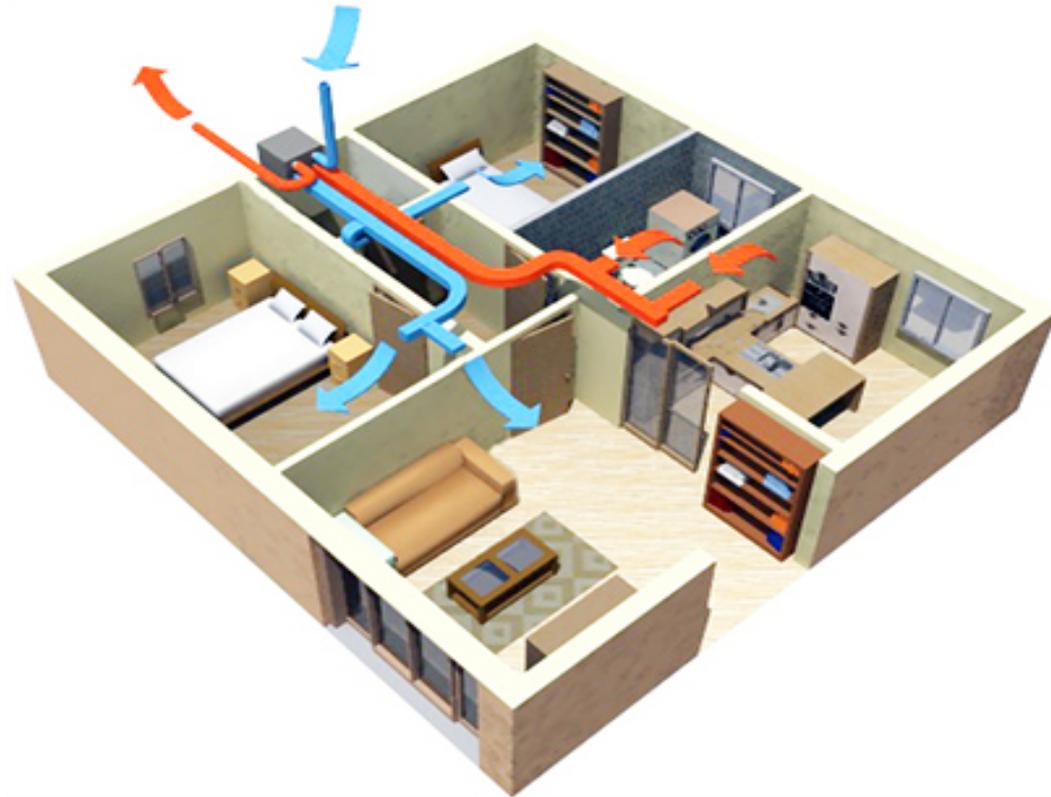


La ventilazione meccanica controllata



**DIRETTIVA 2002/91/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO
del 16 dicembre 2002
sul rendimento energetico nell'edilizia**

Articolo 2

Definizioni

Ai fini della presente direttiva valgono le seguenti definizioni:

- 1) «edificio»: una costruzione provvista di tetto e di muri, per la quale l'energia è utilizzata per il condizionamento del clima degli ambienti interni; il termine può riferirsi a un intero edificio ovvero a parti di edificio progettate o ristrutturate per essere utilizzate come unità abitative a sé stanti;
- 2) «rendimento energetico di un edificio»: la quantità di energia effettivamente consumata o che si prevede possa essere necessaria per soddisfare i vari bisogni connessi ad un uso standard dell'edificio, compresi, tra gli altri, il riscaldamento, il riscaldamento dell'acqua, il raffreddamento, la ventilazione e l'illuminazione. Tale quantità viene espressa da uno o più descrittori calcolati tenendo conto della coibentazione, delle caratteristiche tecniche e di installazione, della progettazione e della posizione in relazione agli aspetti climatici, dell'esposizione al sole e dell'influenza delle strutture adiacenti, dell'e-

Articolo 4

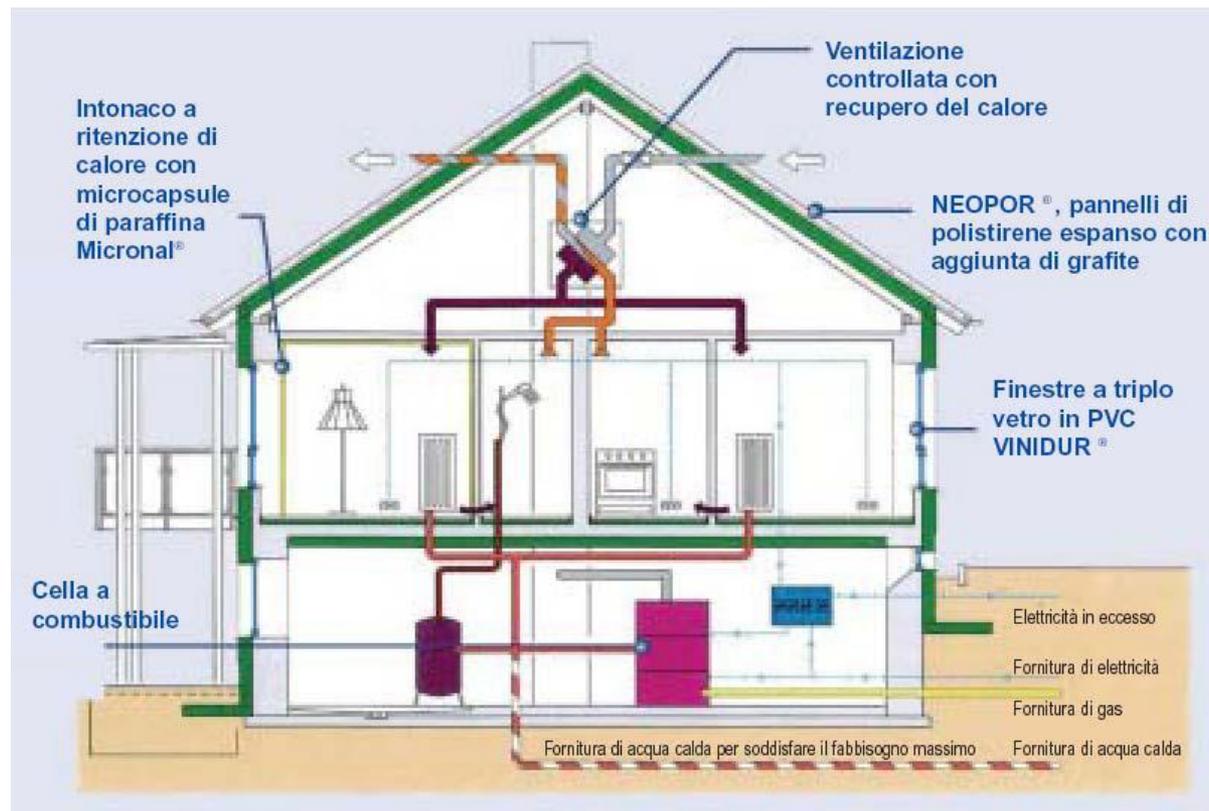
Fissazione di requisiti di rendimento energetico

1. Gli Stati membri adottano le misure necessarie per garantire che siano istituiti requisiti minimi di rendimento energetico per gli edifici, calcolati in base alla metodologia di cui all'articolo 3. Nel fissare tali requisiti, gli Stati membri possono distinguere tra gli edifici già esistenti e quelli di nuova costruzione, nonché diverse categorie di edifici. Tali requisiti devono tener conto delle condizioni generali del clima degli ambienti interni allo scopo di evitare eventuali effetti negativi quali una ventilazione inadeguata, nonché delle condizioni locali, dell'uso cui l'edificio è destinato e della sua età. I requisiti sono riveduti a scadenze regolari che non dovrebbero superare i cinque anni e, se necessario, aggiornati in funzione dei progressi tecnici nel settore dell'edilizia.

La certificazione energetica degli edifici

Gli elementi essenziali di una casa ad ultra-basso consumo energetico sono:

- un rivestimento della casa spesso ed ottimamente coibentato,
- un'aerazione controllata dei locali con recupero di calore.



Inquinamento indoor: situazioni di rischio per la salute umana

1 – S.O. 252 alla G.U. 276 del 27 novembre 2001, “Accordo tra il Ministero della salute, le Regioni e le province autonome sul documento concernente: **“Linee-guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati”**”

2 - <http://www.ministerosalute.it/>

Piano sanitario nazionale

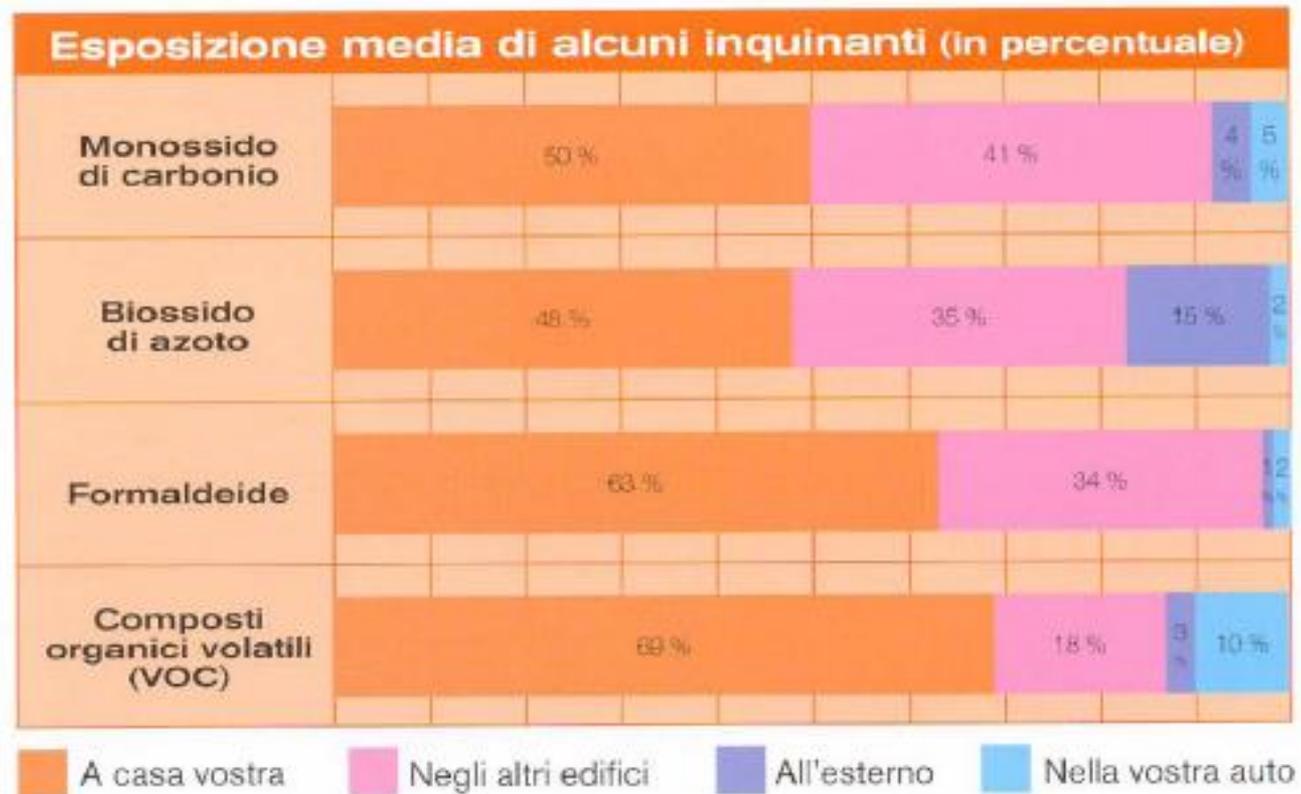


<i>Inquinante</i>	<i>Malattia</i>	<i>Impatto sanitario</i>	<i>Costi diretti</i>
<i>Allergeni (acari, muffe, forfore animali)</i>	<i>Asma bronchiale (bambini/adolescenti)</i>	<i>>160.000 casi prevalenti /anno</i>	<i>>160 miliardi</i>
<i>Radon</i>	<i>Tumore del polmone</i>	<i>1.500- 6.000 decessi /anno</i>	<i>52-210 miliardi</i>
<i>Fumo di tabacco ambientale</i>	<i>Asma bronchiale (bambini/adolescenti)</i>	<i>>30.000 casi prevalenti/anno</i>	<i>>30 miliardi</i>
	<i>Infezioni acute delle vie aeree sup. ed inf.</i>	<i>>50.000 nuovi casi/anno</i>	<i>non valutabile</i>
	<i>Tumore del polmone</i>	<i>>500 decessi /anno</i>	<i>>18 miliardi</i>
	<i>Infarto del miocardio</i>	<i>>900 decessi/anno</i>	<i>>15 miliardi</i>
<i>Benzene</i>	<i>Leucemia</i>	<i>36-190 casi/anno</i>	<i>1-7 miliardi</i>
<i>Monossido di carbonio (CO)</i>	<i>Intossicazione acuta da CO</i>	<i>>200 decessi/anno</i>	<i>1 miliardo</i>

Principali inquinanti indoor

Ventilare? Perché?

Maggiore inquinamento interno che esterno.



Principali inquinanti indoor

- A – VOC (composti organici volatili): benzene, toluene, formaldeide, composti ossigenati
- B – Gas prodotti dalla combustione
- C – Particolato aerodisperso
- D – Batteri, muffe ed altri organismi
- E – Derivati organici di animali e dell'uomo
- F – Amianto e fibre minerali
- G – Radon
- H – Fumo di Sigaretta t

▶ Gli inquinanti percepibili



Odori di cucina e corporali.



Vapori d'acqua contenuti nell'aria o per uso domestico (doccia, cucina, ecc.).



Fumi di tabacco e di cottura.

▶ Gli inquinanti nascosti



Allergie
Insetti, animali, polline.



Radon
Il radon (gas radioattivo) è presente in natura ed è contenuto nel terreno.



Composti organici volatili (VOC)
presenti nei prodotti per la pulizia domestica e nei materiali di costruzione.

