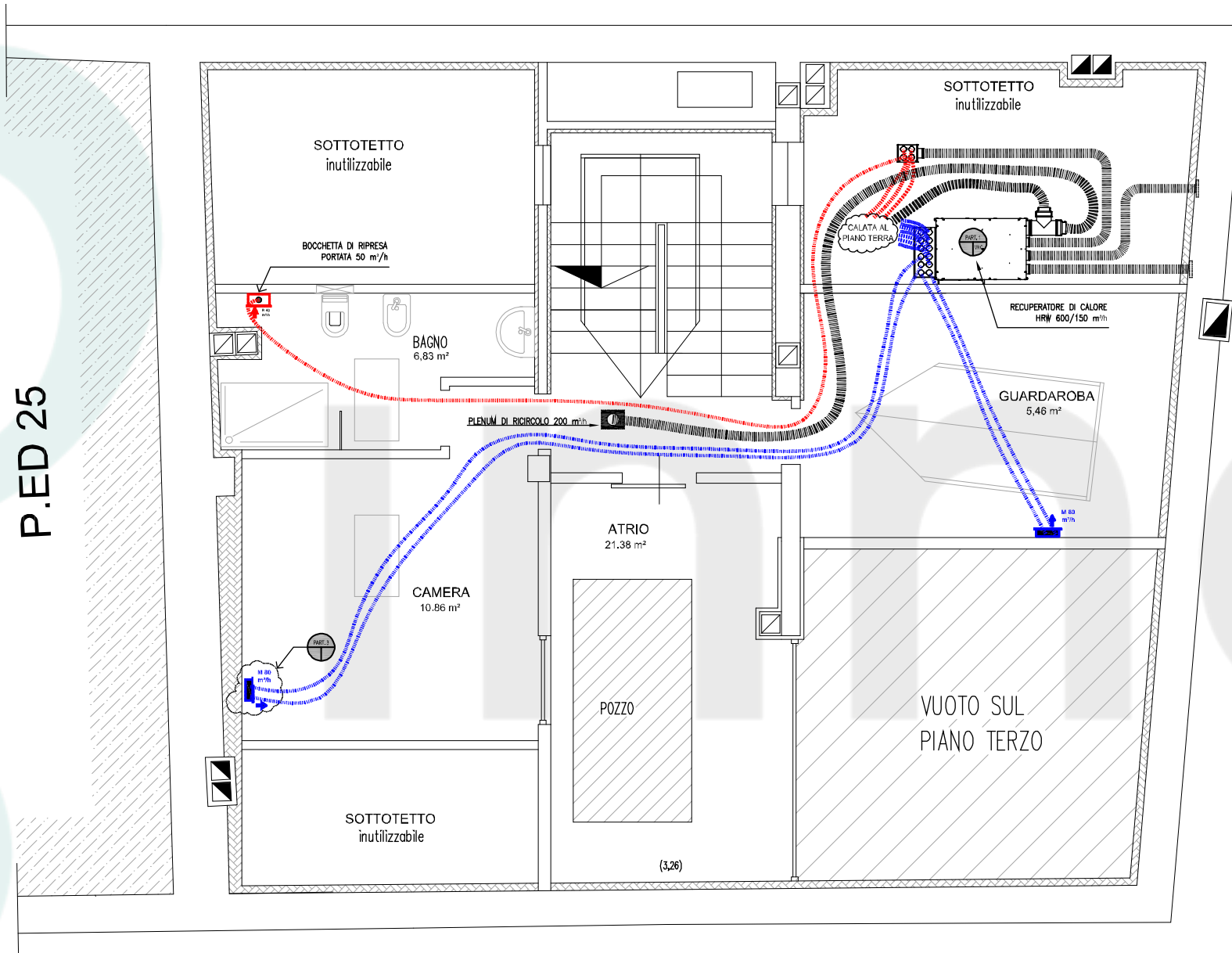
- BAGNI
- CUCINE
- CABINE ARMADIO
- LAVANDERIE



VMC doppio flusso: architettura tipica completa con ricircolo



Esempio pratico reale





Ricambio d'aria negli ambienti

- **MACCHINE DI VENTILAZIONE: TIPOLOGIE**

La macchina di ventilazione: sezioni

Filtri 1 6

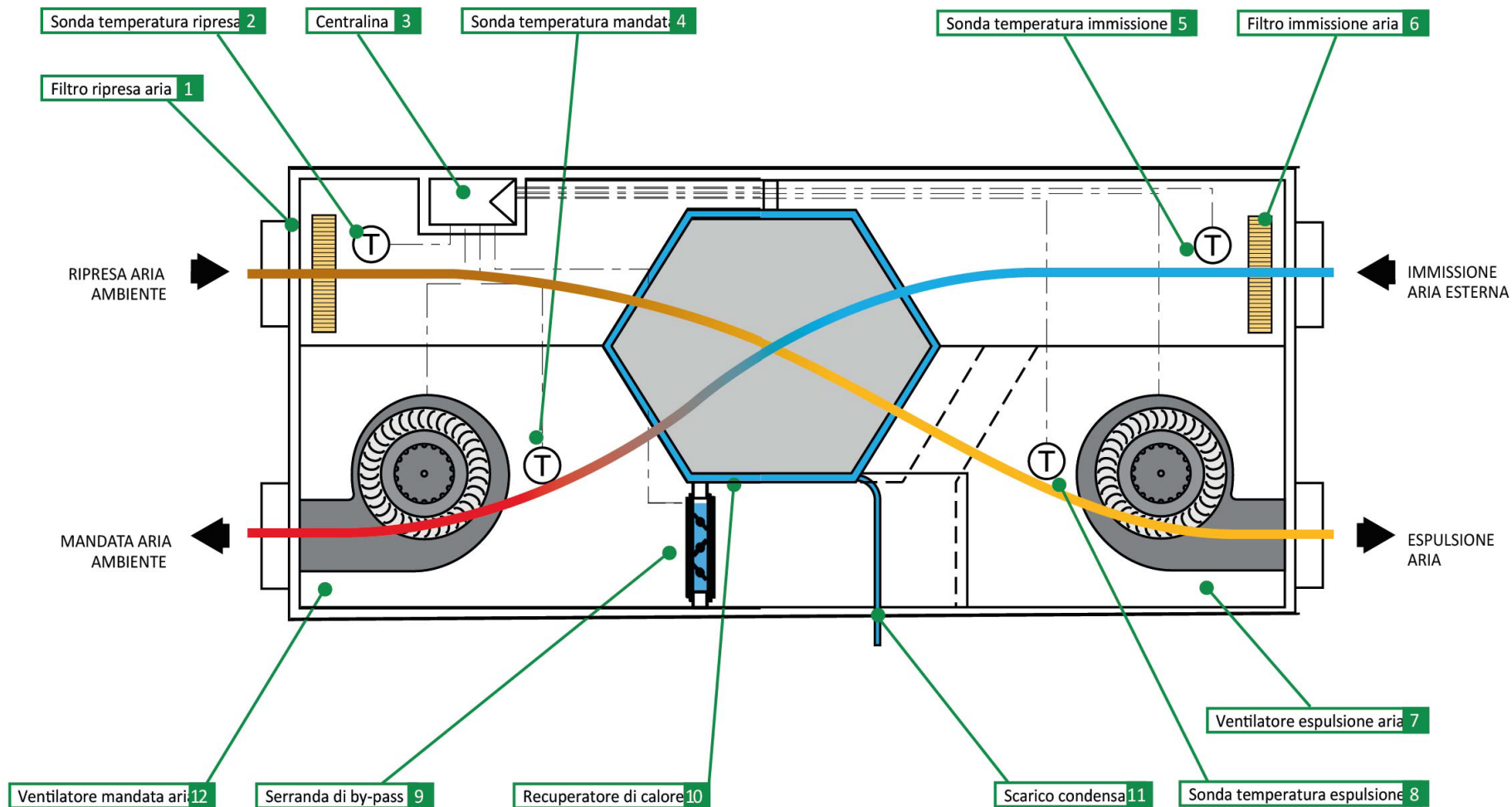
Dispositivi che consentono di trattenere particelle fini e grossolane trasportate dall'aria. Nelle unità di ventilazione sono di norma presenti filtri sia sul flusso di immissione dell'aria esterna sia sul flusso di espulsione. I primi hanno la funzione di migliorare la qualità dell'aria di rinnovo,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

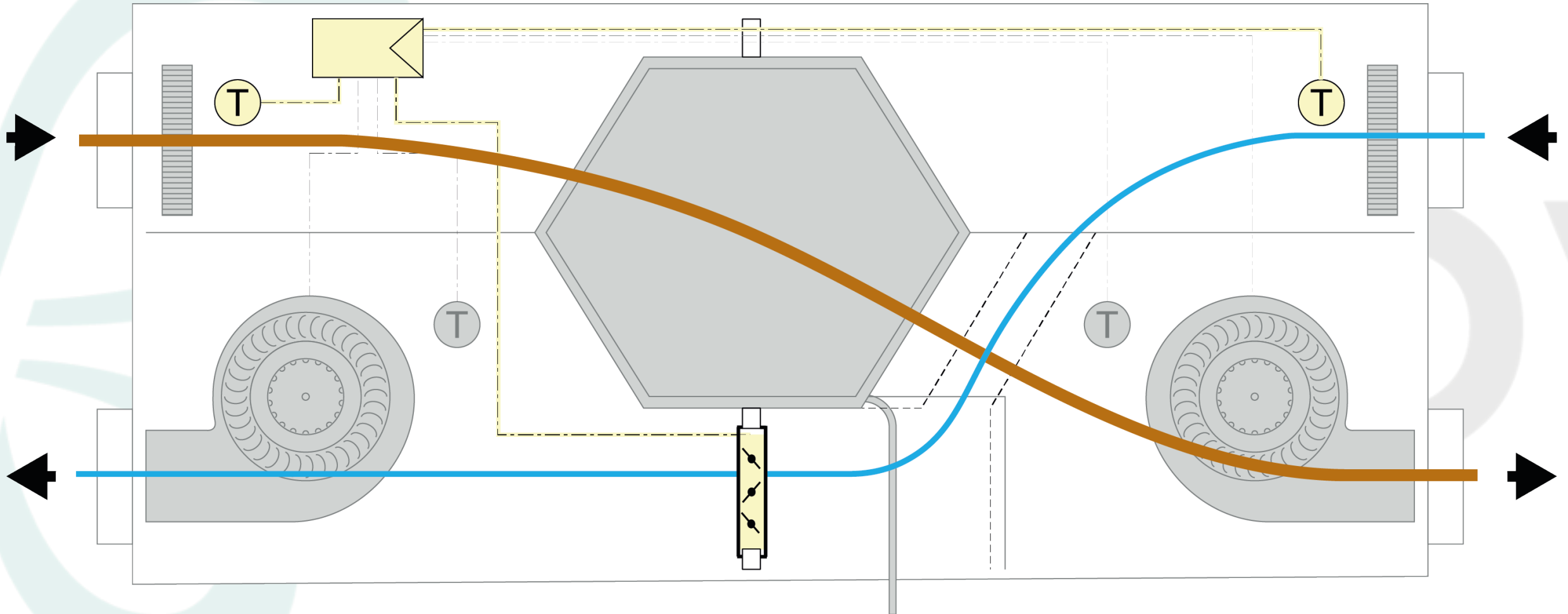
Recuperatore di calore 10

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.

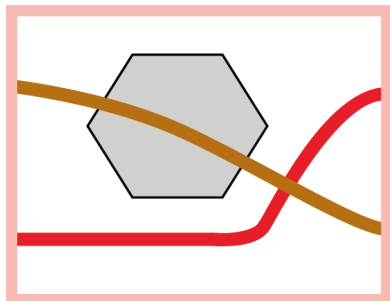
Scarico condensa 11

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.

La macchina di ventilazione: schema attivazione by-pass

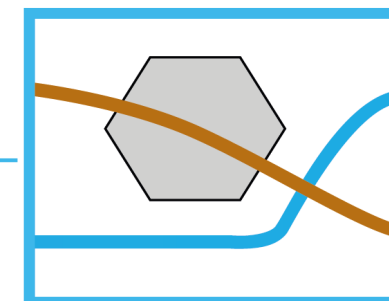
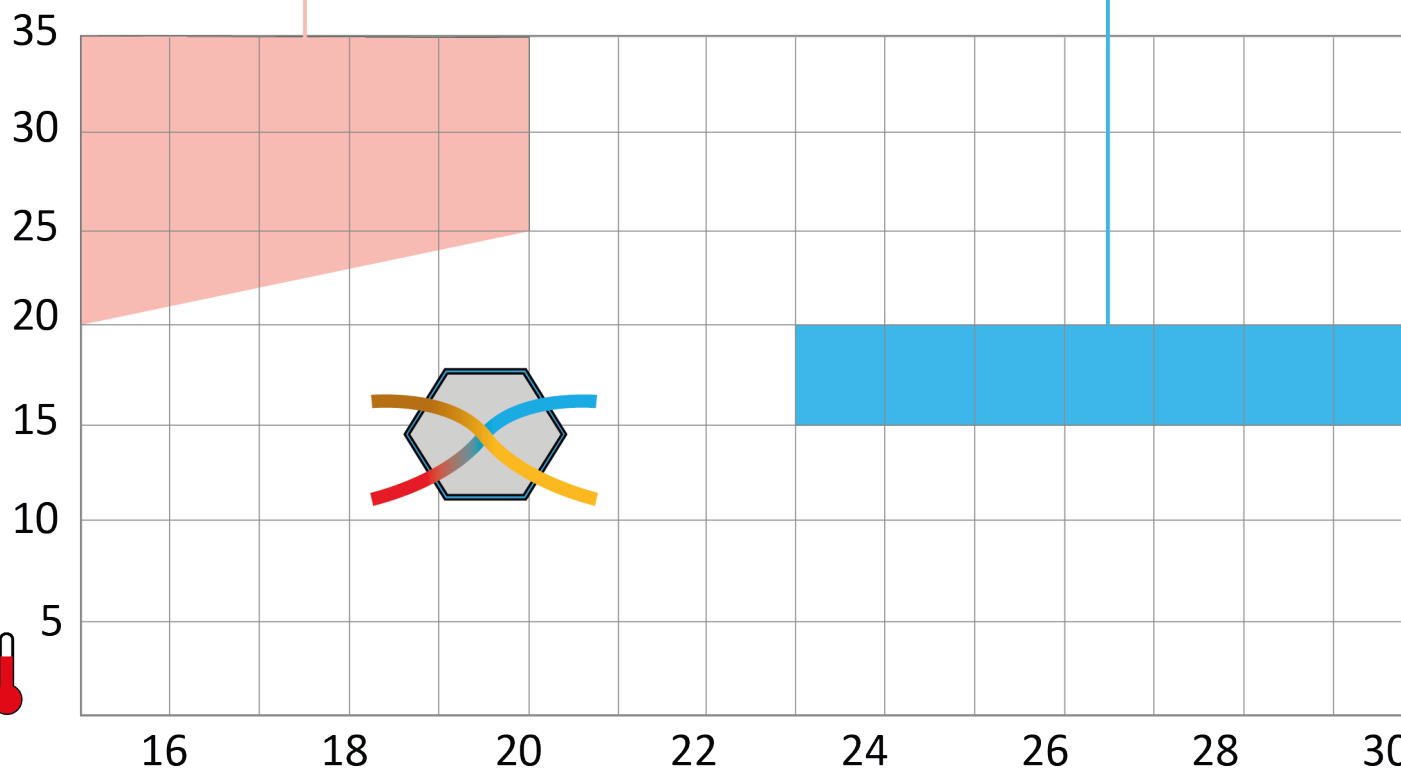
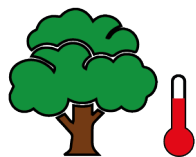