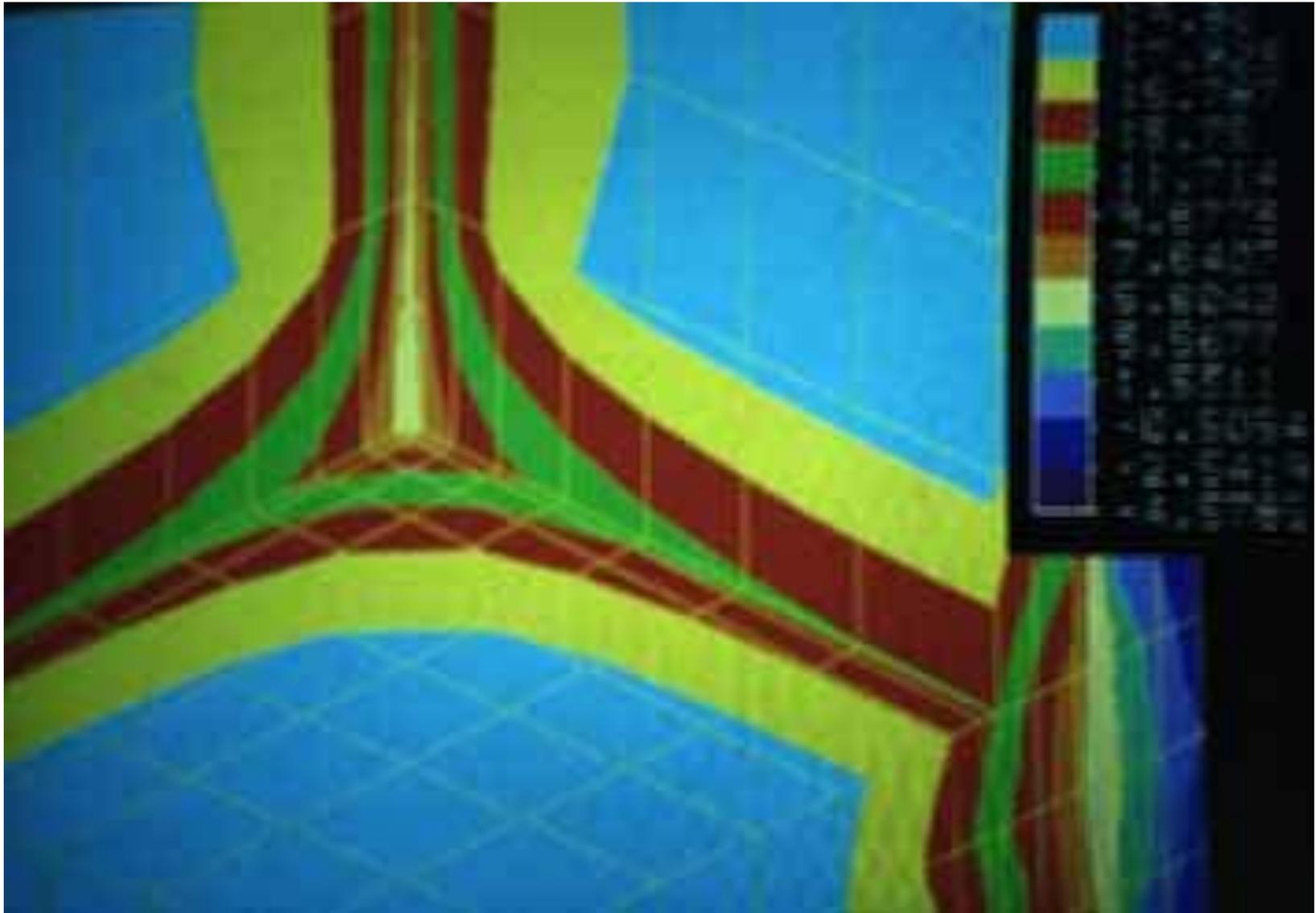


Monossido di carbonio
Il CO si crea per effetto dell'errata combustione nei sistemi di riscaldamento.

Inquinamento indoor: effetti della condensazione interstiziale



Inquinamento indoor: termografia del ponte termico



PERCHE' OCCORRE VENTILARE?

- 1 – diluizione e rimozione degli inquinanti indoor
- 2 – diluizione di inquinanti specifici (odori provenienti da servizi igienici – vapori di cottura)
- 3 – garantire l'aria per l'attività metabolica degli occupanti
- 4 – garantire il controllo dell'umidità interna ed evitare la formazione di condense e successivamente muffe
- 5 – fornire il giusto apporto di aria comburente in presenza di apparecchiature a gas per uso domestico

Il controllo dell'inquinamento indoor

- **Controllo della sorgente:**
 - evitare, rimuovere o ridurre i materiali tossici;
 - sigillare la sorgente;
 - isolare la sorgente con opportuna progettazione;
 - selezionare materiali durevoli;
 - programmare le attività che producono inquinanti;
 - modificare l'ambiente (e.g. controllare l'umidità).
- **Controllo della ventilazione:**
 - diluire i contaminanti con aria esterna;
 - aumentare le portate di aria esterna;
 - migliorare la distribuzione dell'aria;
 - finestre apribili;
- **Controllo della concentrazione dell'aria:**
 - filtrazione del particolato
 - precipitazione elettrostatica;
 - adsorbimento di gas;
- **Controllo dell'esposizione:**
 - programmare i turni degli addetti,
 - rilocalizzare gli individui sensibili

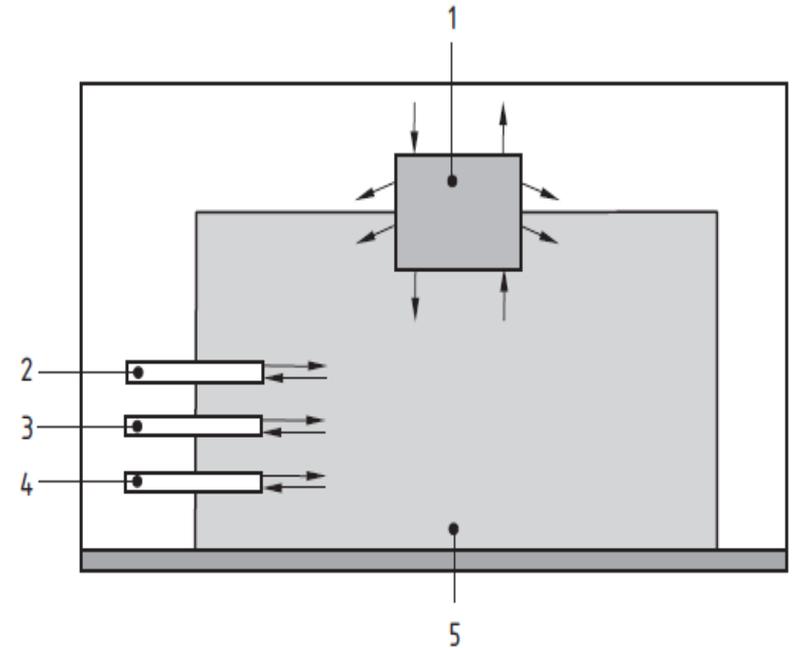
IL CONTROLLO DELL'INQUINAMENTO INDOOR

Metodologie risolutive

- Le metodologie di approccio alla soluzione del problema del controllo della qualità dell'aria sono essenzialmente tre:
 - **Approccio prescrittivo:** si prescrivono le portate d'aria minima o massima per persona (oppure per m² di superficie) in base alla categoria e alla destinazione d'uso dell'edificio (es. UNI-CTI 10339).
 - **Approccio prestazionale:** si fissano i limiti di concentrazione degli inquinanti e pertanto le portate di aria esterna debbono garantire tali limiti. Questa metodologia richiede la conoscenza degli inquinanti e delle sorgenti.
 - **Approccio olfattivo:** si limitano le concentrazioni di inquinanti in modo da ridurre la percezione olfattiva degli stessi. Questo metodo, basato su studi effettuati inizialmente da O. Fanger, è indicato nella norma CEN prENV 1752 ed è in discussione in Italia. L'applicazione del metodo richiede la stima del carico inquinante sensoriale totale (dovuto alle persone, ai materiali dell'edificio e degli impianti di climatizzazione) e la determinazione della portata d'aria sufficiente a contenere la percentuale di persone insoddisfatte dalla percezione dell'aria al di sotto di una certa soglia.

Flussi d'aria in un involucro edilizio

- Ventilazione (naturale o meccanica)
- Infiltrazioni (perdite)
- Areazione (apertura finestre)



Key

1 ventilation system

2 window opening

3 opening

4 leakage

5 internal reference pressure

UNI EN 12792:2005- Definizione di ventilazione

Definizione di ventilazione:



“Designed supply and removal of air to and from a treated space”



DESIGN = PROGETTO

UNI EN 12792:2005- Definizione di aerazione

Definizione di aerazione:



*“natural ventilation **by window opening**”*

L'aerazione, è arbitraria, dipendendo dall'utenza. Affiancarla al termine “natural ventilation”, induce a pensare all'aerazione “per quanto possibile” *controllata*. Si veda slide successiva.

UNI EN 12792:2005- Definizione di ventilazione

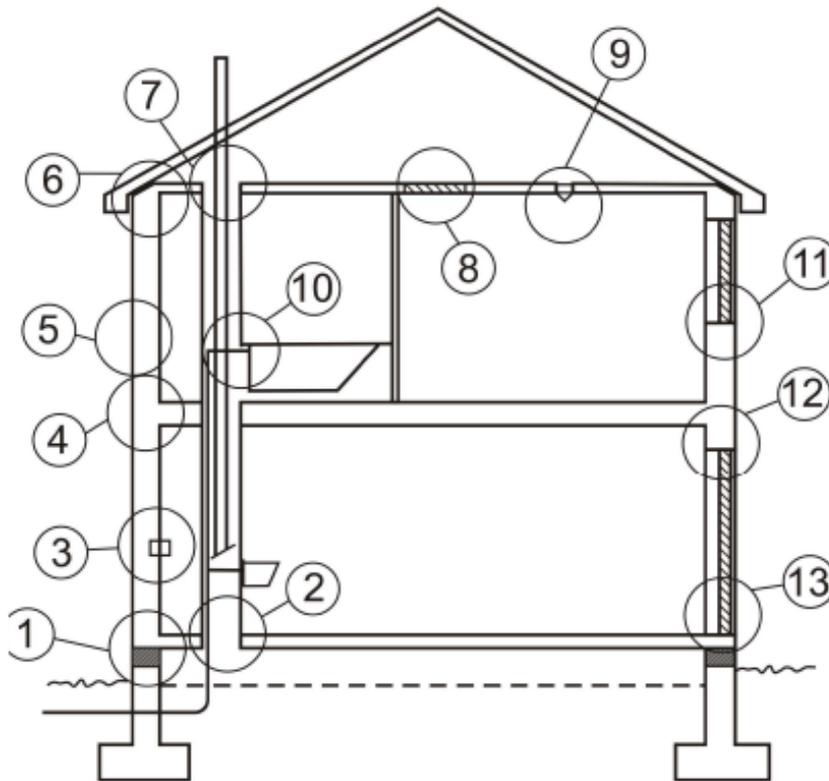
Definizione di ventilazione **naturale**:



“Ventilation through leakage paths (infiltration) and openings (ventilation) in the building which relies on pressure differences without the aid of powered air movement components:

- airing,*
- cross ventilation*
- shaft ventilation”*

Da dove vengono le infiltrazioni?



- 1 Giunzioni pavimento-parete
- 2 Fenditure tra tubazioni e pavimenti
- 3 Fori su pareti per passaggio di impianti elettrici
- 4 Fessure in corrispondenza ai solai
- 5 Passaggi di tubazioni di sfiato
- 6 Mancanza di tenuta tra tetto e pareti
- 7 Fenditure tra soffitto-tetto e tubazioni
- 8 Infiltrazioni attraverso botole e sportelli a scarsa tenuta
- 9 Aperture nel soffitto per corpi illuminanti
- 10 Aperture verso cavedi attraverso sportelli o pannelli
- 11 Fessure tra finestre e pareti
- 12 Fori di drenaggio
- 13 Porte e finestre a scarsa tenuta

Ventilazione ed areazione

- Esiste un frequente fraintendimento riguardo al concetto di ventilazione nell'edilizia residenziale. La norma UNI EN 12792:2005 evidenzia la differenza tra “*aerazione*” e “*ventilazione*”:
 - Il termine **aerazione** indica un metodo di ricambio dell'aria mediante l'apertura delle finestre.
 - Per **ventilazione**, invece, si intende l'immissione e la corrispondente estrazione di aria, ambedue calcolate, in e da un determinato spazio.
- La norma UNI EN 15251:2008, specifica inoltre chiaramente che la ventilazione deve essere continuativa negli edifici quando occupati, e può essere diminuita, ma non annullata, quando essi non lo sono.

La stessa norma indica tassi di ventilazione, nei momenti di occupazione degli alloggi, decisamente superiori a quelli tendenzialmente suggeriti dalle procedure volontarie di certificazione energetica e dalla stessa UNI TS 11300-1.

Possibilità per ricambiare l'aria



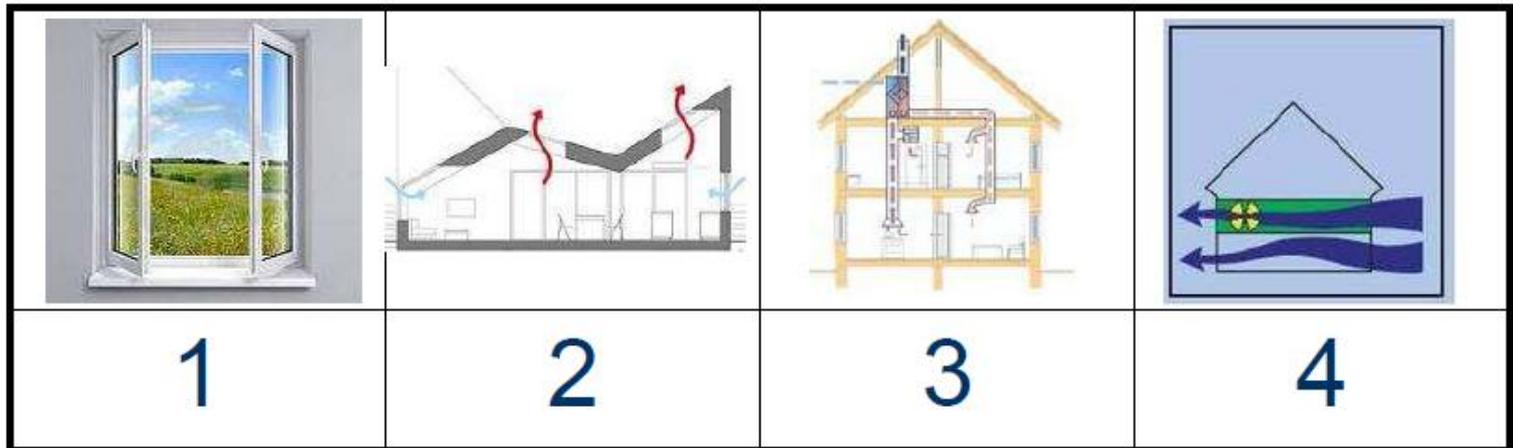
1: Apertura dei serramenti (AERAZIONE) e infiltrazioni

2: Ventilazione naturale

3: Ventilazione meccanica

4: Ventilazione ibrida

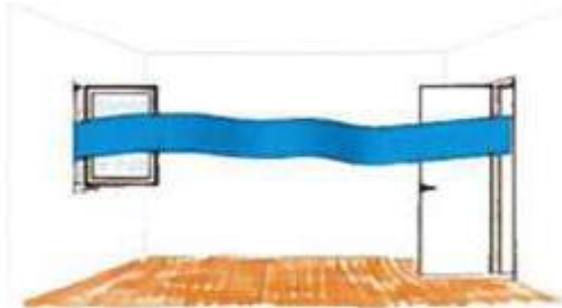
**Dimensionamento
di un sistema**



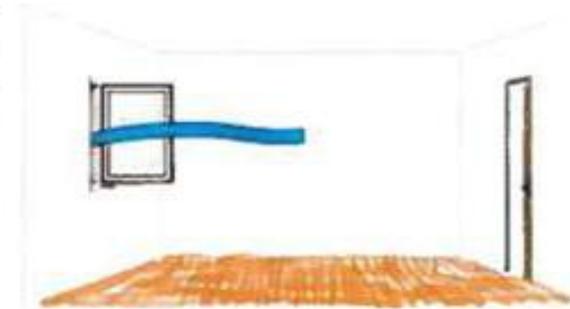
Possibilità per ricambiare l'aria

Modalità e tempi di apertura delle finestre per una corretta aerazione dei locali:

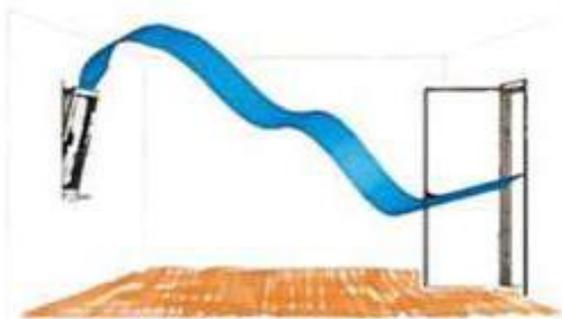
*Apertura a battente
con corrente d'aria
Inverno: 2 - 4 min.
Estate: 12 - 20 min.*



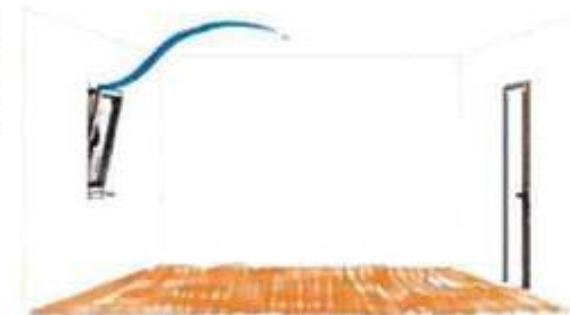
*Apertura a battente
senza corrente d'aria
Inverno: 4 - 6 min.
Estate: 25 - 30 min.*



*Apertura a ribalta
con corrente d'aria
Inverno: 4 - 6 min.
Estate: 25 - 30 min.*



*Apertura a ribalta
senza corrente d'aria
Inverno: 30 - 75 min.
Estate: 3 - 6 ore*



Concetto di tasso di ricambio

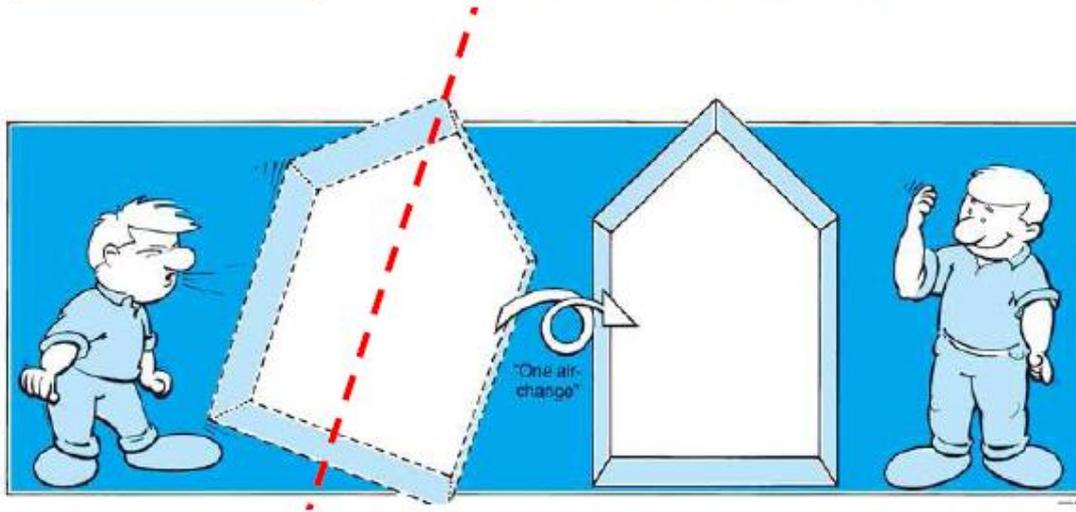
$$n = \frac{q_v}{V}$$

dove:

n = tasso di ricambio orario e ha le dimensioni [h^{-1}];

q_v = portata d'aria [m^3/h];

V = volume interno dell'ambiente [m^3].



Esempio:

Appartamento: 300 m^3

Ricambio: $150 \text{ m}^3/\text{h}$

$n: 150/300=0,5 \text{ h}^{-1}$

ESEMPIO DI CALCOLO

- PORTATA DI RICAMBIO PER INTERI ALLOGGI 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

Come utilizzare la normativa di riferimento?

**Norme per la certificazione
energetica degli edifici**



Tassi **convenzionali** di ventilazione
UNI TS 11300 (e sue parti)

CERTIFICATORE

**Norme per la ventilazione
degli edifici**



Tassi di ventilazione individuati per
la tutela della salute e per il
dimensionamento dei sistemi.

UNI EN 15251

UNI 10339

PROGETTISTA

VENTILAZIONE



1 – COMFORT

2- TUTELA DELLA SALUTE UMANA

3 – TUTELA DEL MANUFATTO EDILIZIO

4 – CONTENIMENTO DEI CONSUMI ENERGETICI

VENTILAZIONE

1 – COMFORT o BENESSERE



- Benessere igrotermico
- Benessere visivo
- Benessere acustico



condizione di benessere termoigrometrico all'interno di un ambiente e fruibilità degli spazi interni (accessibilità agli arredi)

VENTILAZIONE: benessere igrotermico

- Benessere igrotermico

L'equilibrio termico del corpo umano si può esprimere con la formula:

$$M \pm C - E = 0$$

Dove:

M è il calore prodotto dal corpo umano nell'unità di tempo nel processo metabolico,

C è il calore assorbito o dissipato nell'unità di tempo per conduzione (Ca), convezione (Cv) e irraggiamento (R),

E è il calore dissipato per evaporazione.

VENTILAZIONE: benessere igrotermico

- **Temperature dell'aria idonea allo svolgimento delle attività previste (benessere termico)**

In base alla normativa italiana deve essere garantita una temperatura dell'aria interna t_i con i seguenti valori:

$18^{\circ}\text{C} < t_i < 22^{\circ}$ per spazi chiusi per attività principale e secondaria,

$t_i > 4^{\circ}\text{C}$ per spazi di pertinenza destinati al deposito (cantine e simili);,

$t_i > 7^{\circ}\text{C}$ per spazi chiusi di circolazione e di collegamento ad uso comune.

Inoltre, la temperatura non dovrebbe presentare, nei punti lungo la verticale dell'ambiente, ad un'altezza compresa entro 1.8 m dal pavimento ed a una distanza dalle pareti superiore a 60 cm, una disuniformità superiore a 2°C .

Nel caso di edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali, la temperatura dall'aria non deve superare $18^{\circ}\text{C} + 2^{\circ}\text{C}$ di tolleranza durante la stagione fredda, dovendo soddisfare anche le esigenze connesse al risparmio energetico.

VENTILAZIONE: benessere igrotermico

•Temperature delle superfici interne

In base alla normativa, negli interventi di nuova costruzione e ristrutturazione globale, per le superfici interne opache la temperatura θ_i deve essere contenuta, nel periodo di funzionamento dell'impianto, entro i limiti seguenti:

• θ_i superiore alla temperatura di rugiada e in ogni modo non inferiore a 14°C , per le partizioni e chiusure, (compresi i ponti termici), degli spazi per attività principale (il valore della temperatura di rugiada è in funzione della temperatura dell'aria interna e dell'umidità relativa). Per le pareti interne ed esterne è consigliato che la temperatura delle pareti sia compresa in un intervallo di 3°C rispetto alla temperatura dell'aria; è opportuno provvedere alla coibentazione delle superfici nelle quali possono formarsi ponti termici, quali colonne, montanti, velette, punti d'angolo ecc.

• $\theta_i \leq 27^{\circ}\text{C}$ (+ 2°C di tolleranza) per pavimenti a pannelli radianti in spazi per attività principale, secondaria e per spazi di circolazione e collegamento interni all'unità immobiliare.

Per i pavimenti nei bagni è ammessa una tolleranza di 5°C .

VENTILAZIONE: benessere igrotermico

•Umidità relativa

Al fine di mantenere, all'interno di un ambiente, una quantità di vapor d'acqua, e cioè una determinata umidità relativa, è necessario sia verificata la seguente espressione:

$$Q_p = Q_u - Q_e$$

dove:

Q_u = quantità di vapore d'acqua che viene espulsa in un'ora dall'ambiente considerato [Kg/h]

Q_e = quantità di vapore d'acqua che viene immessa in un'ora nell'ambiente considerato [kg/h]

Q_p = quantità di vapore d'acqua che viene prodotta in un'ora all'interno dell'ambiente considerato [kg/h].

VENTILAZIONE: benessere igrotermico

$$Q_u = n \cdot V \cdot \gamma_i \cdot X_i$$

$$Q_e = n \cdot V \cdot \gamma_e \cdot X_e$$

dove:

n = numero di ricambi d'aria orario,

V = volume dell'ambiente considerato,

γ_i = peso specifico dell'aria secca all'interno (esterno) dell'ambiente che, per gli scopi di un calcolo semplificato si può assumere pari a 1,2 kg/m³ (un valore compreso tra 1,25 kg/m³ e 1,30 kg/m³)

X_i = umidità assoluta, cioè quantità di vapor d'acqua contenuta nell'unità di peso di aria secca all'interno (esterno) dell'ambiente considerato, ricavabile, come sotto indicato, dal diagramma psicrometrico in funzione della temperatura dell'aria interna (esterna) e dell'umidità relativa interna (esterna).

VENTILAZIONE

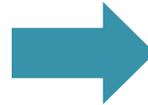
Ricambio di aria e ventilazione:

La ventilazione è finalizzata a:

- controllare il grado di umidità relativa, per garantire adeguati livelli di benessere igrotermico invernale, contenere gli effetti della condensa del vapore ed evitare la formazione di colonie microbiche;contribuire al raggiungimento di un sufficiente benessere igrotermico estivo;
- assicurare le condizioni di benessere respiratorio olfattivo;
- assicurare un adeguato ricambio d'aria, per evitare la presenza di impurità dell'aria e di gas nocivi;assicurare l'afflusso dell'aria richiesta dalla combustione nei locali in cui sono installati apparecchi a combustione.

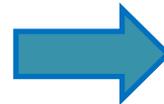
Ventilazione nell'edilizia residenziale

1 NATURALE



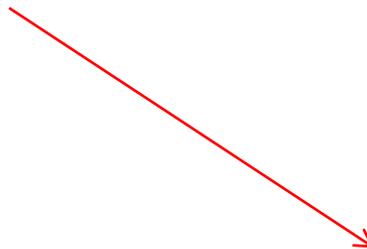
- Infiltrazioni attraverso i serramenti
- Apertura delle finestre
- sistemi a tiraggio naturale

2 MECCANICA CONTROLLATA



- Sistemi a semplice flusso
- Sistemi a doppio flusso

3 IBRIDA



Ottimizzazione dei consumi energetici – ventilazione per le reali necessità

La ventilazione naturale

Quando nell'involucro di un edificio si collocano delle aperture, il **differenziale di pressione** tra le varie facciate (o tra zone diverse della stessa facciata) generato dal vento e/o dalla differenza di temperatura (e quindi di densità tra esterno e interno) dà origine ad un flusso d'aria interno, che può essere usato per la ventilazione.



VENTILAZIONE NATURALE



La **pressione** utilizza il principio dell'**effetto camino**: l'aria calda, più leggera di quella fredda, tende a salire richiamando altra aria fredda.

Le differenze di temperatura dei diversi locali dell'abitazione determinano una ventilazione che permette di ricambiare l'aria.

La **depressione** sfrutta l'**effetto del vento**: quando un edificio è investito dal vento, la parete direttamente esposta è soggetta a una forte pressione, mentre la parete situata dal lato opposto, (sottovento) è interessata da una depressione.

La differenza di pressione tra le due facciate è sufficiente a creare una ventilazione naturale degli ambienti.

VENTILAZIONE

Ricambio di aria:

Il livello di prestazione è espresso in numero di ricambi d'aria orario [m³/h].

Il numero di ricambi d'aria orario **n** rappresenta il rapporto tra il volume dello spazio e il volume d'aria rinnovato in un'ora all'interno del medesimo spazio.

I ricambi d'aria si distinguono in:

- ❑ **continui**: se ottenuti attraverso la permeabilità degli infissi e attraverso le prese d'aria esterne;
- ❑ **discontinui**: se avvengono con il controllo da parte dell'utente, ad esempio, tramite l'apertura delle finestre, oppure tramite la ventilazione meccanica comandata dall'utente.

Qualora la permeabilità degli infissi e le prese d'aria esterna non riescano a garantire il raggiungimento dei ricambi d'aria continui prescritti, occorre ricorrere anche alla ventilazione continua meccanica.