La macchina di ventilazione: logica di attivazione by-pass



FREE HEATING

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

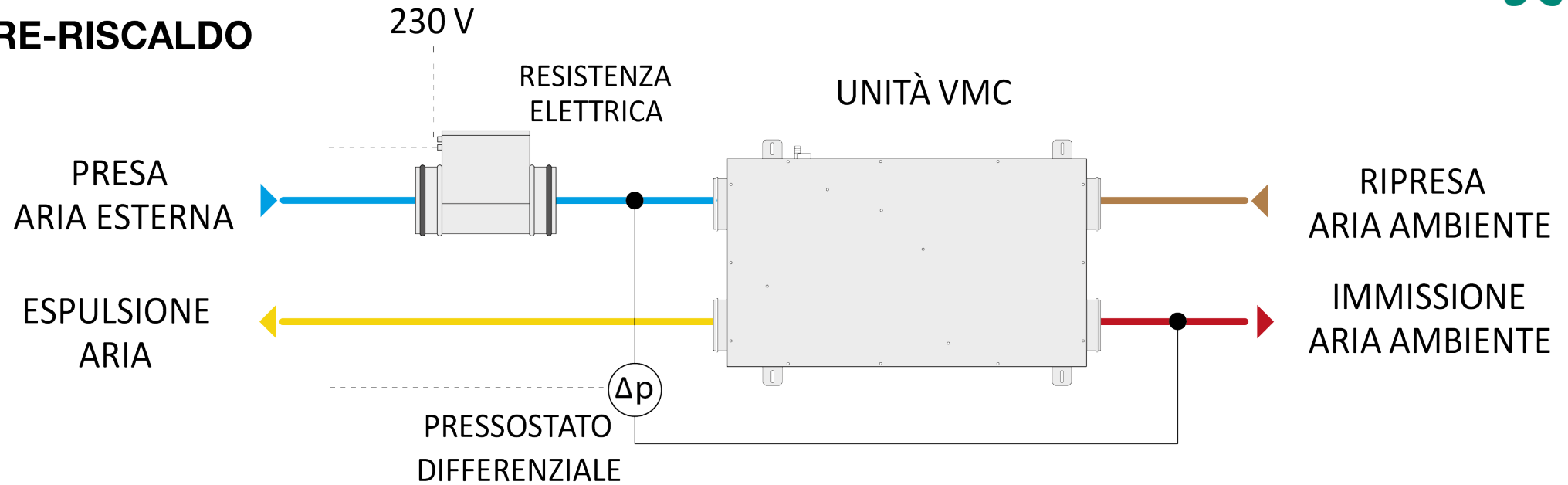


FREE COOLING

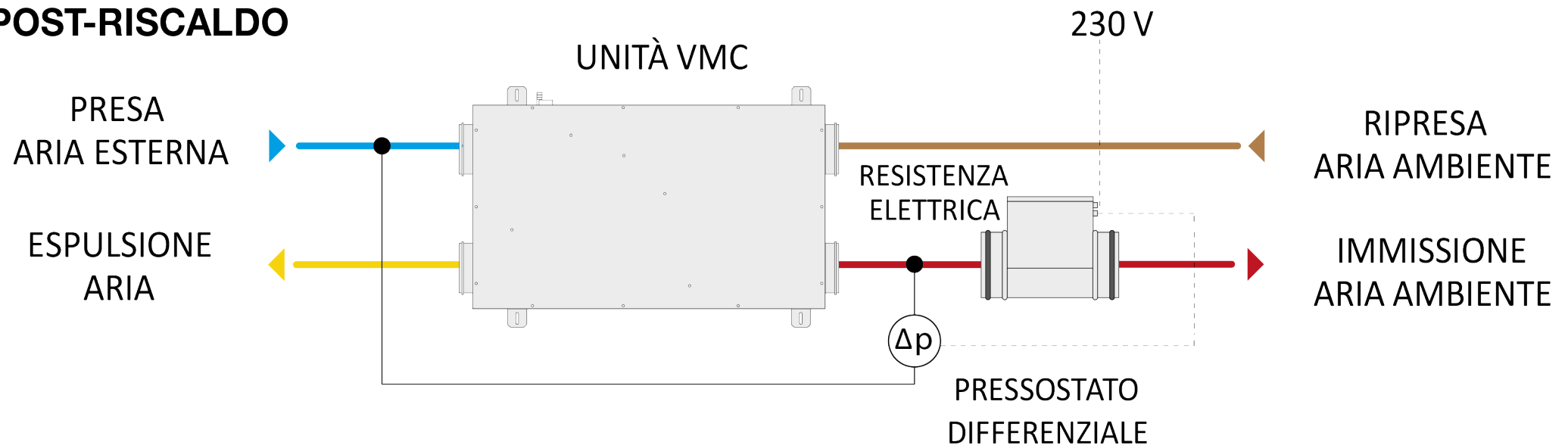
Nell'esempio riportato nel grafico, la funzione Free Cooling viene attivata quando la temperatura interna supera di 3 K la temperatura esterna

La macchina di ventilazione: pre e post riscaldamento con batteria elettrica

PRE-RISCALDO

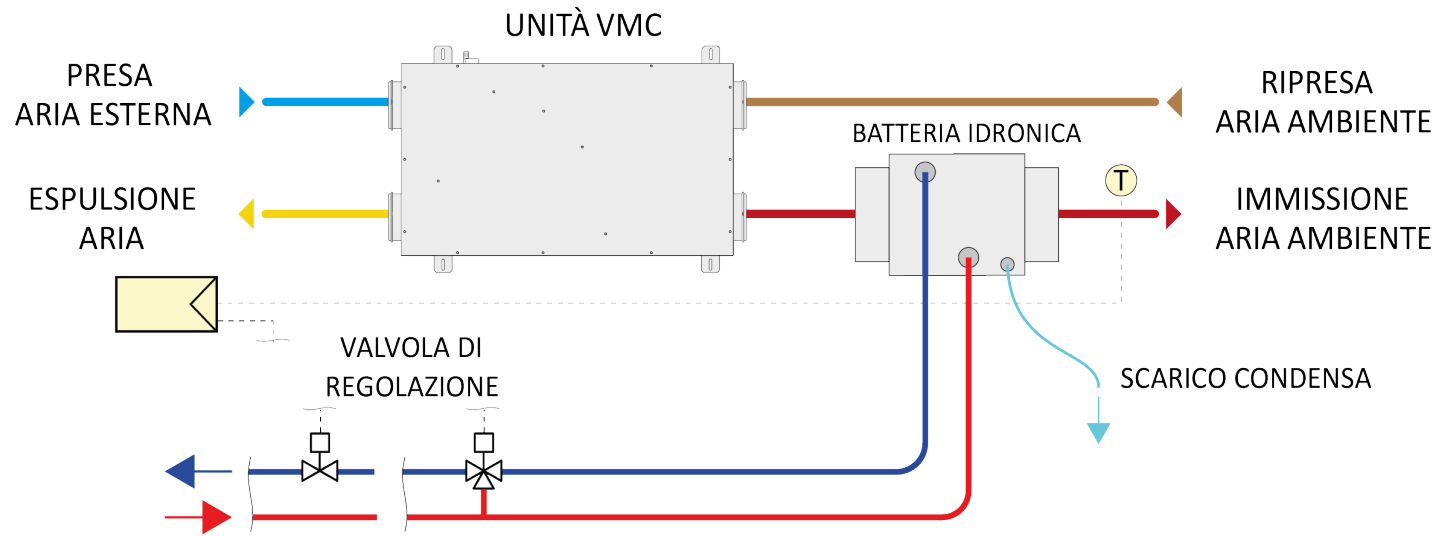


POST-RISCALDO

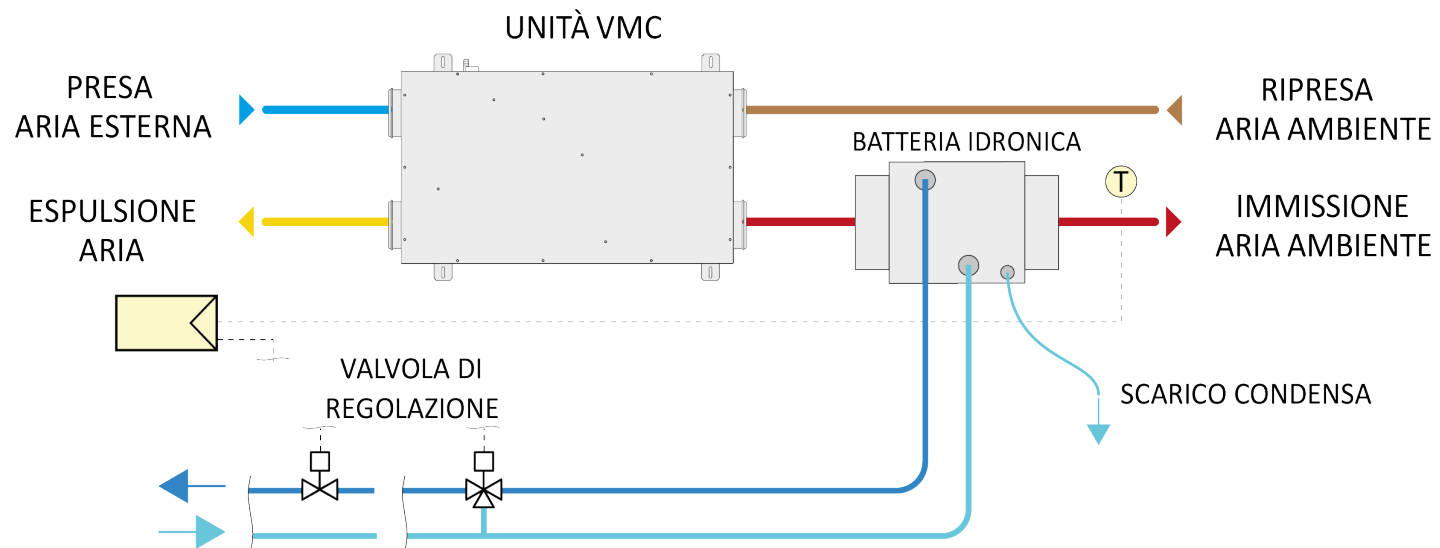


La macchina di ventilazione: pre e post trattamento con batteria idronica

FUNZIONAMENTO IN RISCALDAMENTO



FUNZIONAMENTO IN RAFFRESCAMENTO

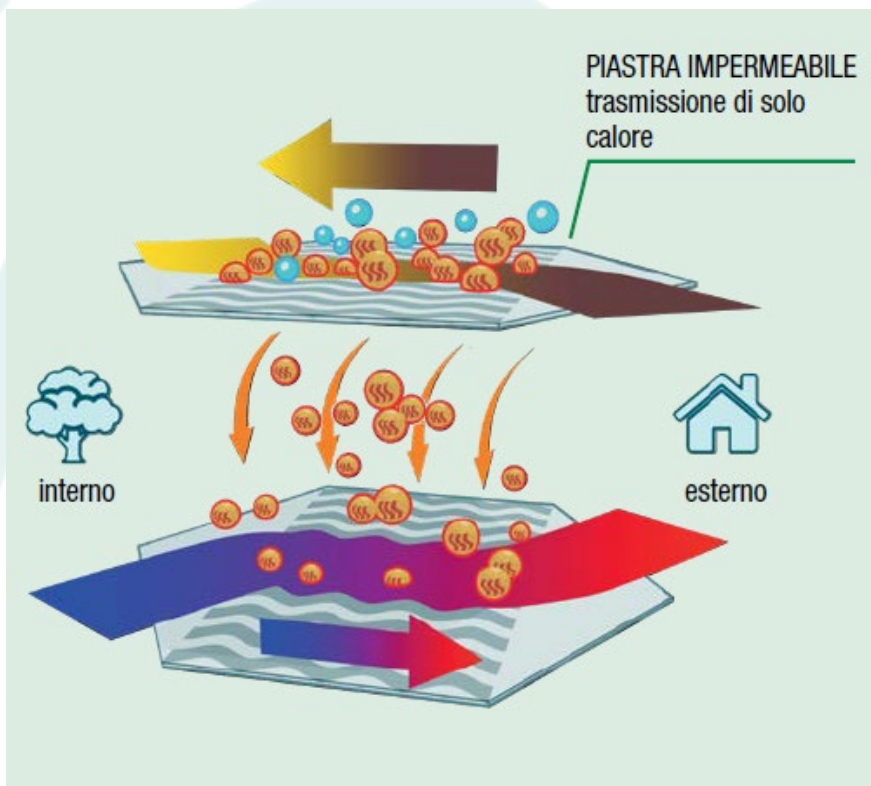


La macchina di ventilazione: potenza necessaria per il pre-post trattamento

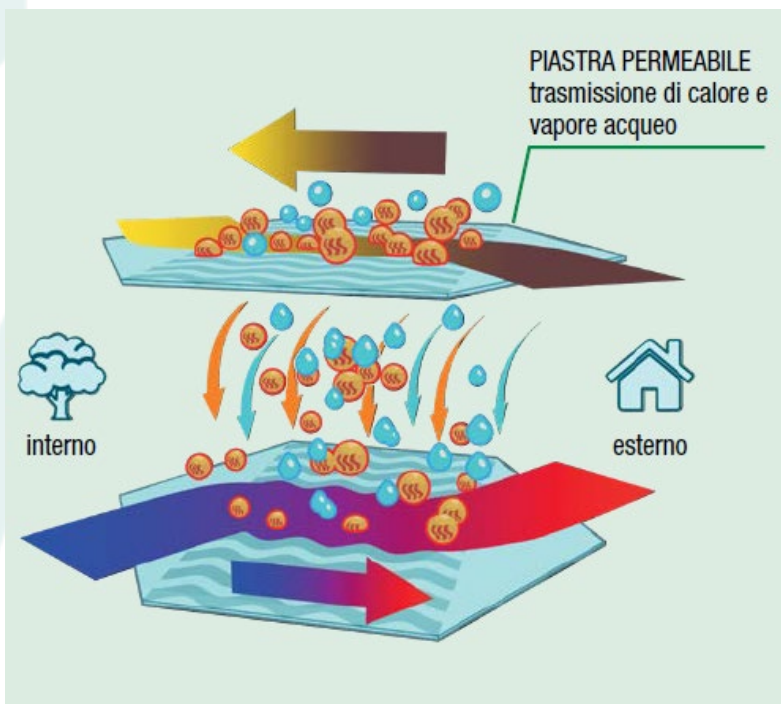
ΔT [°C]	Portata aria [m ³ /h]									
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
2	57	101	134	168	201	235	268	302	335	
4	134	201	268	335	402	469	536	603	670	
6	201	302	402	503	603	704	804	905	1005	
8	268	402	536	670	804	938	1072	1206	1340	
10	335	503	670	838	1005	1173	1340	1508	1675	
12	402	603	804	1005	1206	1407	1608	1809	2010	
14	469	704	938	1173	1407	1642	1876	2111	2345	
16	536	804	1072	1340	1608	1876	2144	2412	2680	

- Tabella per la determinazione della potenza necessaria ad innalzare la temperatura dell'aria con batterie di pre o post riscaldamento in funzione della portata d'aria, espressa in W
- In raffrescamento vale lo stesso con valori in negativo

I recuperatori di calore: recuperatore statico



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



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



- 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



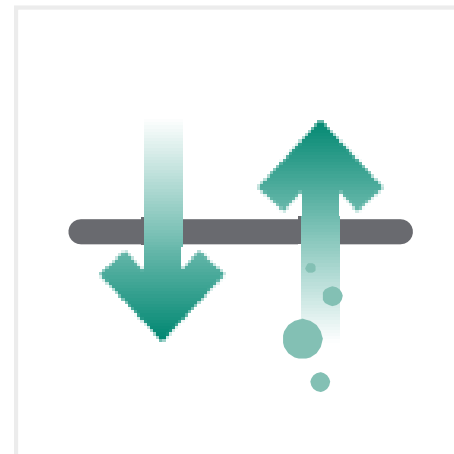
- i) evita di seccare l'aria in ambiente nel periodo invernale immettendo parte dell'umidità che altrimenti andrebbe espulsa all'esterno;
- j) è lavabile
- k) non necessita di scarico condensa

innova

Il recuperatore di calore entalpico:

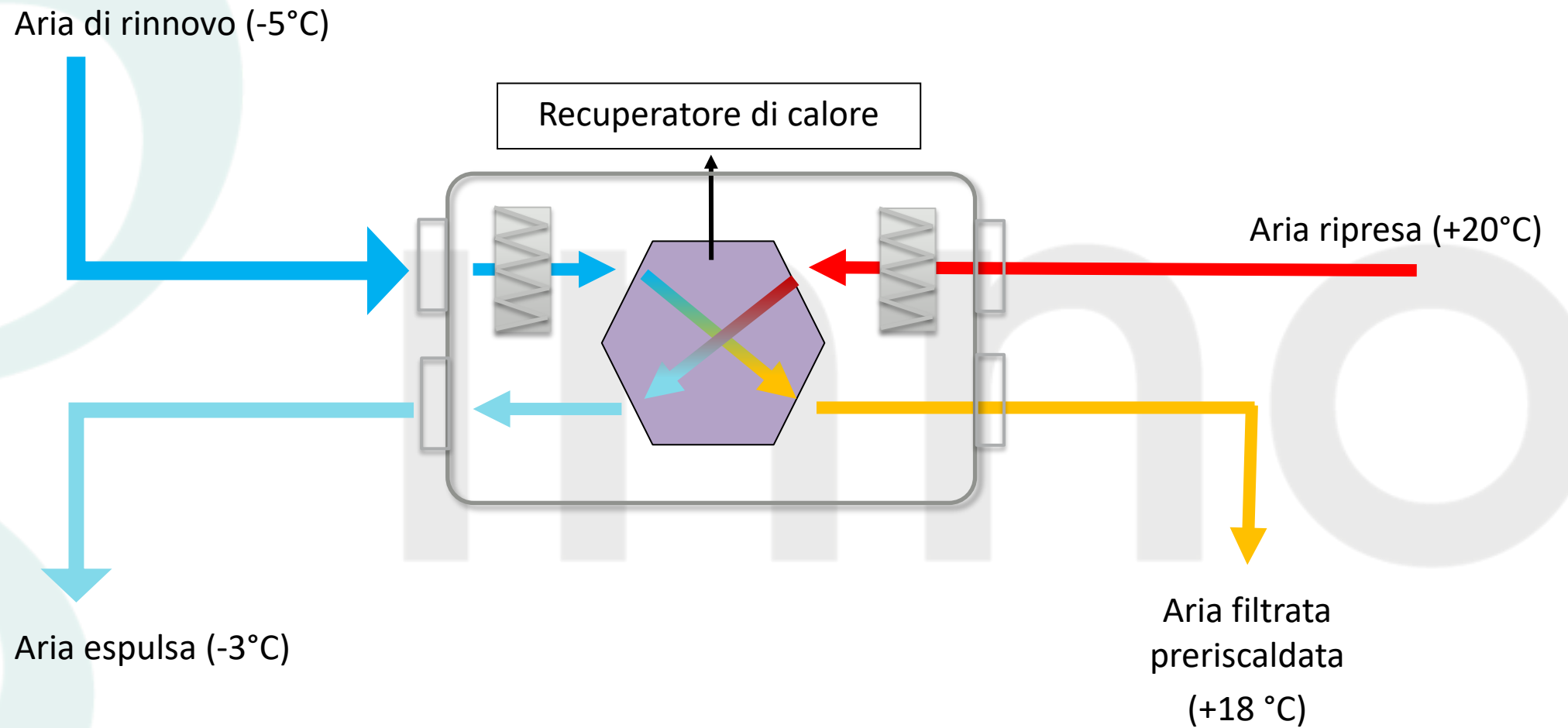
Valorizzazione del risparmio energetico e di umidità ambiente in regime estivo.

Alcuni numeri, tenendo conto di una portata di aria primaria pari a 200 m³/h:

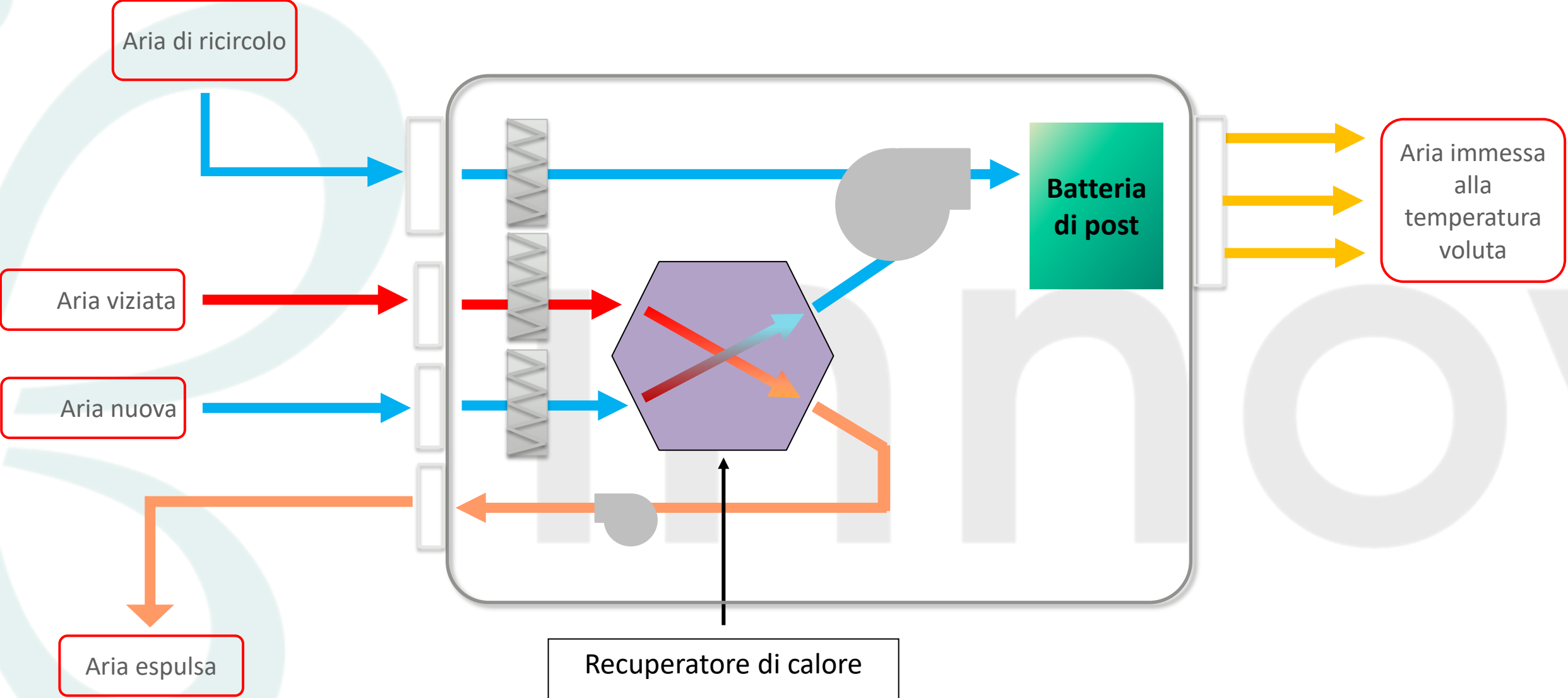


- con temperatura esterna 35 °C 80% U.R. e temperatura ambiente 25 °C e 60% U.R.: risparmio di **900 W**; immissione di **1.200 g/h** in meno in ambiente.
- con temperatura esterna 30 °C 60% U.R. e temperatura ambiente 25 °C e 60% U.R.: risparmio di **215 W**; immissione di **300 g/h** in meno in ambiente

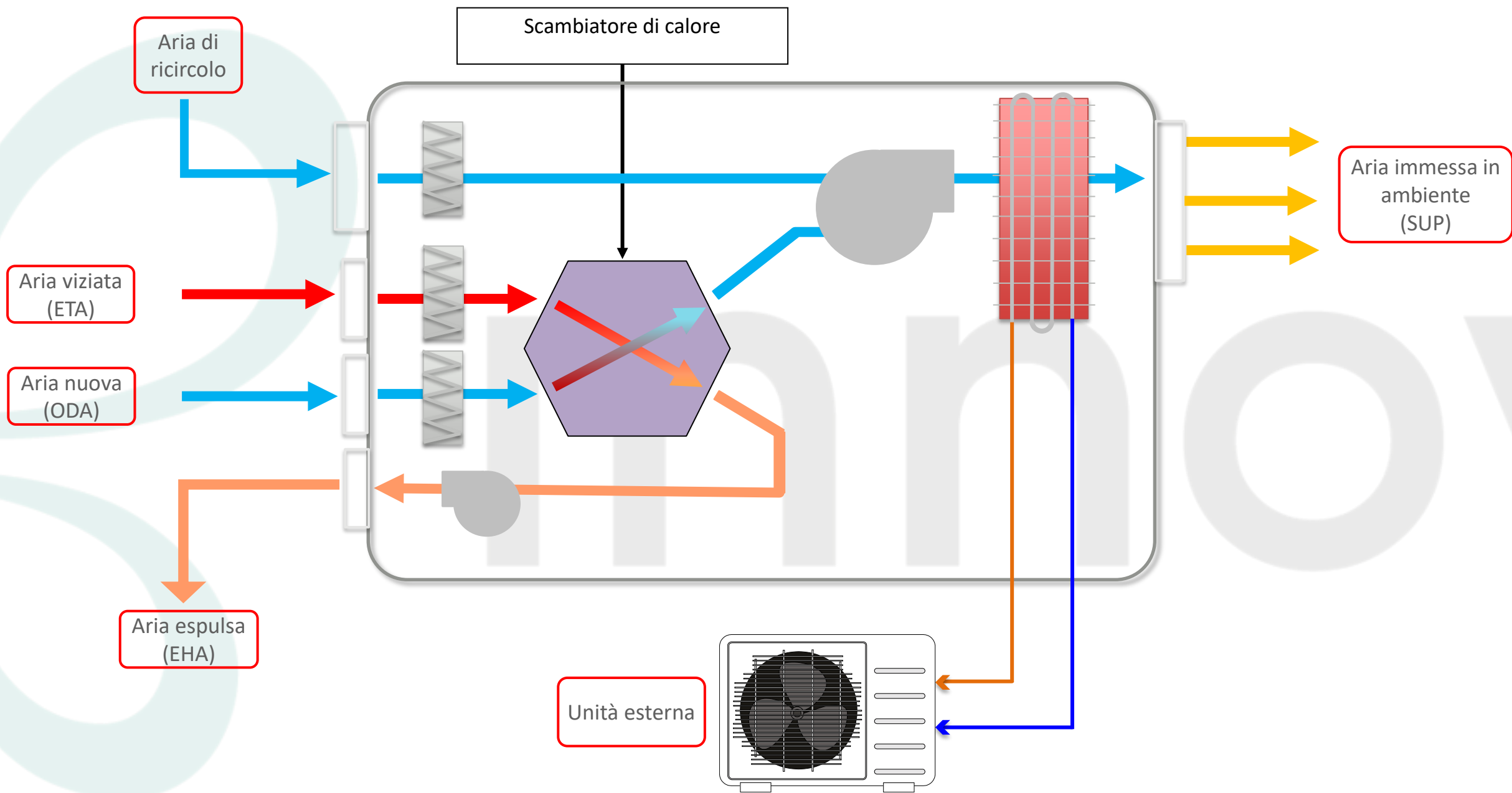
Schema di flusso invernale con VMC passiva



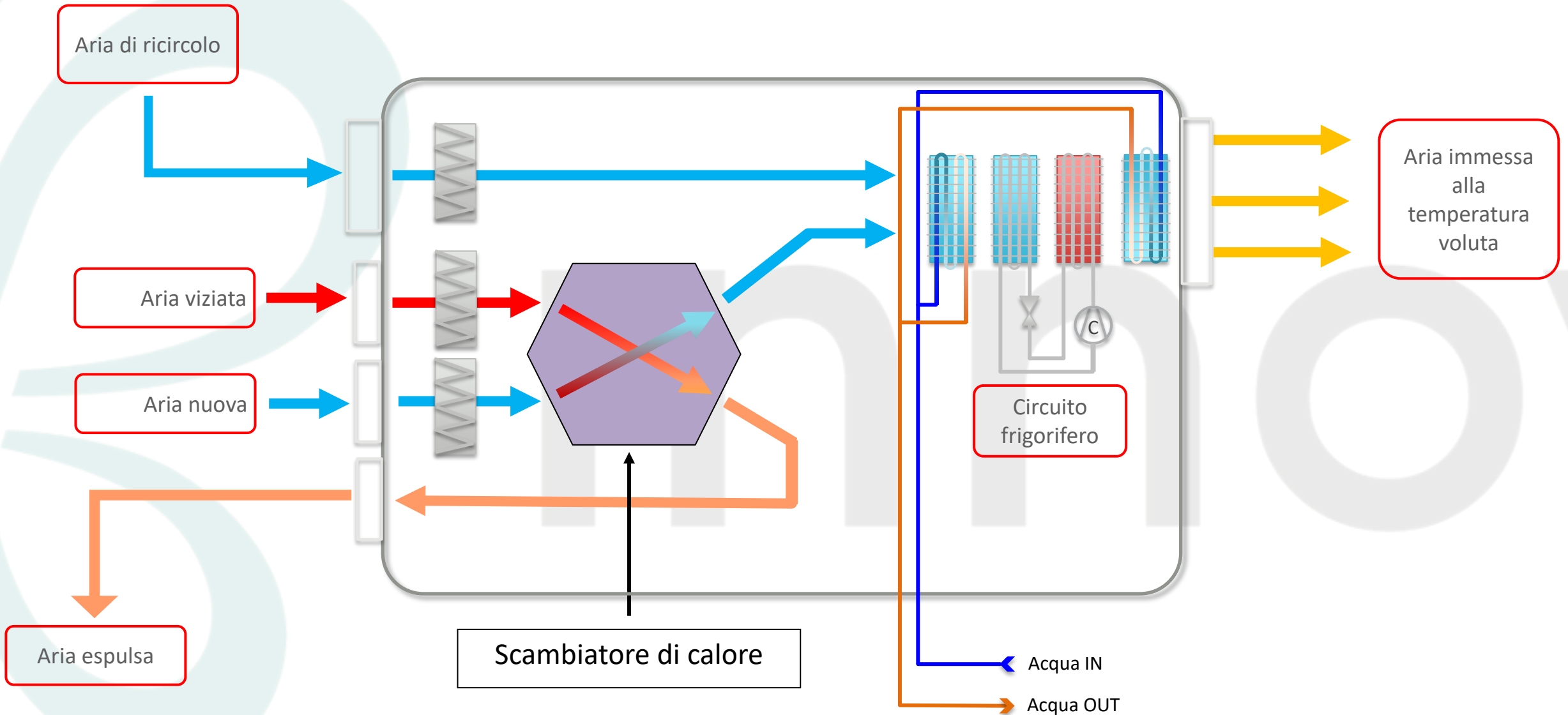
Macchine a confronto: VMC attiva idronica – mod. HRW



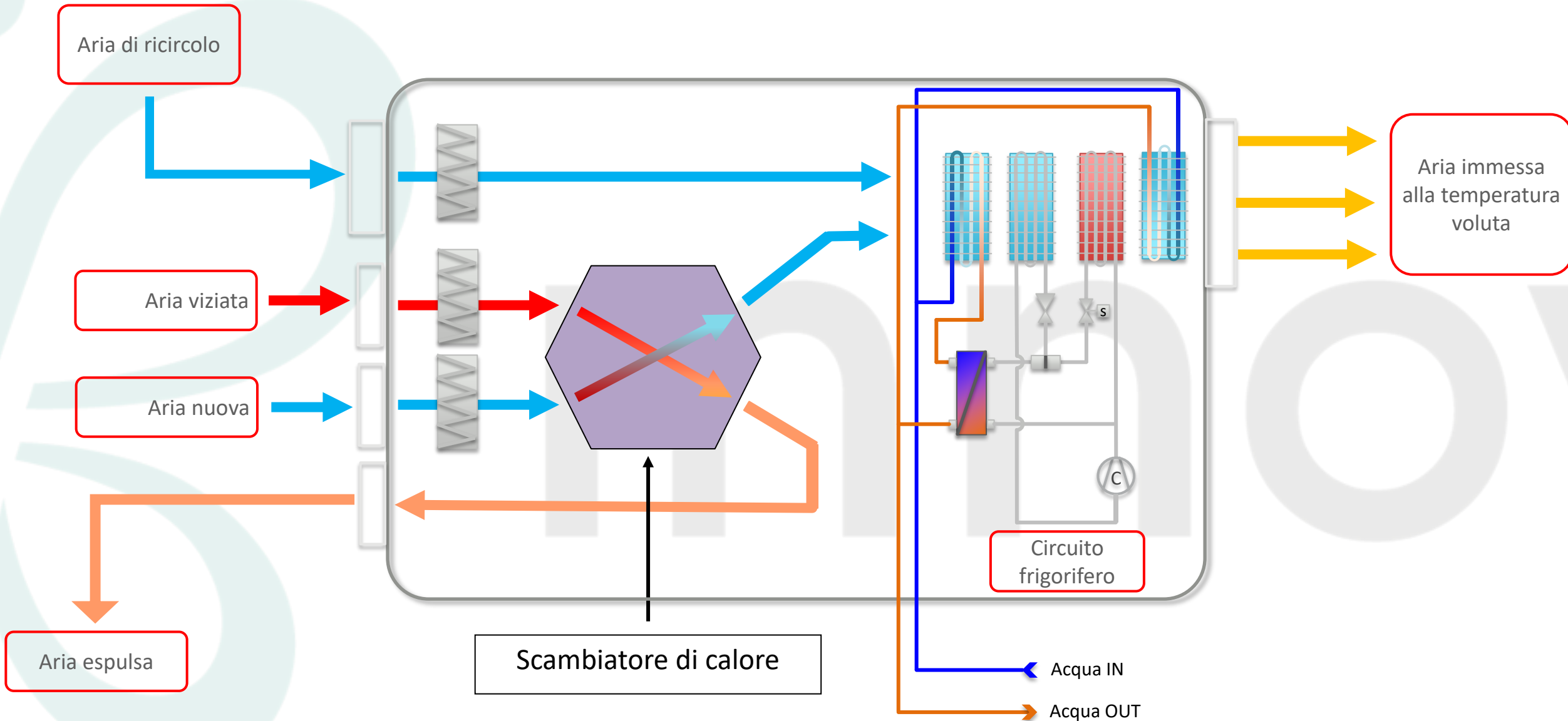
Macchine a confronto: VMC attiva ad espansione diretta – mod. HRS