Portata di ventilazione : UNI TS 11300/1

Valutazione di progetto o standard

Aerazione o ventilazione naturale:

- edifici residenziali si assume un tasso di ricambio d'aria pari a 0.3 vol/h;
- Per tutti gli altri edifici si assumono i tassi di ricambio d'aria riportati nella UNI 10339. I valori degli indici di affollamento sono assunti pari al 60% ai fini del calcolo della portata di progetto. In particolar modo per tutti gli altri edifici (e per gli edifici residenziali qualora sia presente un sistema di ventilazione meccanica) si assumono i valori di ricambio d'aria calcolati secondo la relazione:

$$n = \frac{\left(\dot{V}_{op} \cdot n_s \cdot A \right)}{V}$$

n è il numero di ricambi d'aria previsti in funzione della destinazione d'uso, espresso in h⁻¹;

V_{op} è la portata d'aria esterna richiesta nel periodo di occupazione dei locali, espressa in m³/h per persona;

n_s è l'indice di affollamento, ossia il numero di persone ai fini progettuali per ogni metro quadrato di superficie calpestabile;

A è la superficie utile di pavimento, espressa in m²;

V è il volume netto dell'ambiente a temperatura controllata considerato.

Portata di ventilazione : UNI TS 11300/1

Valutazione di progetto o standard

- *Prospetto III UNI 10339-
Portate di aria esterna in edifici
adibiti ad uso civile*
- *Appendice A UNI 10339 - Indici
di affollamento per ogni metro
quadro di superficie
calpestable, ns*

Categorie di edifici	Portata di aria esterna o di estrazione		Note
	Q_{op} (10^{-3} m ³ /s per persona)	Q_{os} (10^{-9} m ³ /s m ²)	
EDIFICI ADIBITI A RESIDENZA E ASSIMILABILI			
RESIDENZE A CARATTERE CONTINUATIVO			
- Abitazioni civili:			
• soggiorni, camere da letto	11	-	A
• cucina, bagni, servizi		estrazioni	
- Collegi, luoghi di ricovero, case di pena, caserme, conventi:			
• sale riunioni	9*	-	-
• dormitori/camere	11	-	-
• cucina	-	16,5	-
• bagni/servizi		estrazioni	A
RESIDENZE OCCUPATE SALTUARIAMENTE			
Vale quanto prescritto per le residenze a carattere continuativo			
ALBERGHI, PENSIONI ecc.			
• ingresso, soggiorni	11	-	-
• sale conferenze (piccole)	5,5*	-	-
• auditori (grandi)	5,5*	-	-
• sale da pranzo	10	-	-
• camere da letto	11	-	-
• bagni, servizi		estrazioni	-
EDIFICI PER UFFICI E ASSIMILABILI			
• uffici singoli	11	-	-
• uffici open space	11	-	-
• locali riunione	10*	-	-
• centri elaborazione dati	7	-	-
• servizi		estrazioni	A

(segue prospetto)

Classificazione degli edifici per categoria	n_s
Edifici residenziali, collegi, luoghi di ricovero, case di pena, caserme, conventi	0,10
Alberghi, pensioni	0,05
Edifici per uffici e assimilabili	0,12
Ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili	0,08
Edifici adibiti ad attività ricreative, associative e di culto	1,00
Attività commerciali e assimilabili	0,25
Edifici adibiti ad attività sportive	0,70
Edifici adibiti ad attività scolastiche	0,50

Portata di ventilazione : UNI TS 11300/1

Valutazione di progetto o standard

- Per gli edifici dotati di sistemi di ventilazione meccanica a semplice flusso (aspirazione) il tasso di ricambio d'aria è fissato pari a :

$$q_{ve} = q_{ve,des} \quad k$$

$q_{ve, des}$: portata di aria di progetto

k : coefficiente di contemporaneità di utilizzo delle bocchette aspiranti.

Si assume $k=1$ per sistemi a portata fissa

$k= 0.6$ per ventilazione igro-regolabile

- Per gli edifici dotati di sistemi di ventilazione meccanica a doppio flusso il tasso di ricambio d'aria è fissato pari a :

$$q_{ve} = q_{ve,des} \quad (1 - \eta_{ve})$$

$q_{ve, des}$: portata di aria di progetto

η_{ve} : fattore di efficienza del recuperatore di calore nell'aria (pari a zero se assente)

Portata di ventilazione : UNI TS 11300/1

Valutazione adattata all'utenza

Si procede con calcoli più accurati e poiché è difficile determinare la reale portata d'aria nei casi di ventilazione naturale (funzione di numerosi fattori climatici, costruttivi e tipologici) ci si affida alle norme:

UNI EN 13779
UNI EN 15251

**Esigenza di qualità
dell'aria interna**

UNI EN 15242

**Calcolo dettagliato
della portata di
ventilazione**

Dispersione termica per ventilazione

La UNI/TS-11300-1 fornisce la procedura per il calcolo dei fabbisogni di energia termica per riscaldamento e raffrescamento per ogni zona dell'edificio e per ogni mese:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \times Q_{gn} = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - \eta_{H,gn} \times (Q_{int} + Q_{sol})$$

$$Q_{C,nd} = Q_{gn} - \eta_{C,ls} \times Q_{C,ht} = (Q_{int} + Q_{sol}) - \eta_{C,ls} \times (Q_{C,tr} + Q_{C,ve})$$

$$Q_{H,ve} = H_{ve} (\vartheta_i - \vartheta_e) \tau 10^{-3}$$

$Q_{H,ve}$: energia scambiata per ventilazione [kWh]

H_{ve} : coefficiente globale di scambio termico per ventilazione [W/°C]

τ : tempo considerato (base mensile) (h)

10^{-3} : fattore moltiplicativo per passare da W a kW

Dispersione termica per ventilazione

- Coefficiente globale di scambio termico per ventilazione

$$H_{ve} = \rho_a c_a \sum V_k$$

V_k : portata di rinnovo di ciascuna zona con ricambi d'aria uniformi

ρ_a : densità dell'aria

c_a : calore specifico dell'aria

Il prodotto $\rho_a * c_a$ è chiamato capacità termica volumica dell'aria (0.34 W/h m³K)

$V_k = V * n$ ovvero il volume netto climatizzato moltiplicato per il numero di ricambi di aria all'ora

SCOPO	TITOLO - Ergonomia degli ambienti termici	NORMA
	Impianti aeraulici a fine di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'ordine, la fornitura	UNI CTI 10339: 1995
	Ventilazione degli edifici - Simboli, terminologia e simboli grafici.	UNI EN 12792: 2005
	Ventilazione degli edifici non residenziali - Requisiti di prestazione.	UNI EN 13779: 2005
	Prestazione termica degli edifici - Coefficienti di trasferimento del calore per trasmissione e ventilazione - Metodo di calcolo	UNI EN ISO 13789: 2008
	Ventilazione degli edifici - Metodi di calcolo per la determinazione delle portate d'aria negli edifici, comprese le infiltrazioni	UNI EN 15242: 2008
	Ventilazione degli edifici - Metodi di calcolo delle perdite di energia dovute alla ventilazione e alle infiltrazioni in edifici commerciali	UNI EN 15241, 2008
	Impianti di riscaldamento negli edifici - Metodo di calcolo del carico termico di progetto	UNI EN 12831:2006
	Criteria for the Indoor Environment including thermal, indoor air quality (ventilation), light and noise	UNI EN 15251:2008
	Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale.	UNI TS 11300-1:2008
	Ventilazione degli edifici - Prestazione energetica degli edifici - Linee guida per l'ispezione dei sistemi di ventilazione	UNI EN 15239, 2008
	Ventilazione degli edifici - Prestazione energetica degli edifici - Linee guida per l'ispezione degli impianti di climatizzazione	UNI EN 15240: 2008

NORMA
EUROPEA

Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici, in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica

UNI EN 15251

FEBBRAIO 2008

Questa norma è di fondamentale importanza per correlare aspetti relativi alla **qualità dell'aria interna** ed aspetti **energetici**.

Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics

La norma specifica:

- i parametri relativi all'ambiente interno che influiscono sulla prestazione energetica degli edifici;
- la modalità per definire dei parametri di input relativi all'ambiente interno per la valutazione dell'edificio inteso come sistema e per i calcoli della prestazione energetica;
- i metodi per la valutazione a lungo termine dell'ambiente interno ottenuta, a partire dal calcolo o da risultati di misure;
- i criteri di misurazione che potrebbero essere utilizzati, se necessario, per valutare la conformità per mezzo di un'ispezione;
- i parametri da utilizzare ed esporre negli ambienti interni negli edifici esistenti;
- il modo in cui le diverse categorie di criteri relativi all'ambiente interno possono essere utilizzate, anche se non impone i criteri che devono essere utilizzati.

3.3

buildings, very low-polluting

buildings where an extraordinary effort has been done to select low-emitting materials and activities with emission of pollutants are prohibited and no previous emitting sources (like tobacco smoke) was present

NOTE Criteria are listed in Annex G.

3.4

buildings, low-polluting

buildings where an effort has been done to select low-emitting materials and activities with emission of pollutants are limited or prohibited

NOTE Criteria are listed in Annex G

3.5

buildings, not low-polluting

old or new buildings where no effort has been done to select low-emitting materials and activities with emission of pollutants not prohibited

NOTE Previous emissions (like tobacco smoke) may have taken place.

Descrizione delle categorie di qualità dell'edificio

Categ.	Spiegazione
I	Alto livello di aspettativa; è raccomandata per spazi occupati da persone molto sensibili e fragili (come persone con handicap, ammalati, bambini molto piccoli o anziani) che hanno bisogno di requisiti specifici.
II	Livello normale di aspettativa; dovrebbe essere utilizzata per le nuove costruzioni o per le ristrutturazioni.
III	Un accettabile moderato livello di aspettativa; dovrebbe essere usata per gli edifici esistenti.
IV	Valori al di fuori dei criteri delle precedenti categorie; questa categoria dovrebbe essere accettata solo per una limitata parte dell'anno.

6.4 - INDOOR AIR QUALITY AND VENTILATION RATES

6.3.2 Residential buildings

Indoor air quality in residential buildings depends of many parameters and sources like number of persons (time of occupation), emissions from activities (smoking, humidity, intensive cooking), emissions from furnishing, flooring materials and cleaning products, hobbies etc. Humidity is of particular concern in residential ventilation as most of adverse health effects and building disorder (condensation, moulds,) is related to humidity. Several of these sources cannot be influenced or controlled by the designer.

Required design ventilation rates shall be specified as an air change per hour for each room, and/or outside air supply and/or required exhaust rates (bathroom, toilets, and kitchens) or given as an overall required air-change rate. Most national regulations and codes give precise indications on detailed airflows per room and shall be followed. The required rates shall be used for designing mechanical-, natural- and exhaust ventilation systems.

This standard gives, in B.2, default values to use in case no national regulation is available.

La ventilazione deve essere un'operazione continuativa, gli ambienti sono occupati.

7.3 Indoor air quality and ventilation

7.3.2 Residential buildings

7.3.2.1 Mechanical ventilation

In residential buildings the minimum ventilation rate is usually constant as specified in the design (Clause 6, B.2) during occupied hours.

Residential buildings should be ventilated during unoccupied periods with a lower ventilation rate than during the occupied period. This minimum ventilation rate shall be defined based on the pollution load of the spaces. If no national regulation is available the values in B.4 are recommended.

La portata può essere variabile

7.3.2.2 Natural ventilation

Ventilation rates in naturally ventilated buildings are calculated based on building layout, location and weather conditions according to prEN 15242. The minimum ventilation rate is specified in the design (Clause 6) is used for energy calculations during occupied hours. As other variable systems, natural

ventilation using stack effect may have variations in flow over time, equivalence rules on any IAQ criteria may be chosen at national level to make allowances in this respect.

During unoccupied periods minimum ventilation for the buildings should be provided. If national regulations and codes are not available recommended values in B.4 may be used. National codes may allow complementary ventilation by airing to achieve this requirement in mild season if acoustic requirements can be met.

Principio di realizzazione
della ventilazione

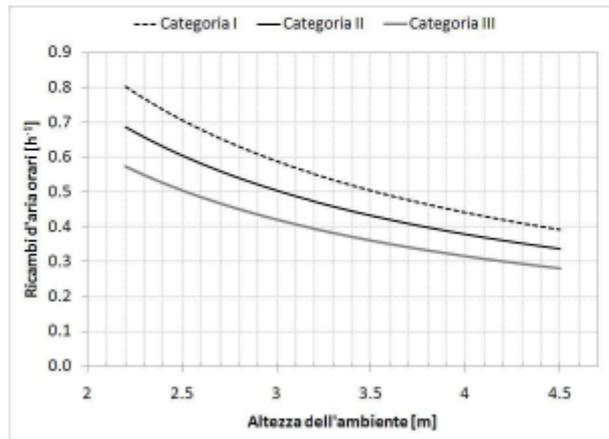


B.2 Recommended design ventilation rates in residential buildings

IAQ achieved depends mainly on three criteria:

- Exhaust of pollutions in wet rooms (bathroom, kitchen, toilets)
- General ventilation of all rooms in the dwelling
- General ventilation of all rooms in the dwelling with fresh air criteria in the main room (bed and living rooms)

Tab. B5 – Example of ventilation rates for the residences.
 Continuous operation of ventilation **during occupied hours**.
 Complete mixing.



Categoria	Portate d'aria e tassi di ricambio ^a		Soggiorni, stanze da letto. Portate di aria esterna		Portate di estrazione dell'aria (4) [L/s]		
	[L/(s m ²)] (1)	[h ⁻¹]	[L/s] per persona ^b (2)	[L/(s m ²)] (3)	Cucine (4a)	Bagni (4b)	Servizi igienici (4c)
I	0,49	0,7 (0,65)	10	1,4	28	20	14
II	0,42	0,6 (0,56)	7	1	20	15	10
III	0,35	0,5 (0,47)	4	0,6	14	10	7

Note:

- Le portate espresse in L/(s m²) e i tassi di ricambio espressi in h⁻¹ si corrispondono per un'altezza d'ambiente pari a 2,5 m, come in UNI EN 15251; tra parentesi sono riportati i tassi di ricambio riferiti ad un'altezza di 2,7 m.
- Il numero di occupanti in un edificio residenziale può essere stimato dal numero di camere da letto; devono essere usate le assunzioni effettuate a livello nazionale, se esistenti; esse possono essere diverse per i calcoli energetici e per quelli relativi alla qualità dell'aria.
 1, 2, 3, 4, 4a, 4b, 4c: riferimenti per la procedura di calcolo riportata in questo paragrafo.

L'evoluzione della costruzione



Ieri:

Numerose fughe, **infiltrazioni attraverso i serramenti** ed alti consumi per il riscaldamento

Oggi:

Edifici ermetici, non permeabili all'aria esterna.