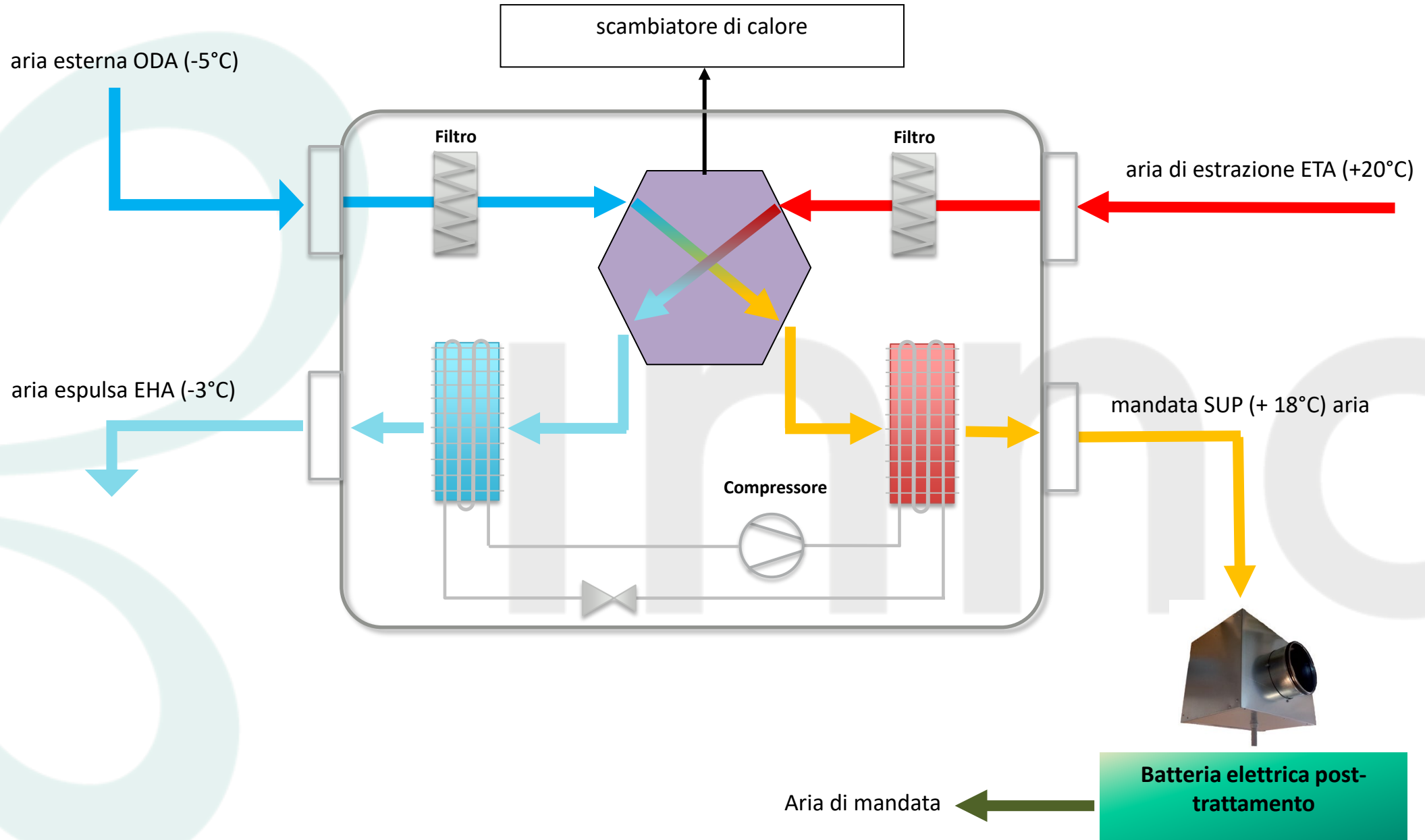
Macchine a confronto VMC attiva termodinamica con deumidificazione isoterma senza integrazione – mod. HRD D



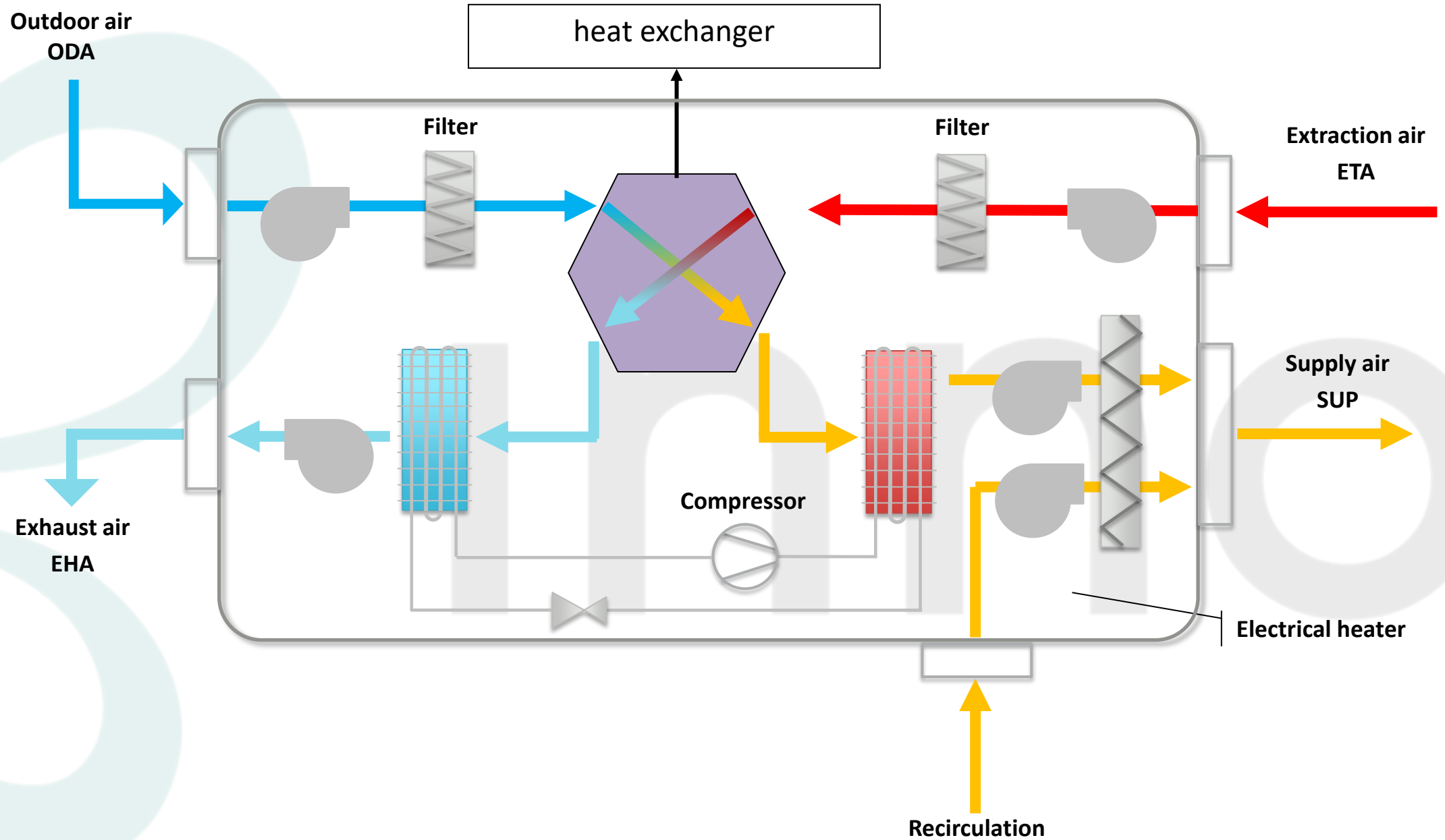
Macchine a confronto VMC attiva termodinamica con deumidificazione isotermaica con integrazione caldo/freddo – mod. HRD DC



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)





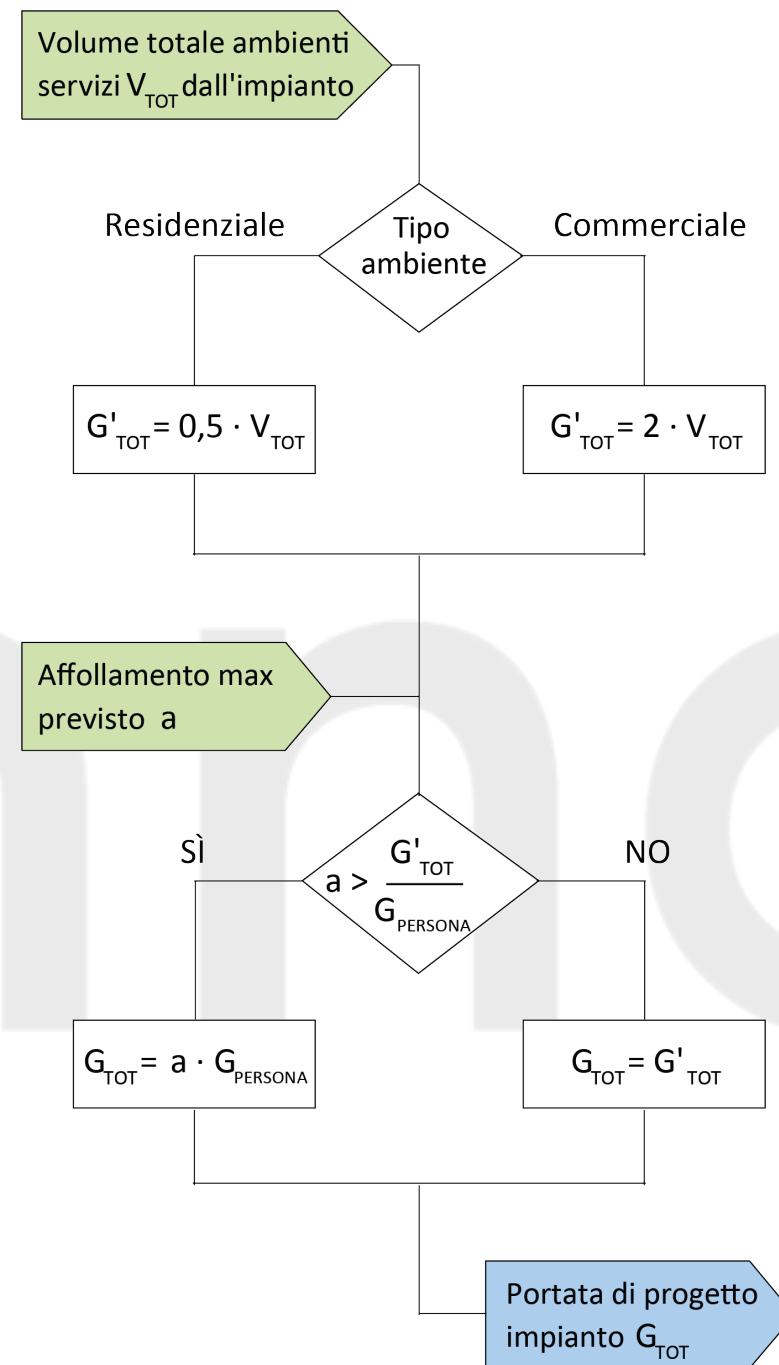
Ricambio d'aria negli ambienti

- ESEMPIO DI DIMENSIONAMENTO

Diagramma di flusso dimensionamento: come scegliere la portata di progetto in funzione del rapporto tra affollamento e volume

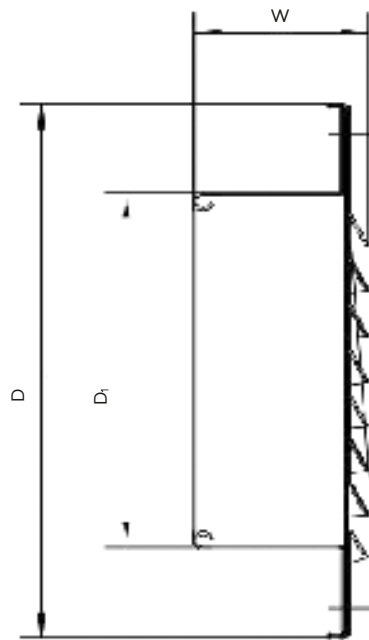
LEGENDA

- 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

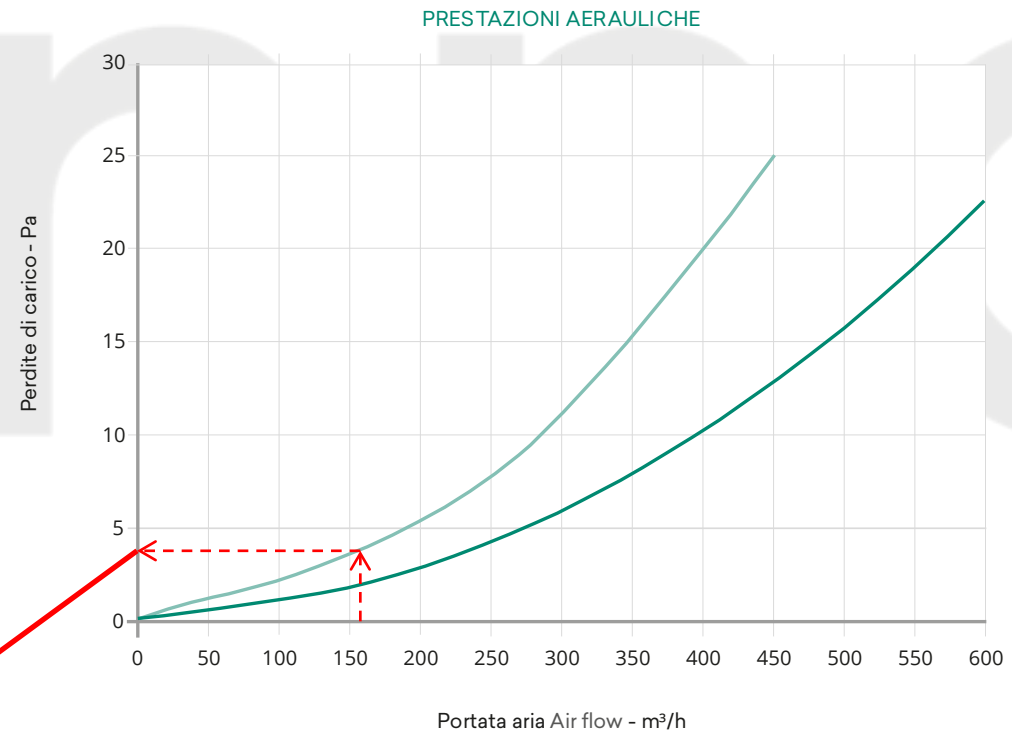


Perdita di carico griglie esterne con HRP Domo 20

Codice Code	Descrizione Description	Materiale Material	D	D1	W/W1	Peso/pz Weight	Quantità Quantity
GR0921II	Griglia esterna a parete DN 125 - max 200m³/h	acciaio	130 mm	115 mm	108 mm	0.21/C	2
GR0922II	Griglia esterna a parete DN 160 - max 400m³/h	acciaio	190 mm	155 mm	190 mm	0.26/C	2

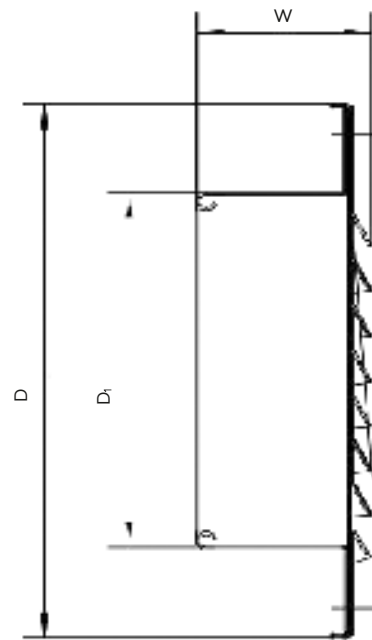


circa -4 Pa

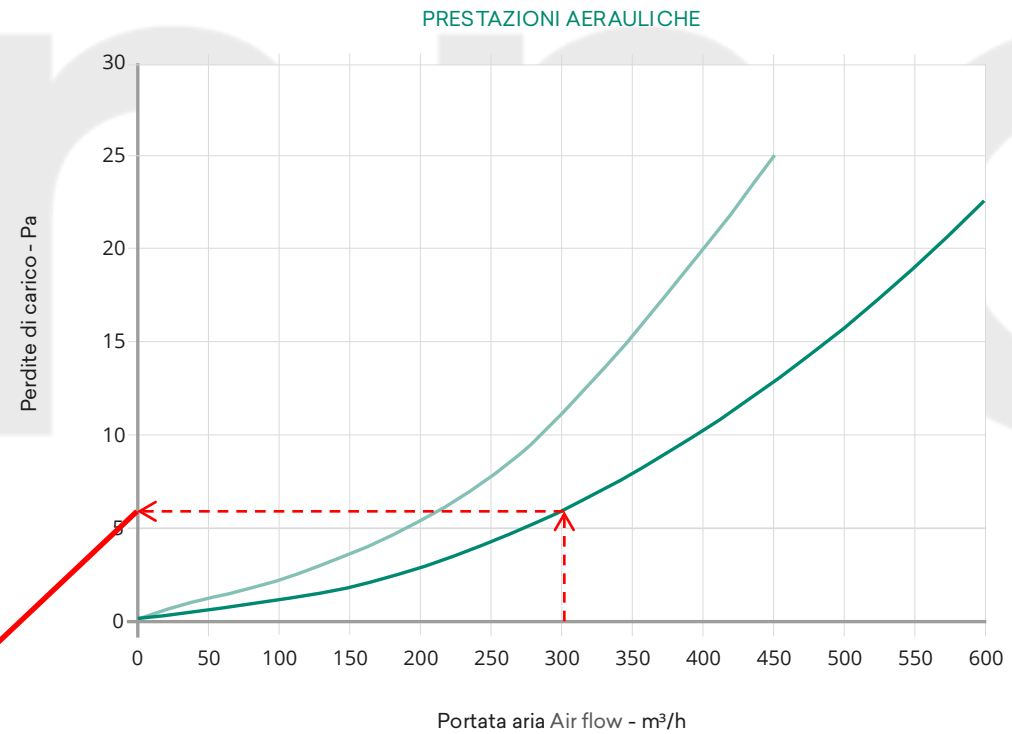


Perdita di carico griglie esterne con HRP Domo 30

Codice Code	Descrizione Description	Materiale Material	D	D1	W/W1	Peso/pz Weight	Quantità Quantity
GR0921II	Griglia esterna a parete DN 125 - max 200m³/h	acciaio	130 mm	115 mm	108 mm	0.21/C	2
GR0922II	Griglia esterna a parete DN 160 - max 400m³/h	acciaio	190 mm	155 mm	190 mm	0.26/C	2

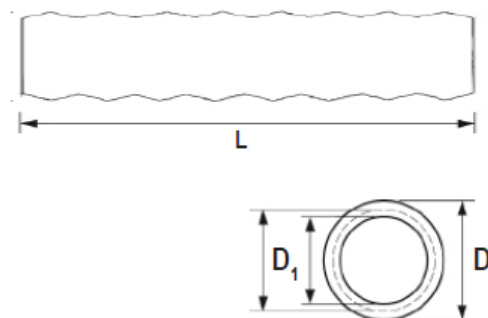


circa -6 Pa



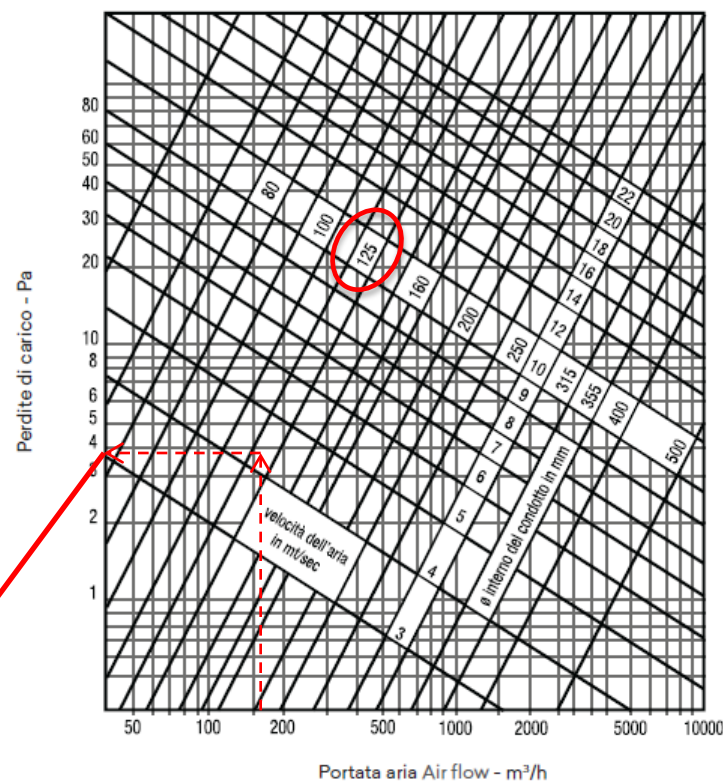
Perdita di carico tubo esterno con HRP Domo 20

Codice Code	Descrizione Description	Materiale Material	D	D1	L	Peso/pz Weight	Quantità Quantity
GR0944II	tubo flessibile isolato alufonico DN 125 - in bobine da 10m	alluminio/PL	175 mm	125 mm	10 m	3.50	10
GR0945II	tubo flessibile isolato alufonico DN 160 - in bobine da 10m	alluminio/PL	210 mm	160 mm	10 m	4.00	10
GR0946II	tubo flessibile isolato alufonico DN 200 - in bobine da 10m	alluminio/PL	250 mm	200 mm	10 m	5.00	10



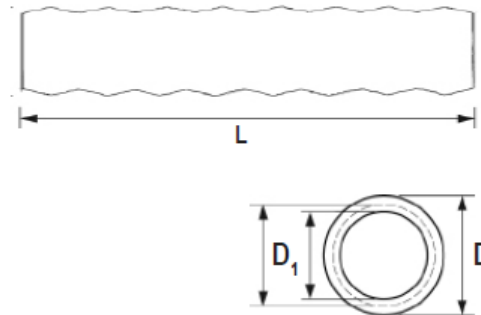
p.d.c. circa 4 Pa/m
Totale -20 Pa per 5 m di tubo

PRESTAZIONI AERAILICHE



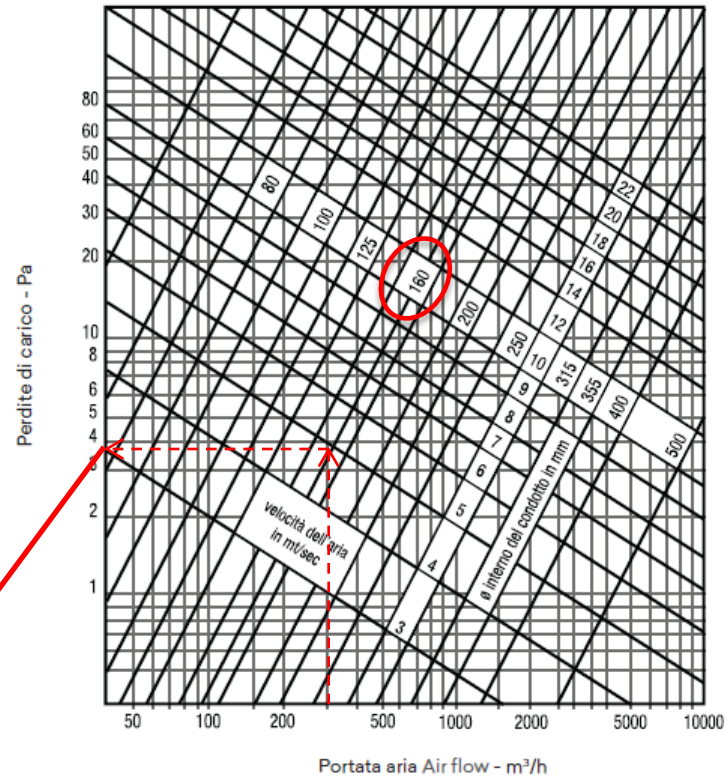
Perdita di carico tubo esterno con HRP Domo 30

Codice Code	Descrizione Description	Materiale Material	D	D1	L	Peso/pz Weight	Quantità Quantity
GR0944II	tubo flessibile isolato alufonico DN 125 - in bobine da 10m	alluminio/PL	175 mm	125 mm	10 m	3.50	10
GR0945II	tubo flessibile isolato alufonico DN 160 - in bobine da 10m	alluminio/PL	210 mm	160 mm	10 m	4.00	10
GR0946II	tubo flessibile isolato alufonico DN 200 - in bobine da 10m	alluminio/PL	250 mm	200 mm	10 m	5.00	10



p.d.c. circa 4 Pa/m
Totale -20 Pa per 5 m di tubo

PRESTAZIONI AERAILICHE





HRP DOMO

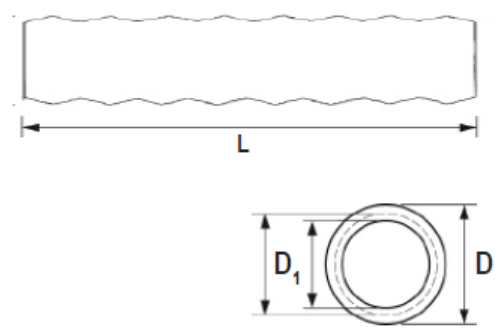
Unità di recupero calore ad alta efficienza

VENTILATORI FANS		20 H	20 V	30 H	30 V	40 H	40 V	50 H	50 V
Tipo di Ventilatori Fans type		Radiali a pala rovescia - motore elettronico direttamente accoppiato - segnale 0/10 V Reversed blade radials - directly coupled electronic motor - 0/10 V signal							
Numero Ventilatori Fans Quantity	Nr	2							
Portata aria Air flow rate	m³/h	155	158	302	306	354	375	450	475
Pressione utile Useful pressure	Pa	100	100	100	100	100	100	100	100

+100 Pa

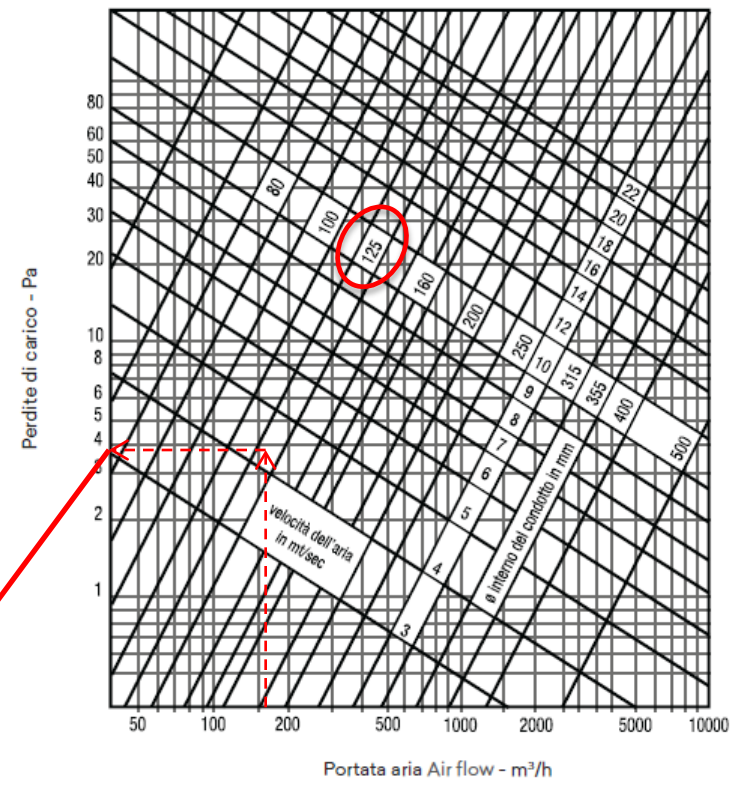
Perdita di carico tubo esterno con HRP Domo 20

Codice Code	Descrizione Description	Materiale Material	D	D1	L	Peso/pz Weight	Quantità Quantity
GR0944II	tubo flessibile isolato alufonico DN 125 - in bobine da 10m	alluminio/PL	175 mm	125 mm	10 m	3.50	10
GR0945II	tubo flessibile isolato alufonico DN 160 - in bobine da 10m	alluminio/PL	210 mm	160 mm	10 m	4.00	10
GR0946II	tubo flessibile isolato alufonico DN 200 - in bobine da 10m	alluminio/PL	250 mm	200 mm	10 m	5.00	10



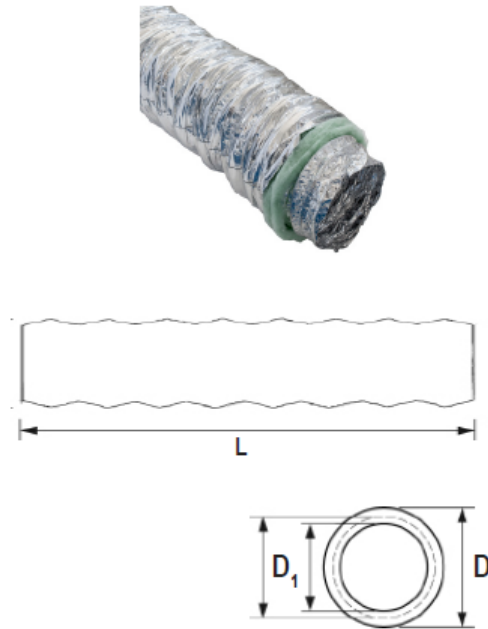
p.d.c. circa 4 Pa/m
Totale -8 Pa per 2 m di tubo

PRESTAZIONI AERAILICHE



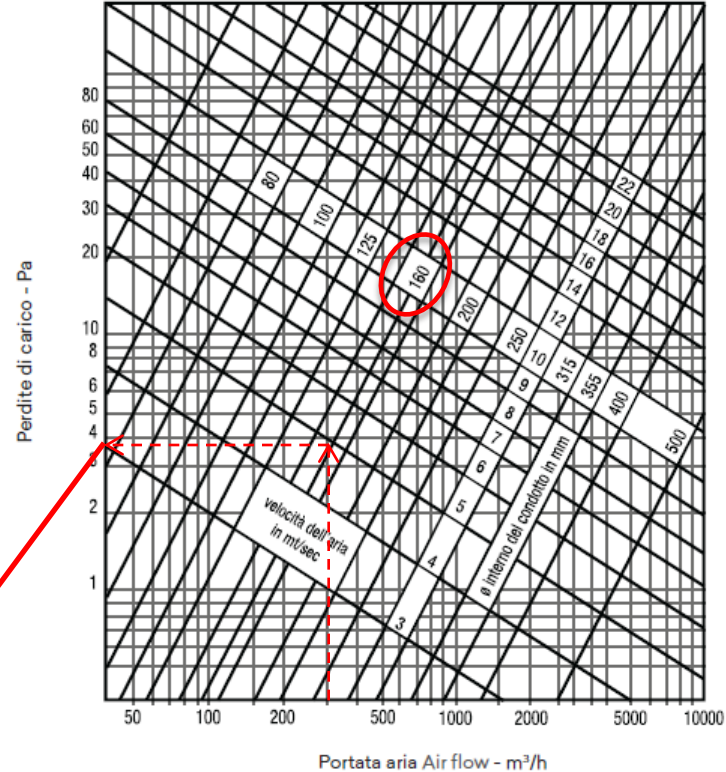
Perdita di carico tubo esterno con HRP Domo 30