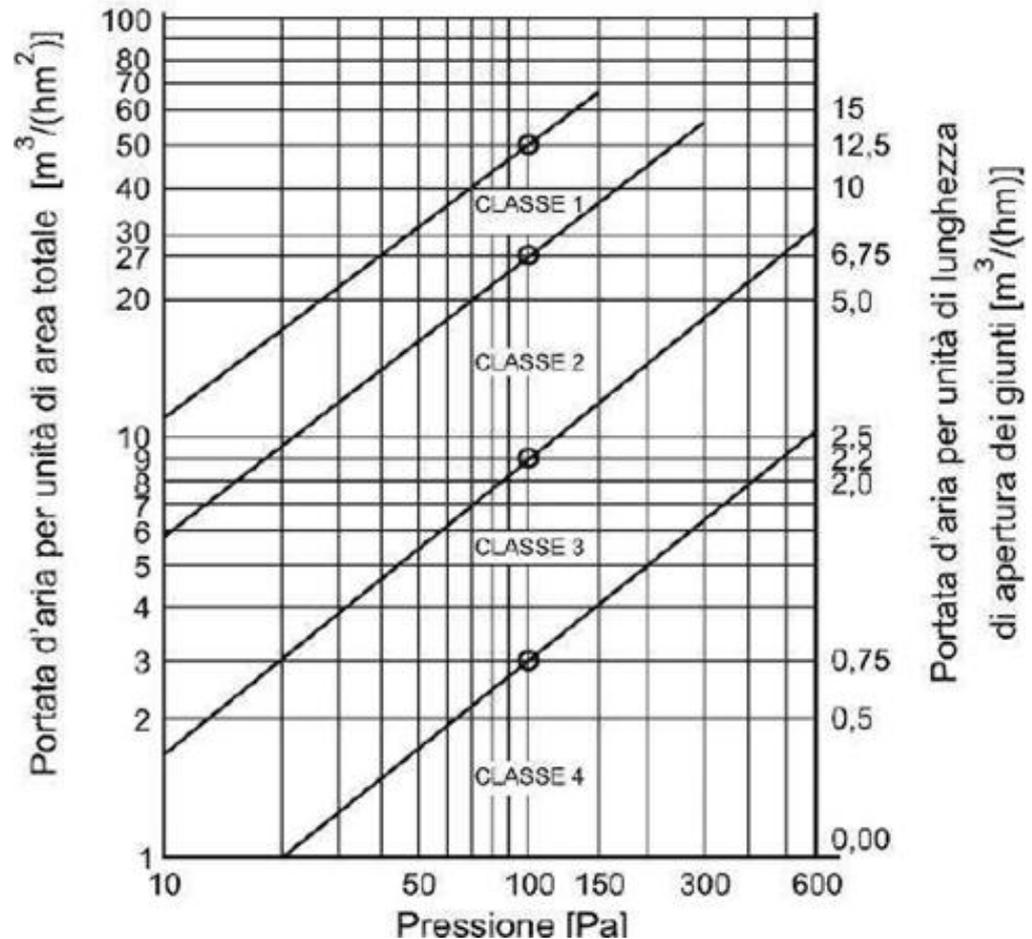
Il rinnovo per infiltrazione è impossibile.



Classificazione dei serramenti (UNI EN 12207:1999)

Le infiltrazioni attraverso i serramenti sono sufficienti per la ventilazione?

NO,
in modo particolare per i serramenti con grado di tenuta elevato.



Caratteristiche serramenti produzione attuale:

- buono / ottimo isolamento termico;
- buon potere fonoisolante;
- ridotte / trascurabili infiltrazioni d'aria.

Ricambio d'aria
insufficiente

SVANTAGGI DELL'AERAZIONE

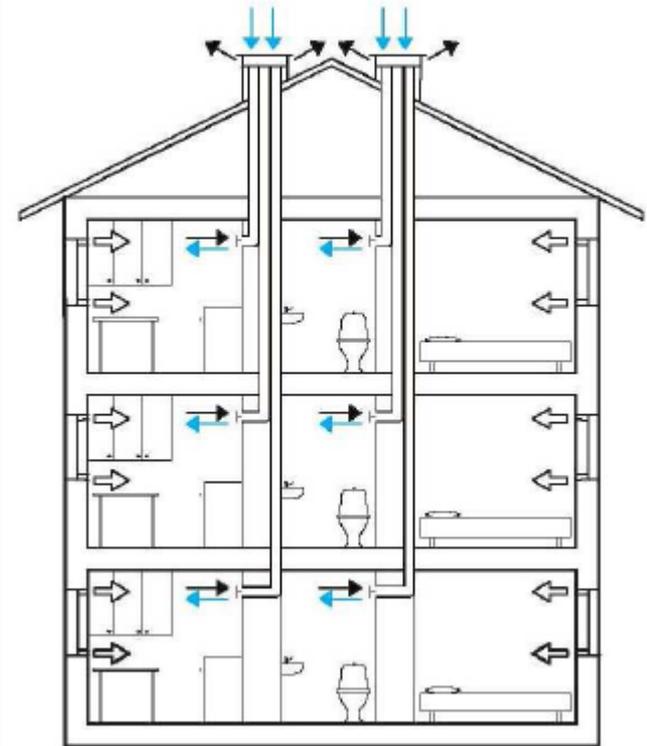


finestre : una finestra aperta di 2 m² lascia entrare in media una portata di circa 2000 m³/h (in inverno);

In media: la finestra si apre circa alcuni minuti al mattino nelle stanze da letto e a mezzogiorno e sera nella cucina/soggiorno.

Svantaggi:

- Mancanza di controllo della portata di aria
- Perdita di energia nella stagione fredda
- Ingresso di aria troppo calda in estate o troppo fredda in inverno
- Mancanza di controllo sulla quantità dell'aria di rinnovo (possibilità di inquinanti)
- Possibile aumento della rumorosità in ambiente
- Possibile fastidio causato da correnti d'aria
- Necessità della progettazione integrata
- Poca versatilità



La ventilazione meccanica (o forzata)

Quando non è possibile sfruttare la ventilazione naturale o quando è necessario controllare i ricambi dell'aria con l'esterno (es. ambienti di lavoro particolari) l'aria viene messa in movimento meccanicamente.



VENTILAZIONE MECCANICA

- Nella ventilazione forzata l'aria viene estratta e immessa regolandone opportunamente la portata.
- La movimentazione dell'aria è ottenuto mediante *ventilatori*.
- Il ricambio dell'aria è fornito da *condotte di ventilazione forzata* collegate con gli ambienti interni da *griglie di aspirazioni* (per la rimozione dell'aria viziata o inquinata) e da *diffusori* (per l'immissione di aria nuova).

Ventilazione meccanica - vantaggi

- La ventilazione meccanica garantisce:
 - comfort migliore;
 - tutela della salute umana;
 - tutela del manufatto edilizio;
 - ottimizzazione dei consumi energetici;
 - possibilità di filtrazione dell'aria.

- La ventilazione meccanica controllata (VMC) inoltre garantisce:
 - portate d'aria di immissione/estrazione in quantità prestabilite (ventilazione ad hoc);
 - possibilità di variare tali portate dell'aria in funzione delle condizioni ambiente (aumento o diminuzione dell'umidità ambiente, presenza o meno delle persone,...);
 - possibilità di recupero di calore sull'aria espulsa tramite scambiatori di calore;

Ventilazione meccanica - modalità di controllo

Sistemi a portata fissa



Minima ventilazione imposta per legge
(0,5 vol/h)

Sistemi a portata variabile



Controllo sulla base di un parametro specifico



- CO₂
- UR (igroregolabile)

Sistemi a portata fissa con recupero di calore

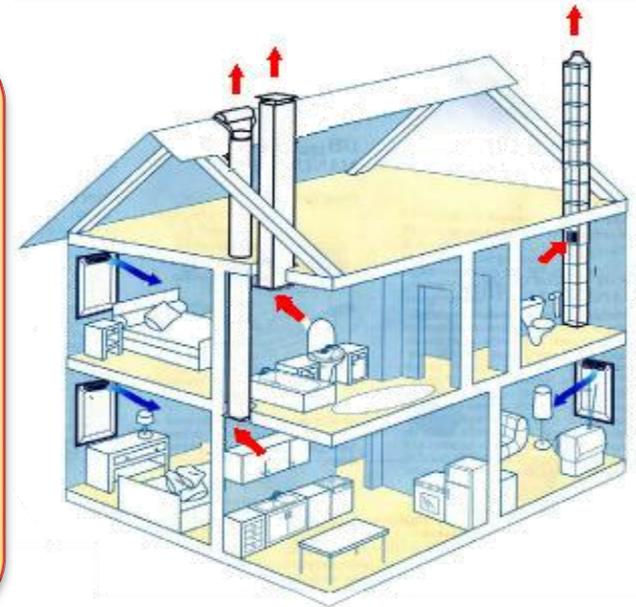


- Statico
- Termodinamico

Ventilazione meccanica - tipologie di flusso

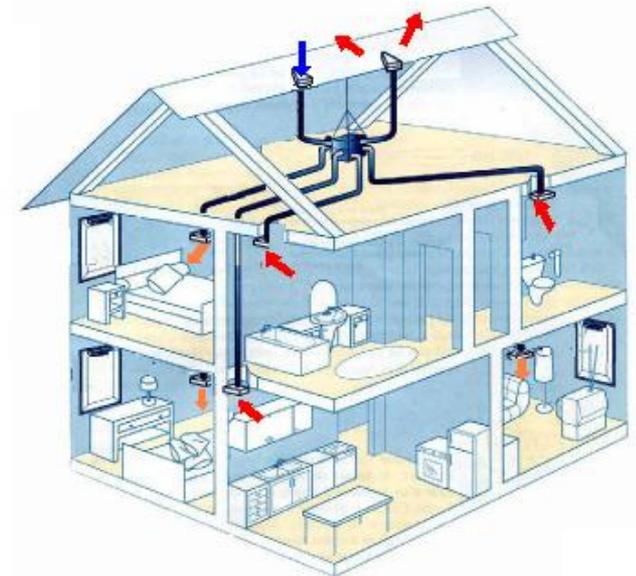
**Semplice
flusso**

Il sistema prevede l'estrazione meccanica dell'aria viziata mentre l'afflusso dell'aria esterna avviene attraverso bocchette munite di dispositivi di autoregolazione della portata.



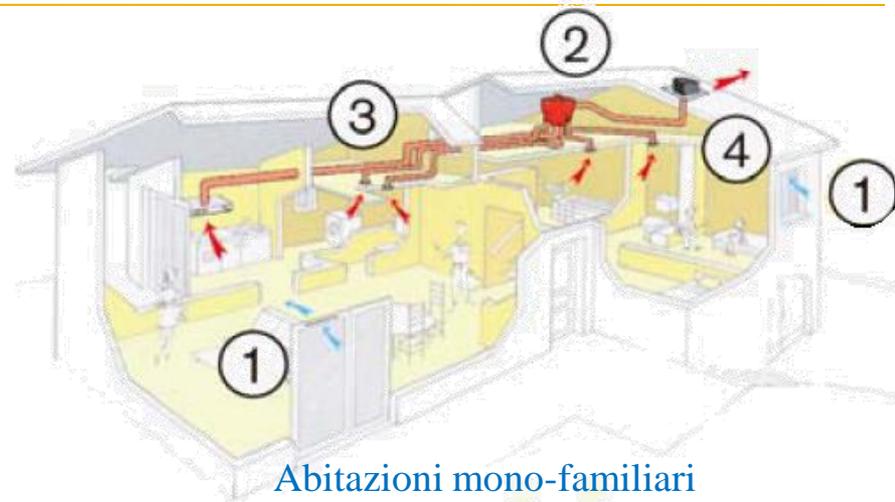
**Doppio
flusso**

Il sistema prevede l'estrazione meccanica dell'aria viziata e la contemporanea immissione dell'aria di rinnovo che può essere preventivamente filtrata e/o preriscaldata prima di essere immessa.

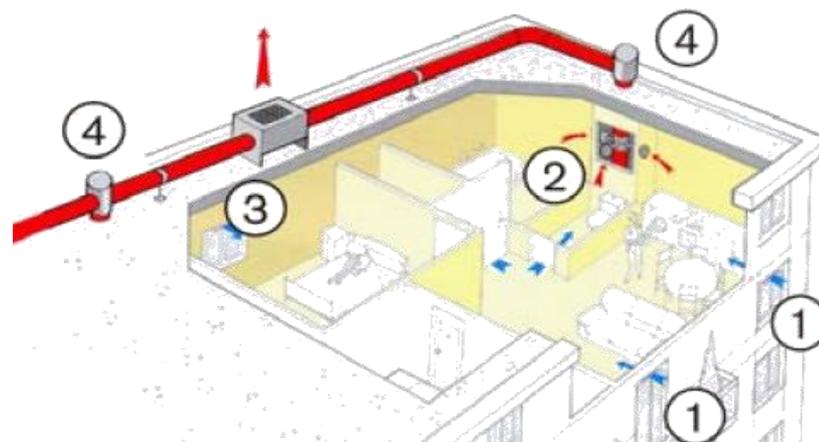


VMC a semplice flusso

- Il sistema è costituito da un piccolo elettroventilatore di *estrazione dell'aria* collegato mediante condotti rigidi e/o flessibili a griglie di estrazione collocate nei locali di servizio (cucina e bagni).
- L'afflusso di aria esterna avviene mediante bocchette, disposte sulle pareti esterne o sui serramenti delle stanze "principali" (soggiorno e camere), munite di dispositivi di autoregolazione della portata o di dispositivi sensibili all'umidità relativa dell'ambiente.
- Per l'installazione condominiale centralizzata si installa un unico ventilatore (nel sottotetto o in esterno) da cui si dirama una serie di canali che collega le colonne montanti.