Codice Code	Descrizione Description	Materiale Material	D	D1	L	Peso/pz Weight	Quantità Quantity
GR0944II	tubo flessibile isolato alufonico DN 125 - in bobine da 10m	alluminio/PL	175 mm	125 mm	10 m	3.50	10
GR0945II	tubo flessibile isolato alufonico DN 160 - in bobine da 10m	alluminio/PL	210 mm	160 mm	10 m	4.00	10
GR0946II	tubo flessibile isolato alufonico DN 200 - in bobine da 10m	alluminio/PL	250 mm	200 mm	10 m	5.00	10



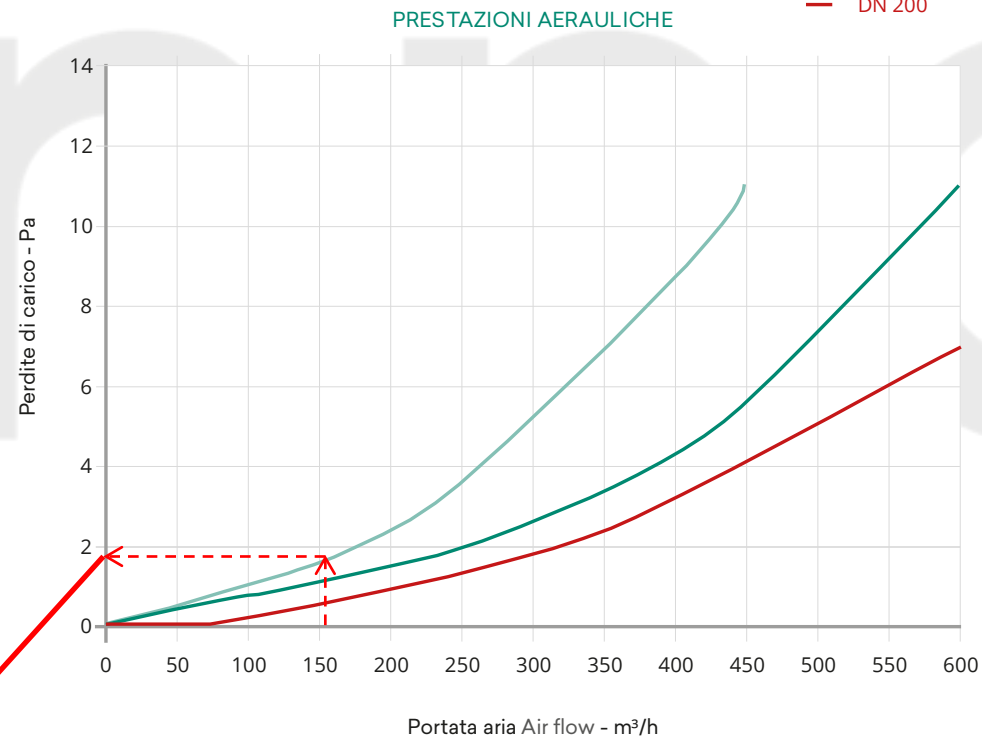
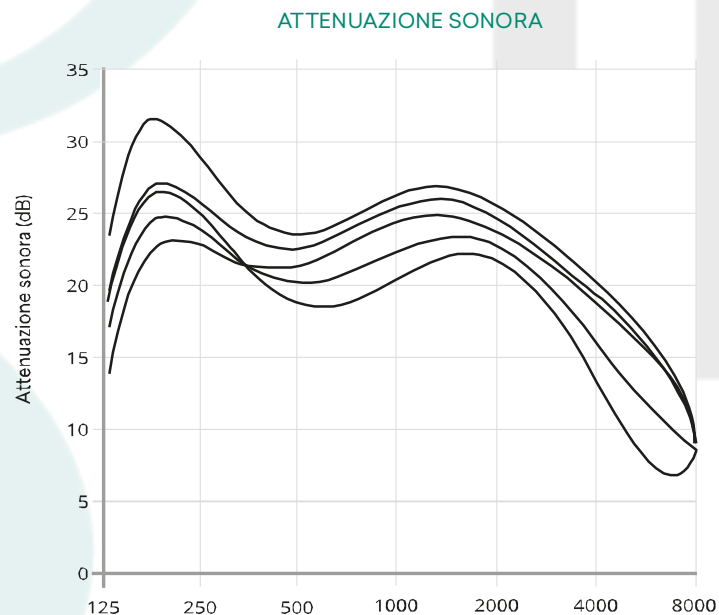
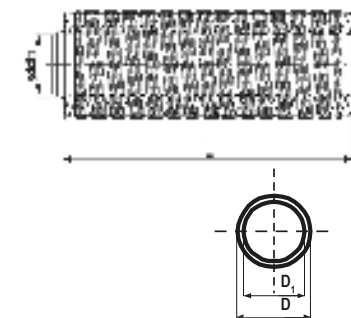
p.d.c. circa 4 Pa/m
Totale -8 Pa per 2 m di tubo

PRESTAZIONI AERAILICHE



Perdita di carico silenziatore con HRP Domo 20

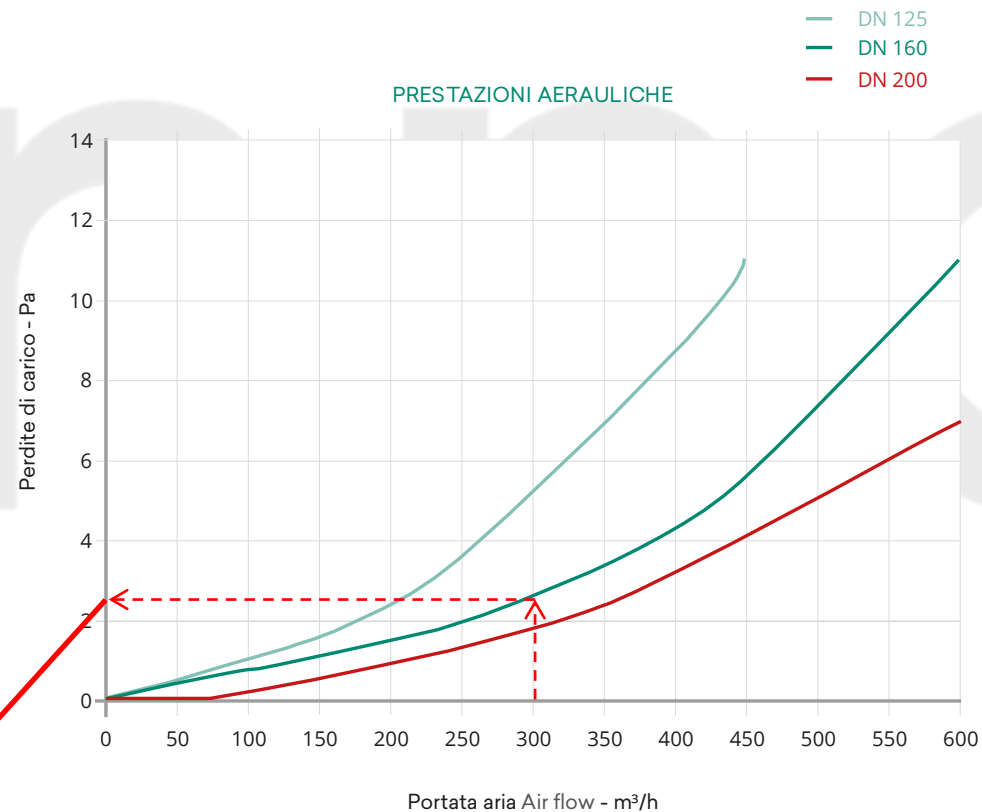
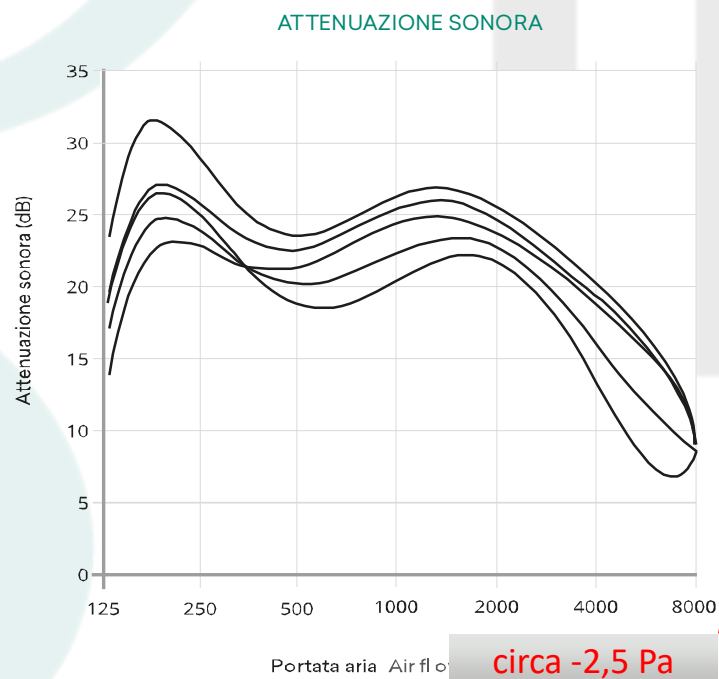
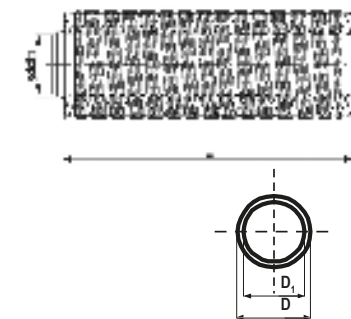
Codice Code	Descrizione Description	Materiale Material	D	D1	L	Peso Weight	Quantità Quantity
GR0964II	Silenziatore flessibile M/M DN 125mm	alluminio	175 mm	125 mm	1 m	1.77/E	1
GR0965II	Silenziatore flessibile M/M DN 160 mm	alluminio	210 mm	160 mm	1 m	1.87/E	1
GR0966II	Silenziatore flessibile M/M DN 200 mm	alluminio	250 mm	200 mm	1 m	2.23/E	1



circa -2 Pa

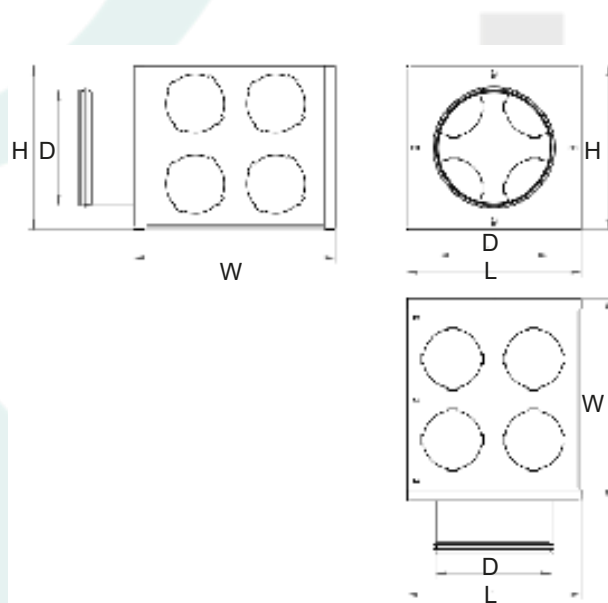
Perdita di carico silenziatore con HRP Domo 30

Codice Code	Descrizione Description	Materiale Material	D	D1	L	Peso Weight	Quantità Quantity
GR0964II	Silenziatore flessibile M/M DN 125mm	alluminio	175 mm	125 mm	1 m	1.77/E	1
GR0965II	Silenziatore flessibile M/M DN 160 mm	alluminio	210 mm	160 mm	1 m	1.87/E	1
GR0966II	Silenziatore flessibile M/M DN 200 mm	alluminio	250 mm	200 mm	1 m	2.23/E	1



Perdita di carico Collettore 4 uscite (HRP Domo 20)

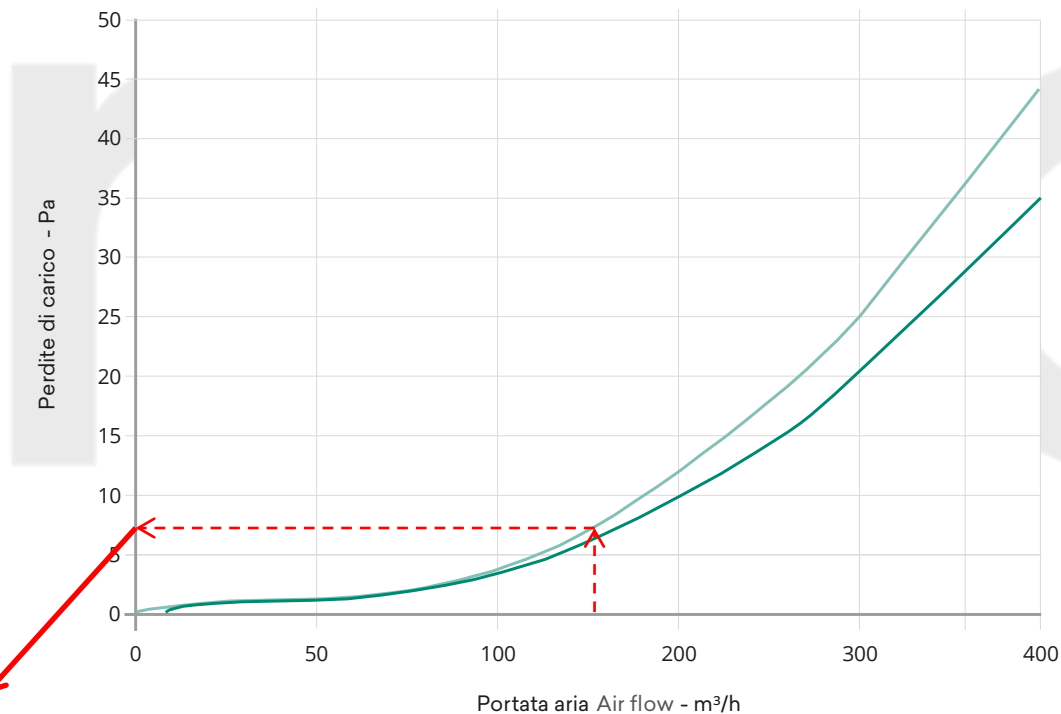
Codice Code	Descrizione Description	DN	Materiale Material	H	L	W	Peso/pz Weight	Quantità Quantity
GR0967II	Collettore universale 4x DN 75/90 mm	125	acciaio/PS	220 mm	235 mm	275 m	/D	1