Abitazioni mono-familiari

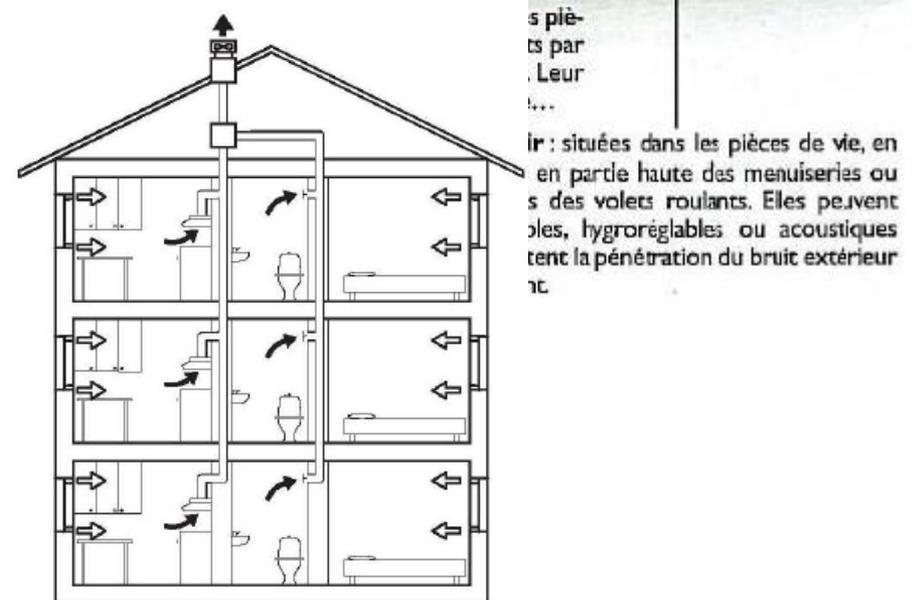
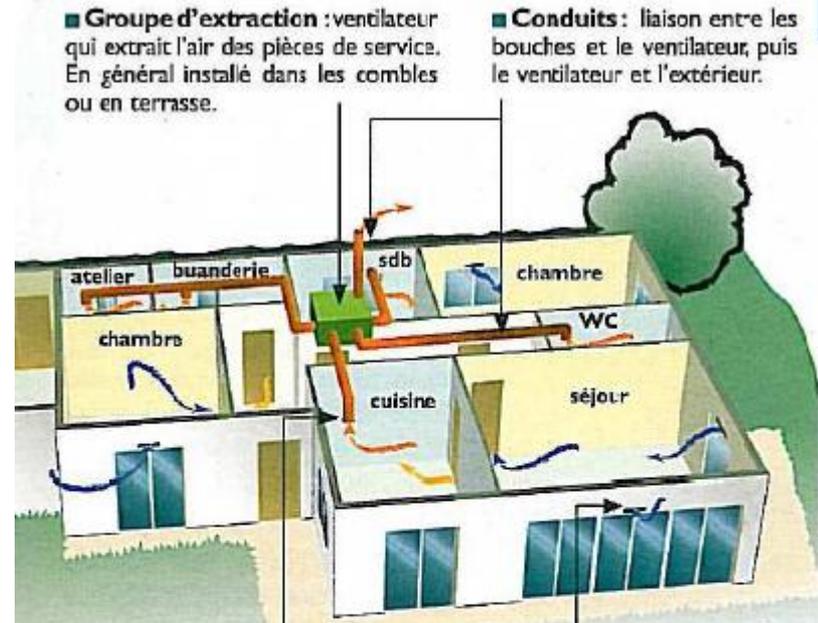


Abitazioni condominiali

- 1) Ingressi aria
- 2) Gruppo estrazione
- 3) Condotti ed accessori
- 4) Uscita a tetto

VMC a semplice flusso

- sistema di ventilazione dedicato all'intero alloggio;
- ventilatore di estrazione centralizzato;
- dispositivi di ingresso dell'aria in facciata (corr. di soggiorni e stanze da letto)
- bocchette di estrazione in cucina, servizi igienici e lavanderia.



VMC a semplice flusso

Vantaggi:

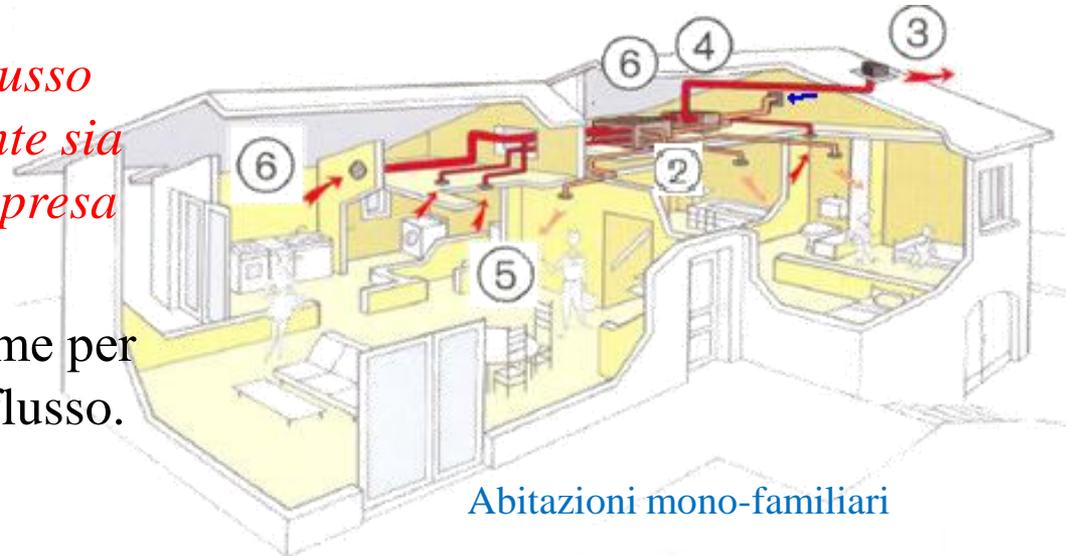
- Controllo della portata d'aria
- Possibilità di integrazione con la ventilazione naturale
- Indipendenza da fattori meteorologici incostanti o comportamenti casuali degli occupanti
- Adattabilità alle condizioni climatiche stagionali
- Limitazione della rumorosità in ambiente
- Controllo della velocità dell'aria in ambiente

Svantaggi:

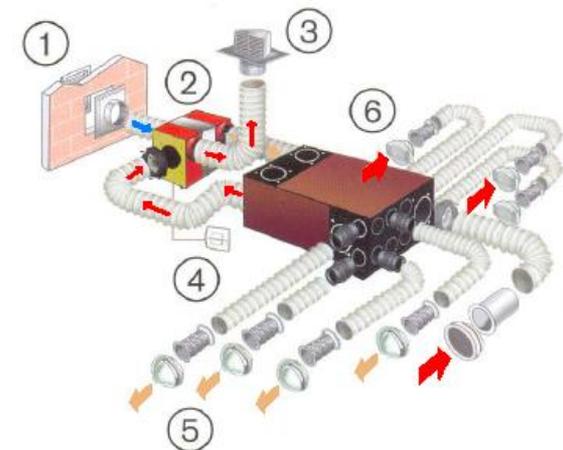
- Costo dell'impianto e della conduzione dello stesso
- Impossibilità di controllo sulla qualità dell'aria di rinnovo
- Perdita di energia nella stagione fredda
- Ingresso di aria troppo calda in estate

VMC a doppio flusso

- *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



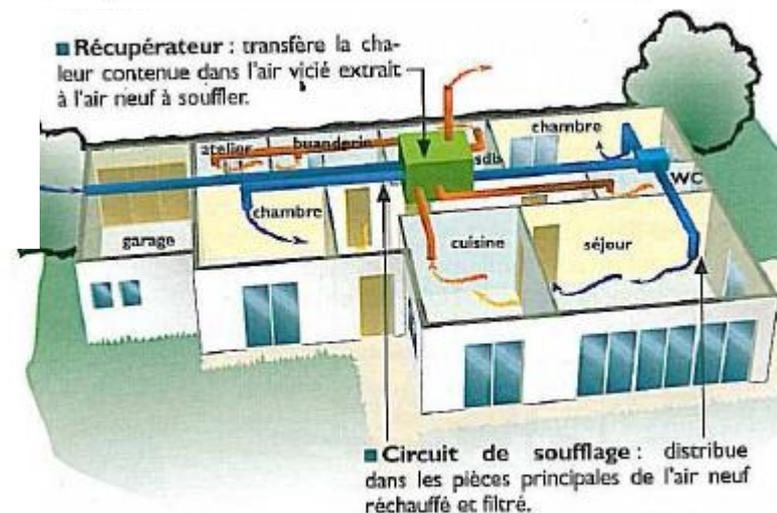
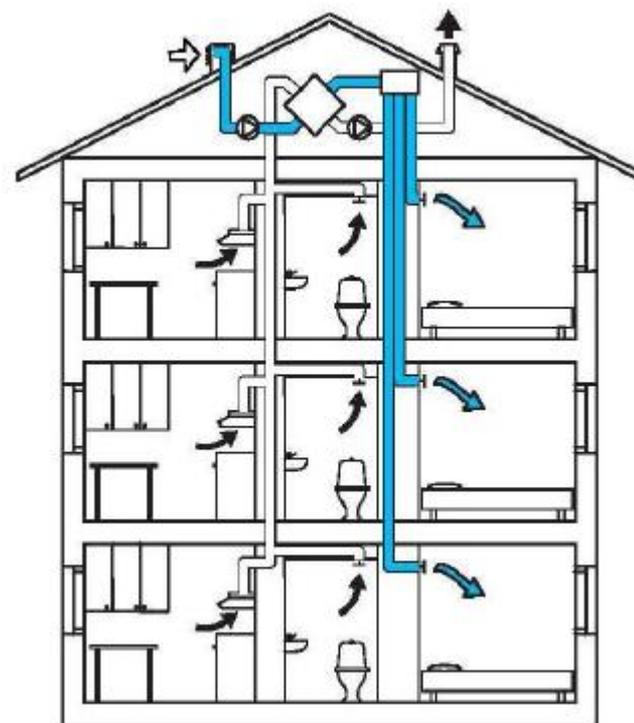
Abitazioni mono-familiari



- 1) Presa d'aria esterna + filtro
- 2) Motoventilatore di Estrazione –immissione
- 3) Espulsione a tetto
- 4) Scambiatore di calore
- 5) Terminali di immissione aria nuova
- 6) Terminali di estrazione

VMC a doppio flusso

- sistema di ventilazione dedicato all'intero alloggio;
- ventilatori di immissione ed estrazione centralizzati;
- bocchette di immissione in soggiorno e stanze da letto;
- bocchette di estrazione in cucina, servizi igienici e lavanderia.



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, umidificarla o deumidificarla.*

*Con sistemi a doppio flusso infine è possibile anche **il recupero energetico** dell'aria di espulsione attraverso i recuperatori di calore .*

Vantaggi:

- Controllo della portata d'aria
- Possibilità di abbinare un recuperatore di calore
- Possibilità di integrazione con la ventilazione naturale
- Indipendenza da fattori meteorologici incostanti o comportamenti casuali degli occupanti
- 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:

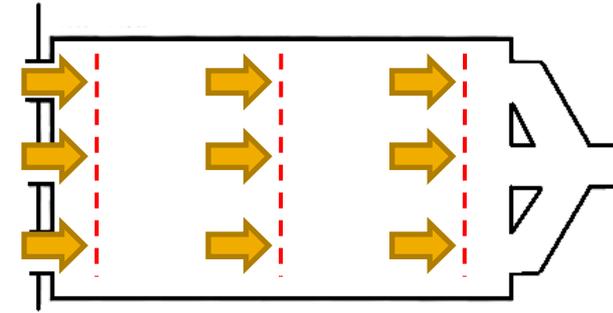
- Costo dell'impianto e conduzione dello stesso

Ventilazione meccanica - flusso interno al locale

Flusso a
pistone



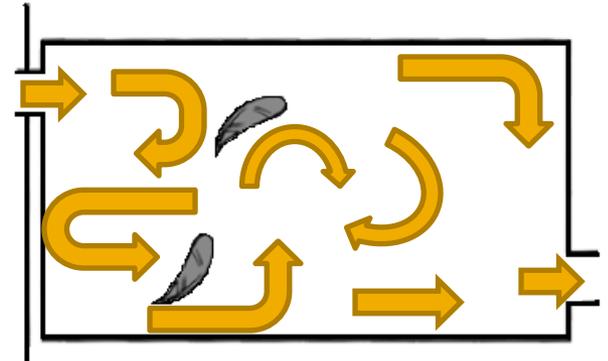
Viene "lavato"
tutto l'ambiente



Perfetta
miscelazione

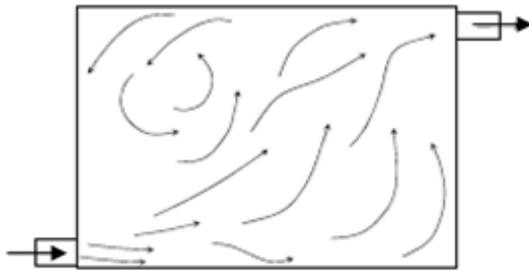


Viene diluita la
concentrazione

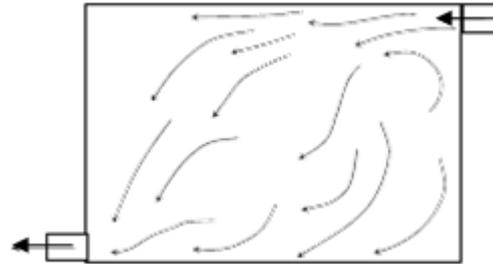


I sistemi di immissione aria

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



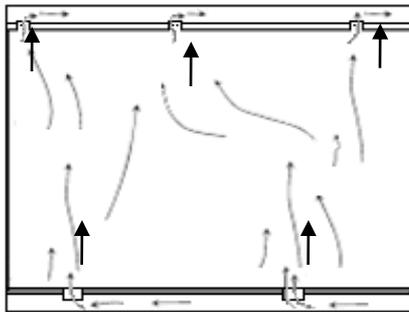
Immissione dal basso ed estrazione dall'alto contrapposte



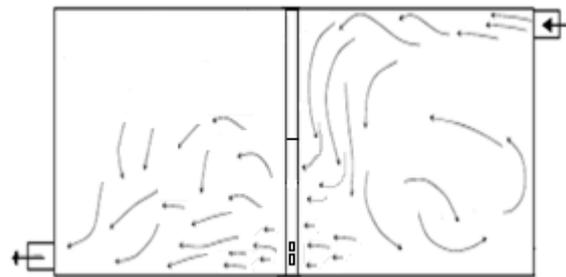
Immissione dall'alto e estrazione dal basso contrapposte



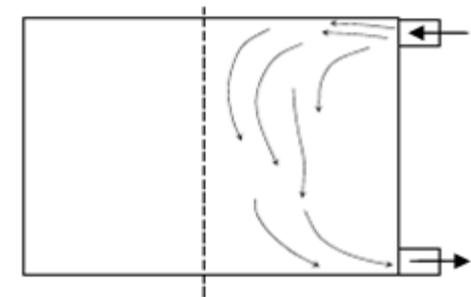
Immissione dall'alto e estrazione dal basso



Immissione dal basso sotto pavimento e estrazione dall'alto



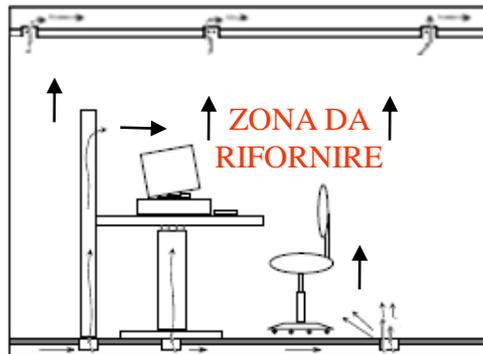
Immissione e ripresa dell'aria possono essere posizionati in ambienti diversi



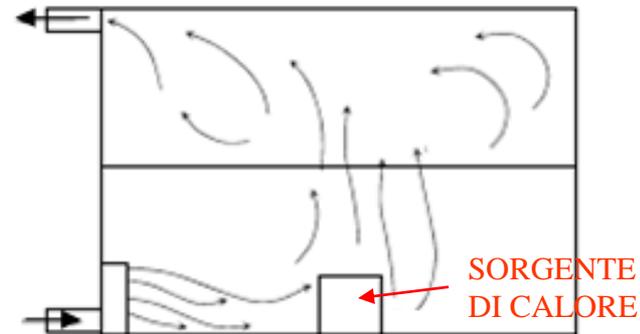
Immissione dall'alto e estrazione dal basso: con velocità di immissione bassa e temperatura di immissione alta – possibilità di cortocircuiti

I sistemi di immissione aria

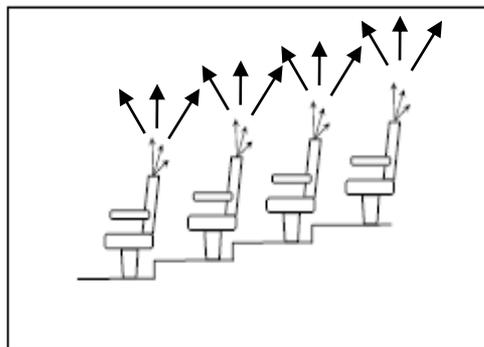
Con la *ventilazione localizzata* si immette o estrae aria dove è presente la sorgente di inquinamento o dove è presente la persona da rifornire di aria di rinnovo.



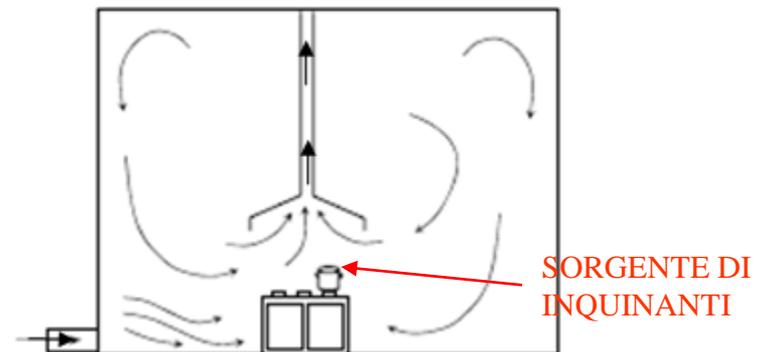
Immissione dal basso sotto pavimento e estrazione dall'alto con ventilazione personalizzata



Ventilazione a dislocazione



Ventilazione localizzata



Estrazione localizzata

Ventilazione meccanica - condizioni locale

Locale
pressurizzato

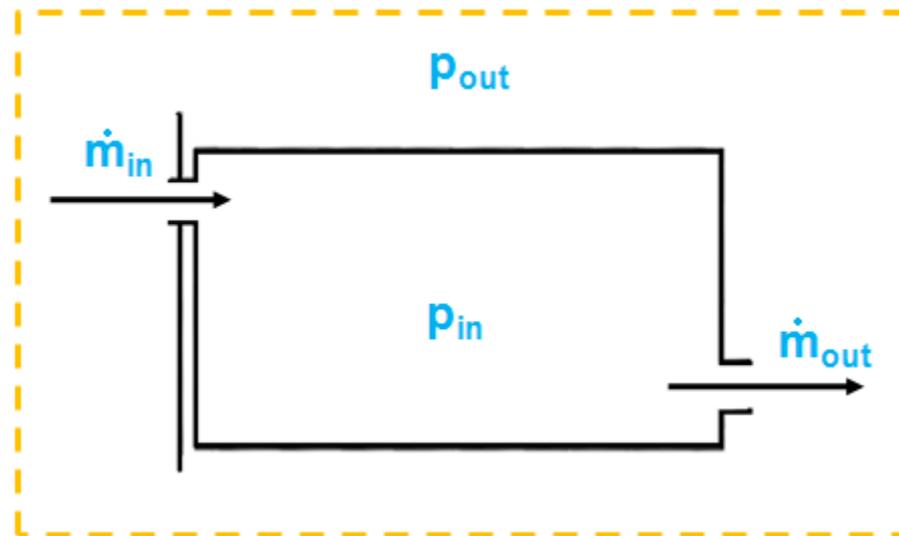
Se si vuole evitare
che l'aria non entri
si crea una
sovrappressione

$$P_{in} > P_{out}$$
$$\dot{m}_{in} > \dot{m}_{out}$$

Locale
de-pressurizzato

Se si vuole evitare
che l'aria esca si
crea una
depressione

$$P_{in} < P_{out}$$
$$\dot{m}_{in} < \dot{m}_{out}$$



Ventilatori

- I ventilatori forzano l'aria ad entrare (uscire) all'interno (esterno) dell'edificio.
- Possono essere posizionati in controsoffitto, nel sottotetto o all'esterno dell'edificio.



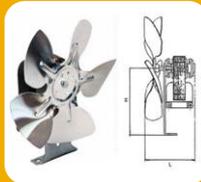
Elettroventilatori a tetto



Ventilatore assiale elevata portata



Ventilatore centrifugo cassonato per impiego condominiale



Ventilatore assiale bassa portata



Ventilatore assiale compatto bassa portata

Condotti e tubi per la ventilazione forzata

- I condotti e i tubi per la ventilazione sono canali in lamiera zincata spiralata di diametro variabile destinati a convogliare l'aria di rinnovo all'interno del locale e l'aria viziata all'esterno.
- In caso di ristrettezza dei cavedi (nel caso di ristrutturazioni) si possono utilizzare condotti ovali, ottenuti tramite un procedimento di schiacciamento del modello circolare.
- La massima velocità dell'aria raggiunta nel condotto è 3-4 m/s.
- Nei tratti di connessione delle bocchette con la rete principale si utilizzano canali flessibili solitamente anche essi in acciaio zincato.



Tubo flessibile per aria condizionata.



Tubazione per impianti di ventilazione



Tubo flessibile per ventilazione, riscaldamento, aspirazione



Tubo di ventilazione in alluminio, flessibile, ignifugo



Tubo flessibile per aria condizionata e ventilazione



Tubo in PVC e Poliuretano con spirale in PVC rigido antiurto



Tubo spiralato per aspirazione, mandata, ventilazione



Canali in lamiera zincati circolari ed ovali



Canali in alluminio



Canali in lamiera zincata e acciaio inox

Filtri di stoffa

- Essi consistono in una maglia di fibre le cui dimensioni sono molto più piccole delle distanze tra di esse (in modo che il flusso d'aria non risulti molto disturbato dal filtro). La **profondità** del filtro è molto più grande delle dimensioni delle particelle che sono quindi costrette a un percorso lungo e tortuoso per attraversarlo.
- Il flusso d'aria attraversa le fibre del filtro e, le particelle solide con diametro maggiore della distanza tra le fibre che costituiscono il filtro, vengono arrestate esattamente come avviene attraverso un setaccio (**meccanismo di filtrazione a setaccio**). Le particelle più piccole vengono, invece, fissate lungo le fibre del filtro per effetto di forze elettriche elementari.



A pannelli piani



A tasche rigide



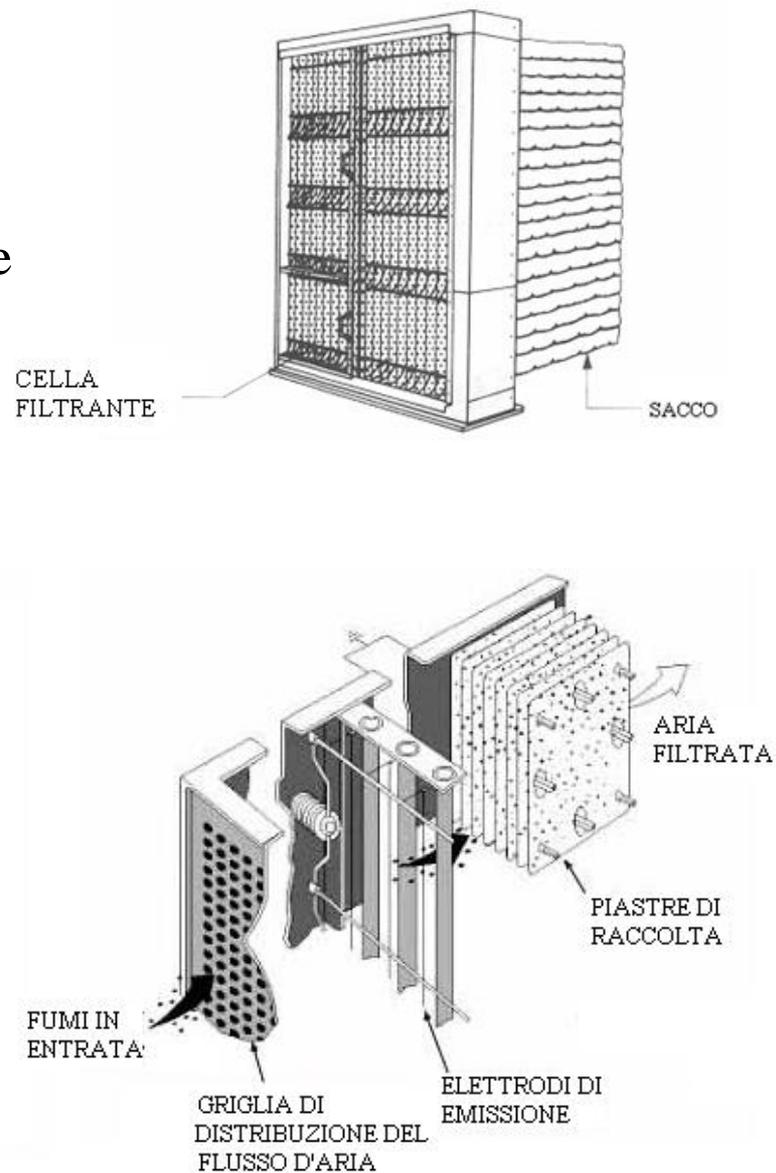
A tasche flosce



A rullo

Filtri elettrostatici

- Il processo prevede l'utilizzo di un campo elettrico ad alta tensione che provvede a caricare positivamente (*elettrofritri a corona positiva*) o negativamente (*elettrofritri a corona negativa*) le particelle solide o liquide presenti nelle emissioni gassose.
- Il particolato carico elettricamente va a depositarsi per attrazione elettrostatica sull'elettrodo di raccolta da dove può essere rimosso come materiale secco (*elettrofiltri a secco*) oppure dilavato con acqua (*elettrofiltri ad umido*).
- Questa rimozione si rende sempre indispensabile dato che lo strato di materiale che si deposita diminuisce l'intensità di campo elettrico e quindi l'efficacia di abbattimento.



Dispositivi di immissione

- La penetrazione del getto di immissione dipende dalla **velocità** di immissione e dalla **superficie** di immissione.
- Più la velocità di immissione è elevata, e la velocità alta .più il getto è penetrante



Diffusori rotazionali ad alette fisse



Diffusori rotazionali ad alette regolabili



Diffusori rotazionali ad alette fisse



Diffusori rotazionali ad alette orientabili



Diffusori rotazionali ad alette curve



Multi ugelli a lunga gittata



Ugelli a lunga gittata



Valvole di ventilazione



Diffusori circolari



Diffusori quadrati a quattro vie



Diffusori multi-direzionali



Diffusori rotazionali ad alette curve



Diffusori a moduli regolabili



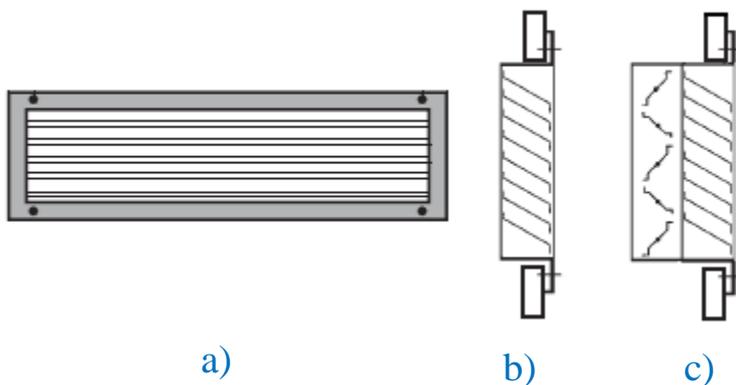
Diffusori circolari da pavimento



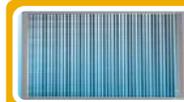
Diffusori lineari a feritoia

Bocchette

- Le bocchette sono utilizzate per la ripresa, l'immissione o il ricircolo dell'aria all'interno degli ambienti abitativi.
- Possono essere in acciaio o in alluminio; rettangolari o quadrate; con alette orizzontali o verticali; con alette fisse o orientabili (permettono di graduare l'estensione, l'altezza e l'ampiezza della corrente di aria).
- Possono essere prive o fornite di serranda di taratura.



Bocchetta lineare: a) sezione frontale; b) sezione laterale senza serranda; c) con serranda di taratura



Unità di ripresa a maglia quadrata



Griglia di aspirazione passo piccolo



Bocchette con alette verticali



Griglia di aspirazione a passo grande



Bocchette lineari a barre fisse orizzontali



Bocchette di mandata a doppio filare



Bocchette di mandata ad alette curve



Bocchette da pavimento rinforzate



Bocchetta presa aria esterna



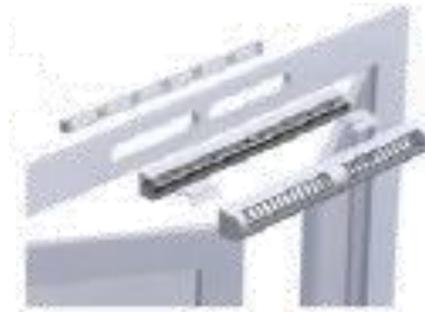
Bocchette per condotti circolari

Bocchette di ingresso aria

- **Autoregolabili**: sono dotate di membrane in PVC deformabili che modificano la sezione di passaggio; sono dimensionate per immettere negli ambienti la stessa quantità di aria che viene estratta dai servizi per sopperire alla depressione interna; sono complete all'interno di membrana controvento.
- **Igroregolabili**: sono dotate di sensore di umidità direttamente collegato ad una serranda di taratura (se l'umidità tende a scendere il dispositivo limita la portata d'aria, mantenendo un valore minimo); devono essere installati nei locali nobili dell'abitazione (camere da letto, soggiorno) in modo da creare un lavaggio in direzione dei vani tecnici.