circa -7 Pa

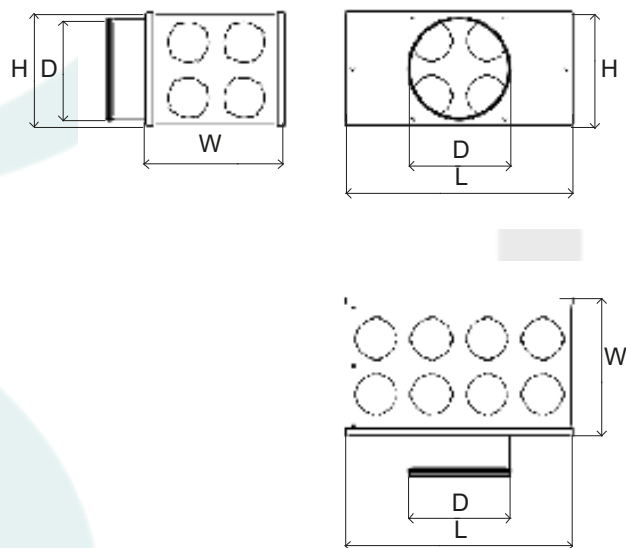
PRESTAZIONI AEREAULICHE

— ad angolo
— diritto



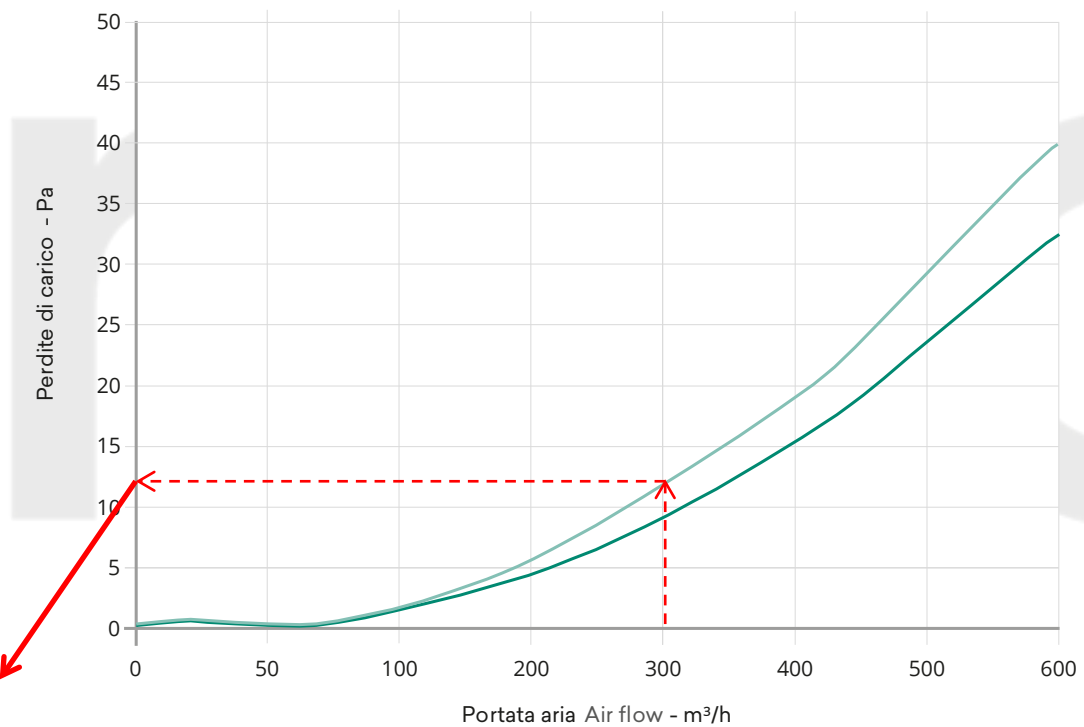
Perdita di carico Collettore 8 uscite (HRP Domo 30)

Codice Code	Descrizione Description	DN	Materiale Material	H	L	W	Peso/pz Weight	Quantità Quantity
GR0968II	Collettore universale 8x-4x-4x-8x DN 75/90 mm	160	acciaio/PS	220 mm	445 mm	275 mm	/E	1



circa -12 Pa

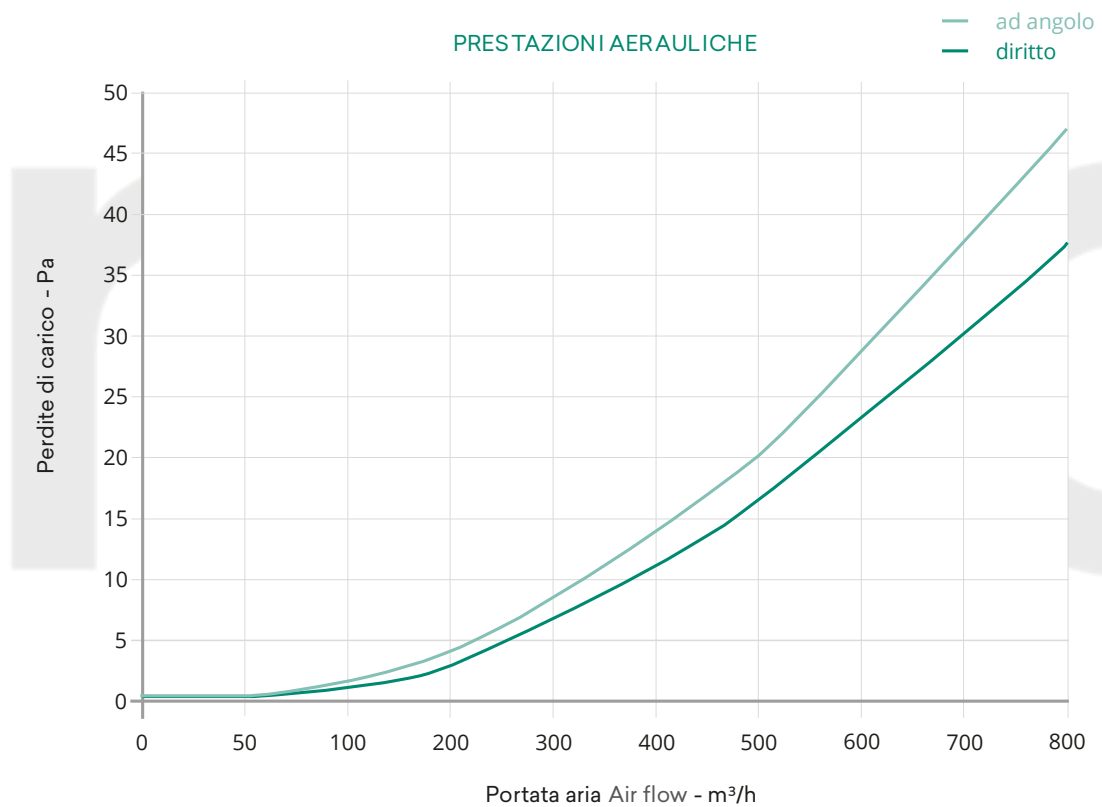
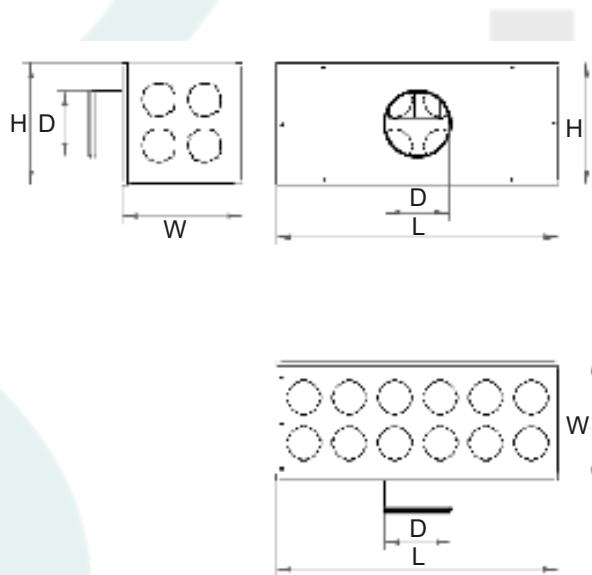
PRESTAZIONI AERULICHE



— ad angolo
— diritto

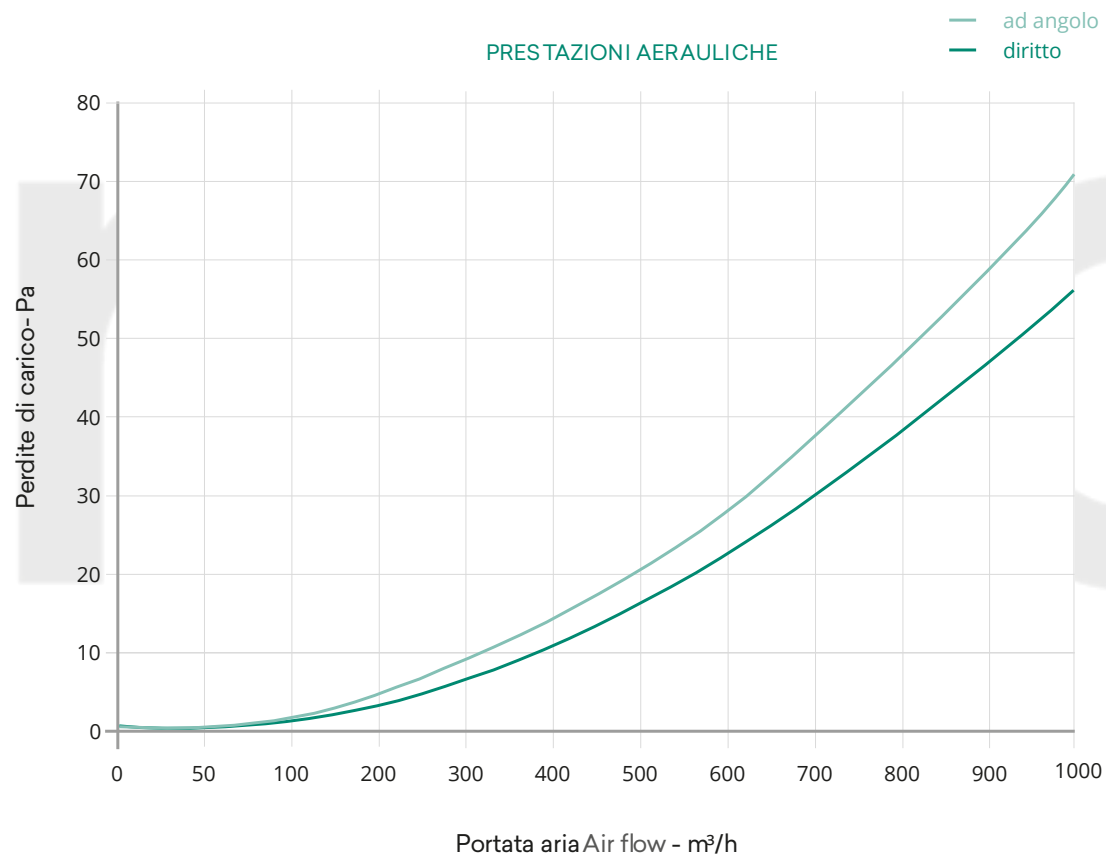
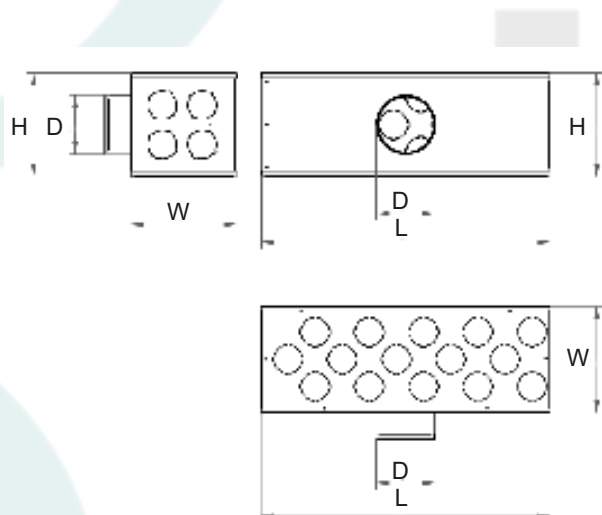
Perdita di carico Collettore 12 uscite (HRP Domo 40)

Codice Code	Descrizione Description	DN	Materiale Material	H	L	W	Peso/pz Weight	Quantità Quantity
GR0969II	Collettore universale 12x-4x-4x-12x DN 75/90 mm	160	acciaio/PS	290 mm	675 mm	290 mm	/F	1



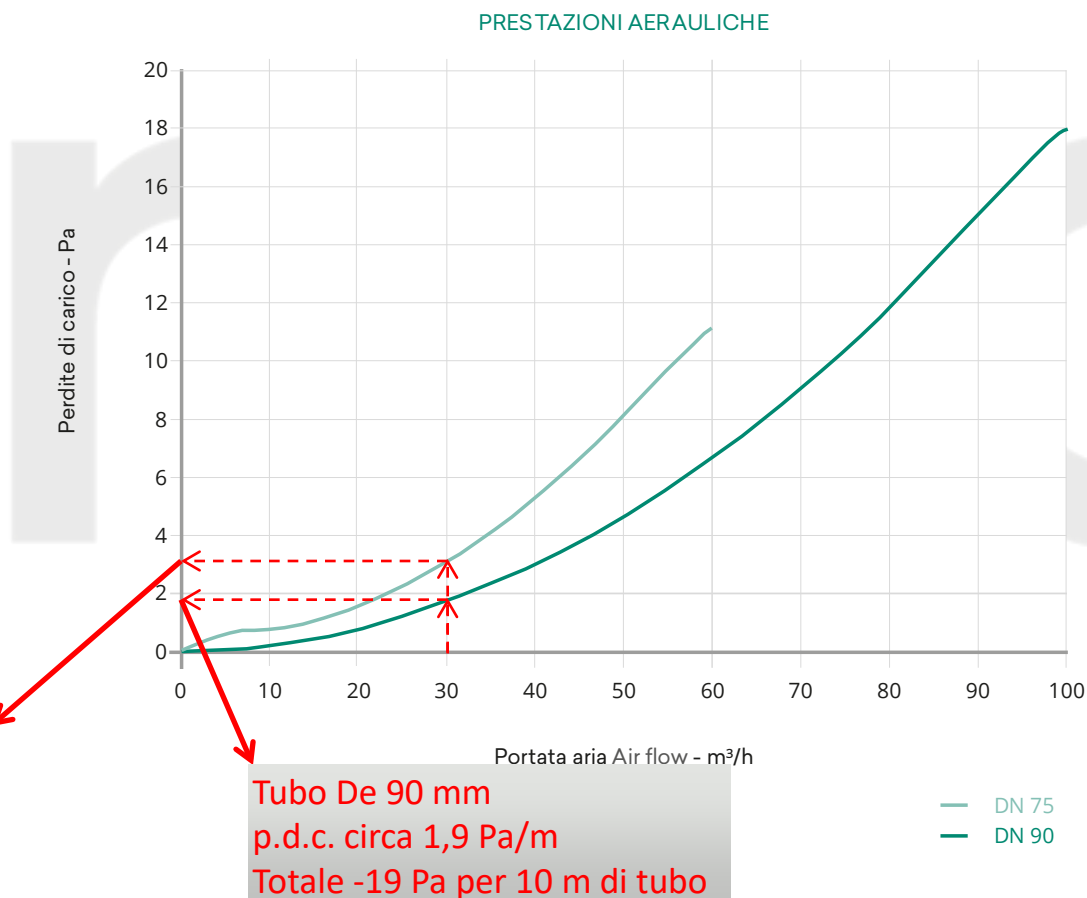
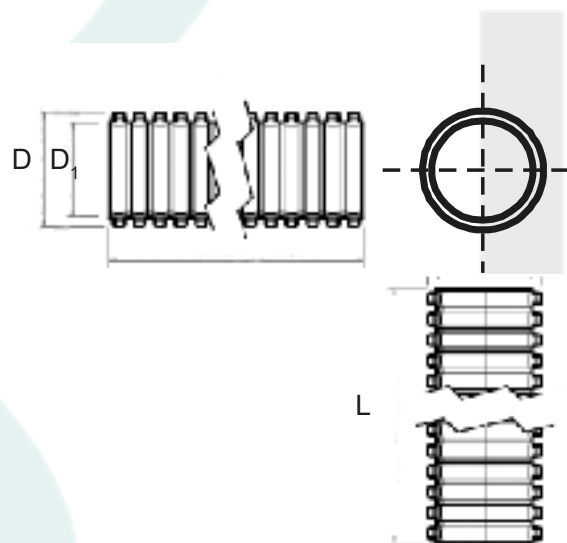
Perdita di carico Collettore 16 uscite (HRP Domo 50)

Codice Code	Descrizione Description	DN	Materiale Material	H	L	W	Peso/pz Weight	Quantità Quantity
GR0970II	Collettore universale 16x-4x-4x-16x DN 75/90 mm	250	acciaio/PS	290 mm	795 mm	290 m	/G	1