Possono essere installate sulla parte superiore del cassonetto o infisso e sul telaio della finestra; sono del tipo lineari in plastica e dotati di abbattimento acustico.



a)



b)

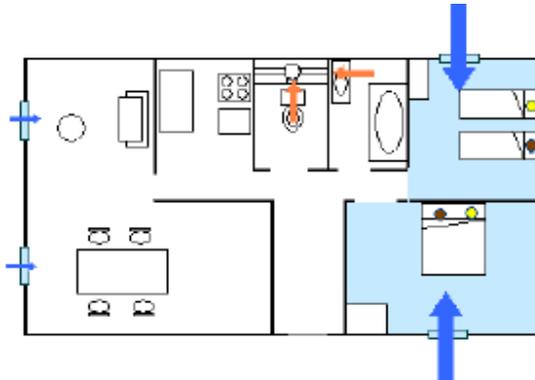
Montaggio ingresso aria: a) nell'infisso; b) sul cassonetto

Bocchette di estrazione aria

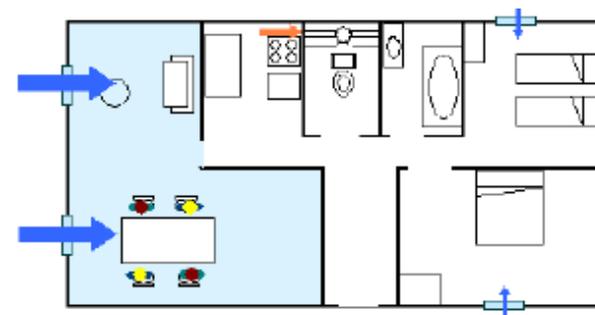
- **Autoregolabili:** sono in PVC e presentano, al centro presentano un organo di regolazione autoregolabile costituito da una membrana in gomma che modifica la sezione di passaggio dell'aria in funzione della pressione a cui è sottoposta.
- **Igroregolanti:** realizzate in PVC, al centro presentano un sensore di umidità ed una membrana capace di regolare la quantità di aria di estrazione in funzione dell'umidità; lavora per differenze di pressione comprese tra 70÷130 Pa.



La portata totale di ventilazione calcolata per la zona notte è estratta dalla bocchette a parete nel bagno, mentre la portata di ventilazione della zona giorno è estratta dalla bocchetta collocata a parete in cucina.



Occupazione notturna

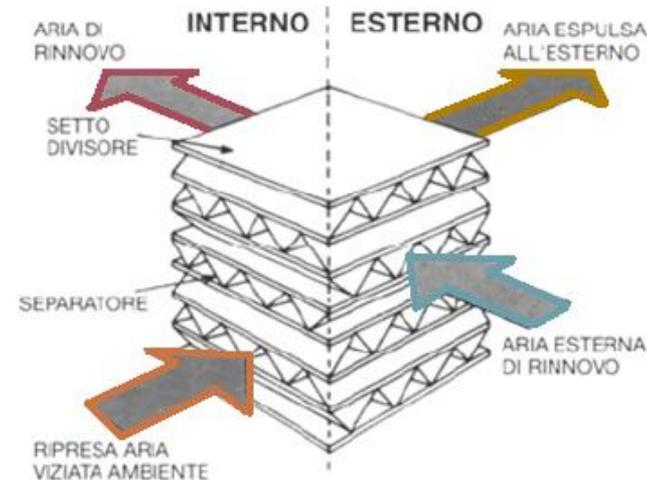
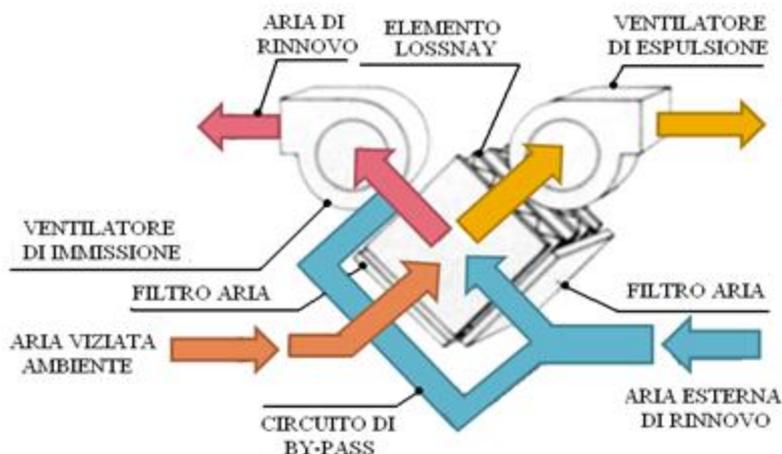


Occupazione diurna

Recuperatore termico

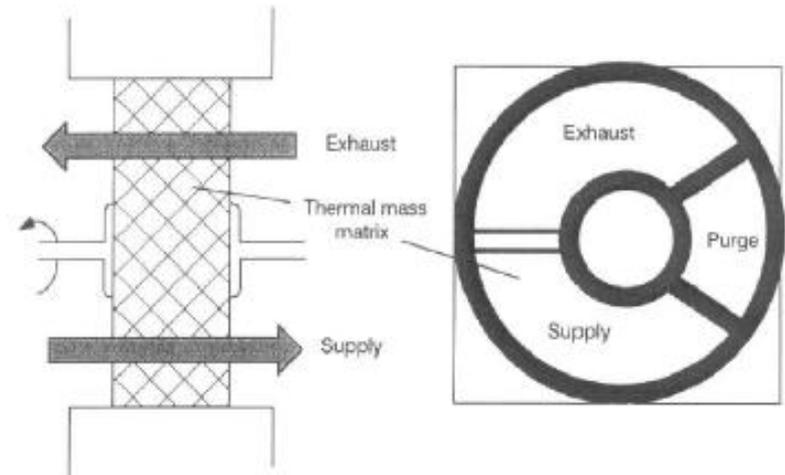
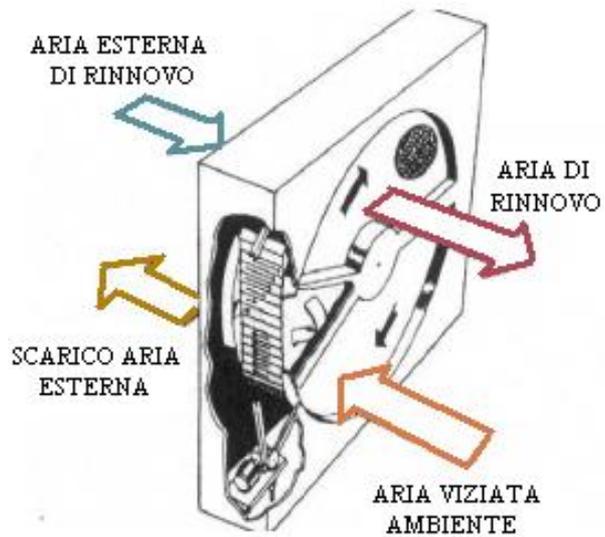
Attraverso degli scambiatori di calore chiamati *recuperatori di calore* è possibile recuperare parte dell'energia termica posseduta dalla portata di aria in uscita a favore della portata in entrata.

Questo tipo d'impianto permette di estrarre l'aria viziata ed immettere contemporaneamente nell'ambiente aria esterna di rinnovo preriscaldata senza costi energetici aggiuntivi.



All'interno dei recuperatori i flussi d'aria in uscita ed in entrata si incrociano (senza mescolarsi), in modo che il flusso d'aria calda si raffredda mentre l'altro si riscalda .

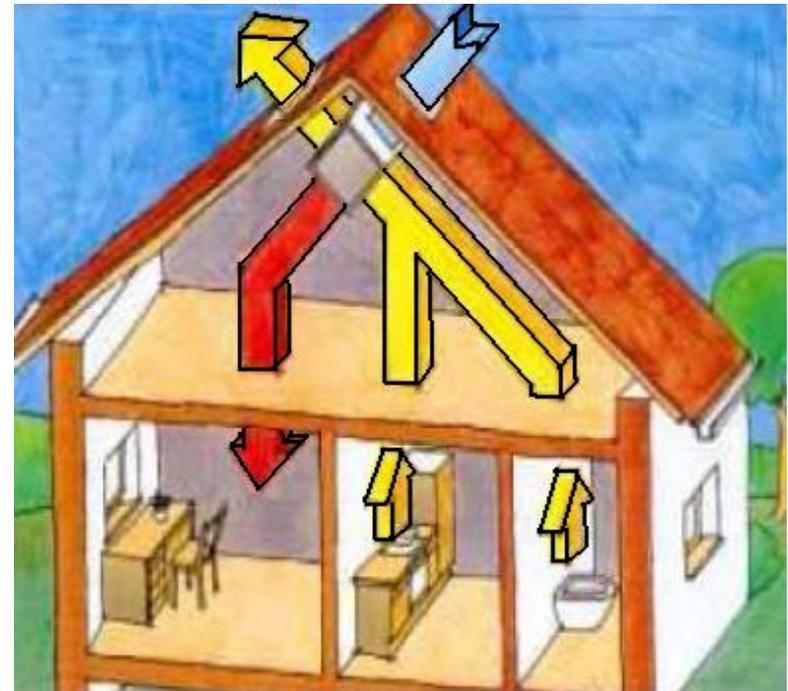
Recuperatore termico



Recuperatori termici rigenerativi

Recupero termico in un edificio residenziale

- Con i recuperatori di calore in inverno è possibile prelevare l'aria calda (per esempio negli ambienti dove c'è forte produzione di vapore: bagno, cucina) che cederà calore all'aria pulita fredda entrante attraverso lo scambiatore.



Calcolo dei fabbisogni per VENTILAZIONE

$$Q_V = \sum [H_{V_k} (T_i - T_s)] \cdot t$$

$$H_v = c_a \cdot \rho_a \cdot \dot{V}$$

Portata di ventilazione

$$\dot{V} = V n$$

V = volume dell'ambiente

n = tasso di ventilazione

$$H_v = 0.34 \cdot V \cdot n$$

Il contributo del recuperatore di calore

Nel caso in cui sia presente un **recuperatore di calore**, per stimare il valore di V' , ossia della portata di ventilazione, si opera nella maniera seguente:

$$V' = V n (1 - \eta)$$

dove η rappresenta l'efficienza dello scambiatore di calore (es: efficienza 50%, $\eta = 0,5$) e V' sarà chiamato “**portata equivalente**”.

APPROFONDIMENTO:

Appartamento di dimensioni pari a 300m^3 ; n : $0,5\text{ h}^{-1}$;

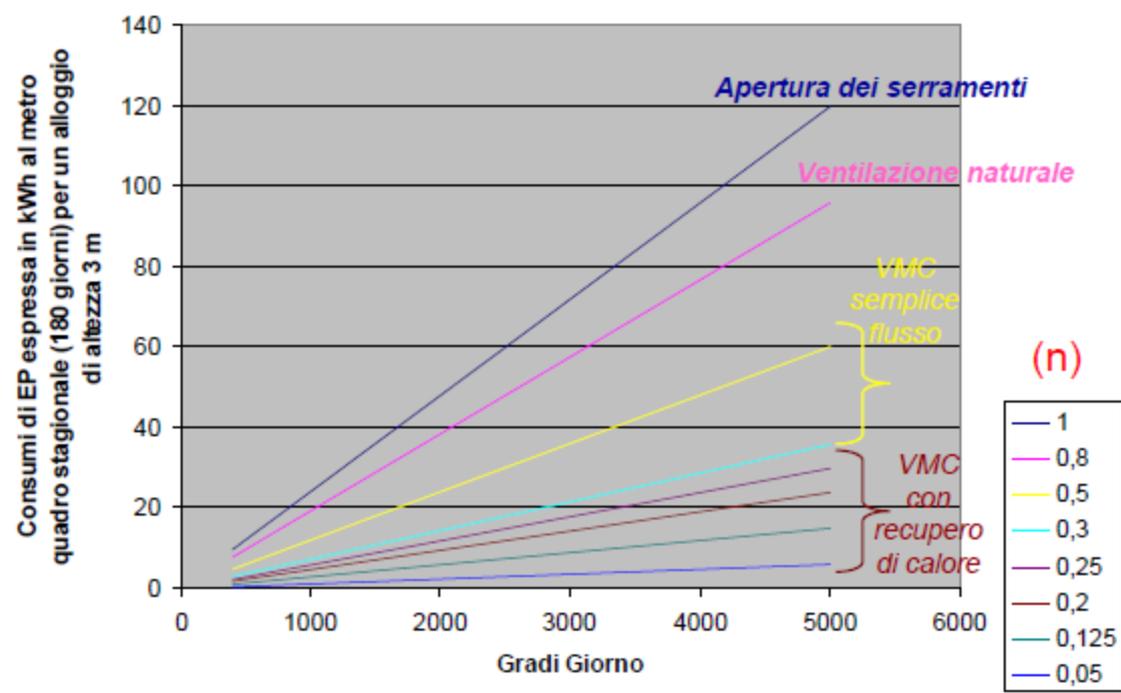
Recuperatore con efficienza 80%; $\eta = 0,8$

V' equiv. = $300 * 0,5 * (1 - 0,8) = 150 * (0,2) = 30\text{ m}^3/\text{h}$

VENTILAZIONE

$$Q_V = \sum [H_{Vk} (T_i - T_s)] \cdot t$$

consumi di EP per diverse portate d'aria (alcune definite equivalenti) ed a diverse località climatiche identificate dai Gradi Giorno



Legenda:

- 1 vol/h: dispersioni equivalenti a ricambi d'aria per apertura di finestre.
- 0,8 vol/h: dispersioni equivalenti a ricambi d'aria ottenuti per ventilazione naturale.
- 0,5 vol/h: VMC a portata fissa.
- 0,3 vol/h: VMC igroregolabile.
- 0,25 vol/h: VMC a doppio flusso dimensionato per un ricambio di 0,5 vol/h con un recupero di calore del 50%.
- 0,2 vol/h: VMC a doppio flusso dimensionato per un ricambio di 0,5 vol/h con un recupero di calore del 60%.
- 0,125 vol/h: idem, con recupero di calore del 75%.
- 0,05 vol/h: idem, con recupero di calore del 90%.

Impianto di climatizzazione a «tutt'aria»