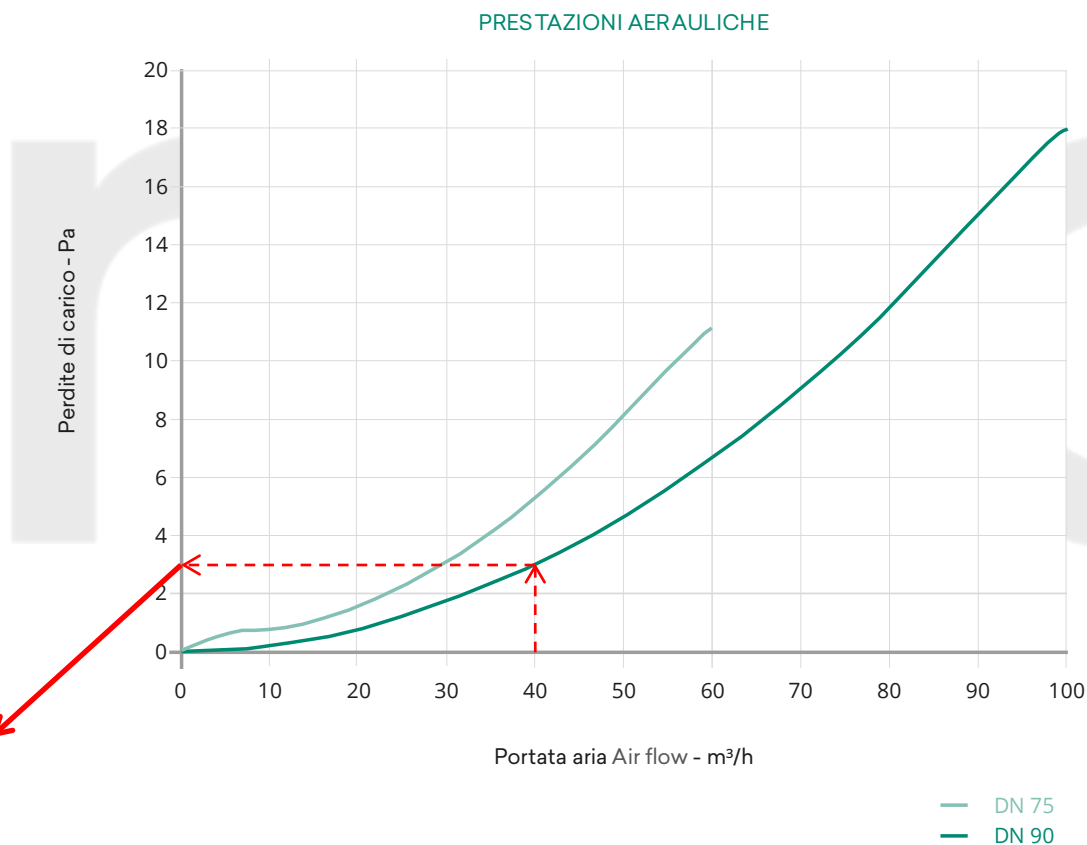
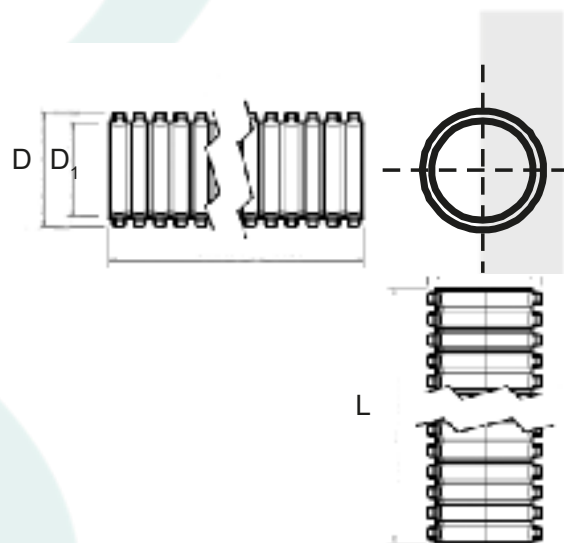
Perdita di carico tubo corrugato alla bocchetta con 30 m³/h

Codice Code	Descrizione Description	Materiale Material	D	D1	L	Peso/pz Weight	Quantità Quantity
GR0975II	Tubo corrugato antistatico e antibatterico - DN 75 mm	PEHD	76 mm	63 mm	50 m	15.30/P	50/150
GR0976II	Tubo corrugato antistatico e antibatterico - DN 90 mm	PEHD	91 mm	78 mm	50 m	20.30/P	50/150



Perdita di carico tubo corrugato alla bocchetta con 40 m³/h

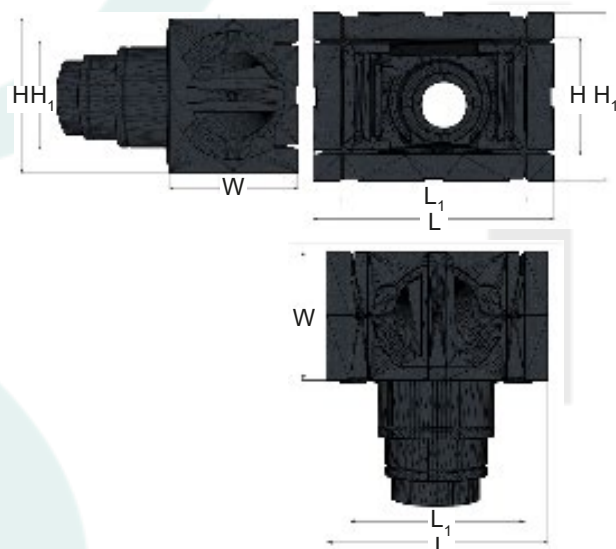
Codice Code	Descrizione Description	Materiale Material	D	D1	L	Peso/pz Weight	Quantità Quantity
GR0975II	Tubo corrugato antistatico e antibatterico - DN 75 mm	PEHD	76 mm	63 mm	50 m	15.30/P	50/150
GR0976II	Tubo corrugato antistatico e antibatterico - DN 90 mm	PEHD	91 mm	78 mm	50 m	20.30/P	50/150



Tubo De 90 mm
p.d.c. circa 3 Pa/m
Totale -30 Pa per 10 m di tubo

Perdita di carico bocchetta con 30 m³/h

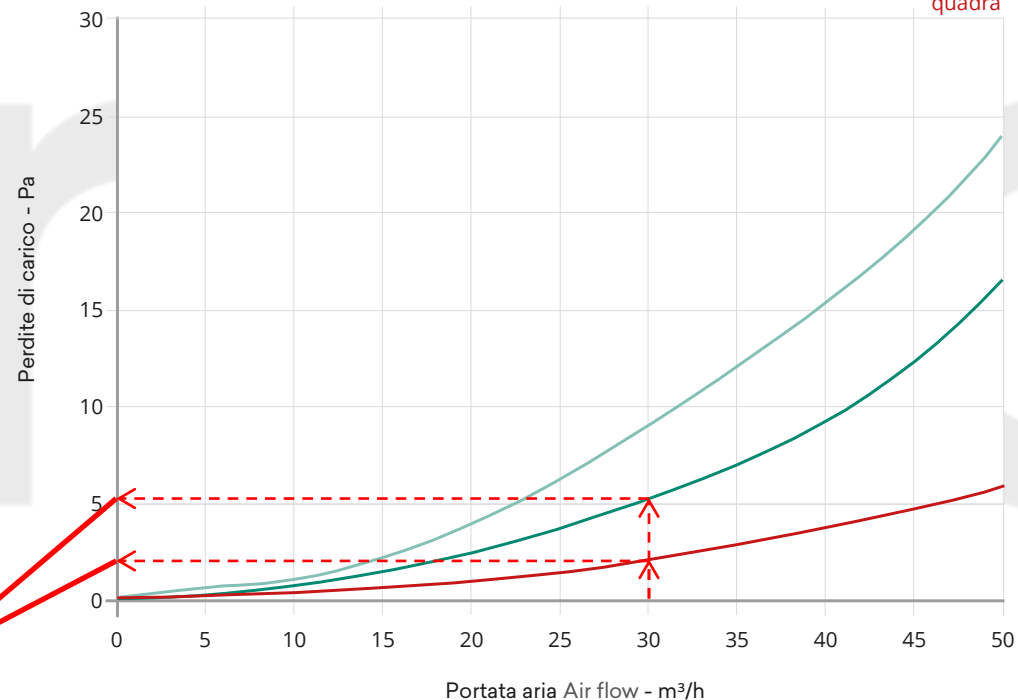
Codice Code	Descrizione Description	Materiale Material	H/H1	L/L1	W	Peso/pz Weight	Quantità Quantity
GR0991II	Plenum bocchetta con attacco univ. 1+1+1+1 - DN 63/75/90 mm	EPP	120/80 mm	172/128 mm	100 mm	0.18/B	1



circa -5,5 Pa forellinata
circa -2 Pa a maglia quadra

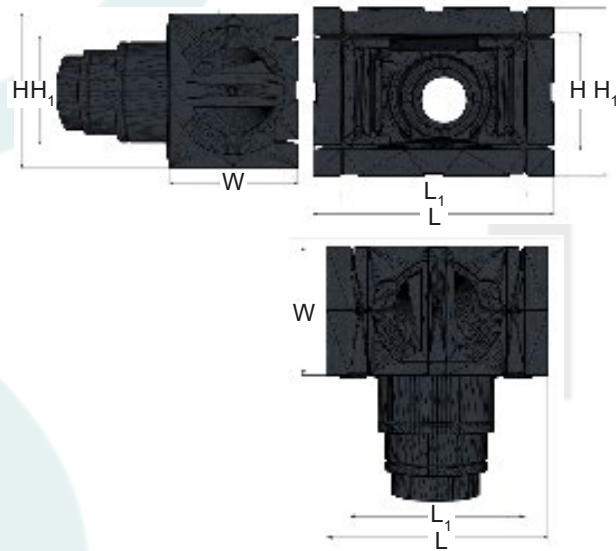
PRESTAZIONI AEREAUCHE

- ad asole
- a fori
- a maglia quadra



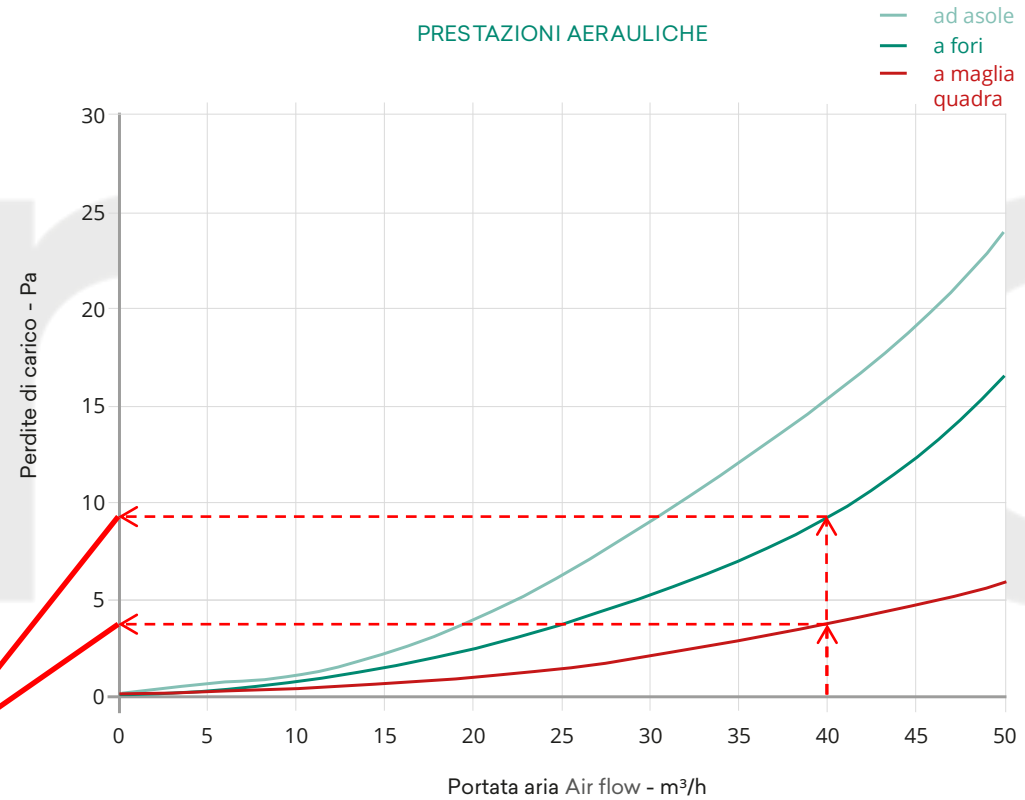
Perdita di carico bocchetta con 40 m³/h

Codice Code	Descrizione Description	Materiale Material	H/H1	L/L1	W	Peso/pz Weight	Quantità Quantity
GR0991II	Plenum bocchetta con attacco univ. 1+1+1 - DN 63/75/90 mm	EPP	120/80 mm	172/128 mm	100 mm	0.18/B	1

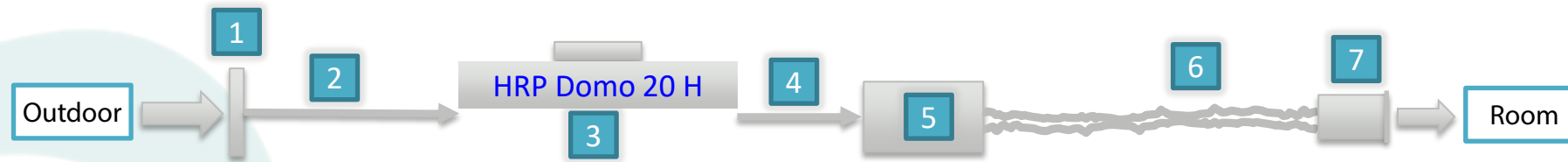


circa -9 Pa forellinata
circa -3,5 Pa a maglia quadra

PRESTAZIONI AEREAUCICHE

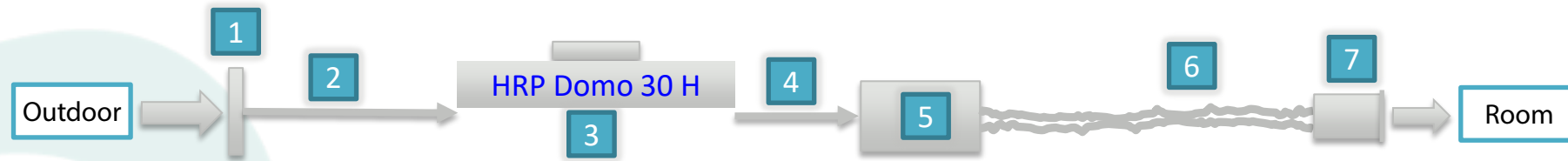


Bilancio pressione utile/perdite di carico con HRP Domo 20



Componente		Pressione [Pa]
1	Griglia esterna	-4
2	Tubo flessibile verso l'esterno (5 m con 4 Pa/m, tubo diam. 125 mm)	-20
3	Unità VMC HRP Domo 20 H	+100
4	Tubo flessibile verso collettore (2 m con 4 Pa/m)	-8
5	Collettore 4 attacchi	-7
6	Tubo corrugato verso la bocchetta (10 m con 3,2 Pa/m)	-32
7	Bocchetta con griglia forellinata (rispettando n. di uscite)	-5,5
Totale		+23,5

Bilancio pressione utile/perdite di carico con HRP Domo 30



Componente		Pressione [Pa]
1	Griglia esterna	-6
2	Tubo flessibile verso l'esterno (5 m con 4 Pa/m, tubo diam. 160 mm)	-20
3	Unità VMC HRP Domo 30 H	+100
4	Tubo flessibile verso collettore (2 m con 4 Pa/m)	-8
5	Collettore 8 attacchi	-12
6	Tubo corrugato verso la bocchetta (10 m con 3 Pa/m)	-30
7	Bocchetta con griglia forellinata (rispettando n. di uscite)	-9
Totale		+13

1. quando la distanza da collettore a bocchetta supera 10 m, è opportuno valutare l'aumento di diametro del tubo (si guadagnano 10 m)
2. posizionare i collettori in punto baricentrico, così da rendere omogenee le lunghezze dei tubi alle bocchette
3. prevedere griglie a maglia quadra con bocchette di portata $45 \text{ m}^3/\text{h}$
4. dividere l'impianto in due macchine quando non si rispettano le distanze massime consentite dal tubo

Grazie per l'attenzione