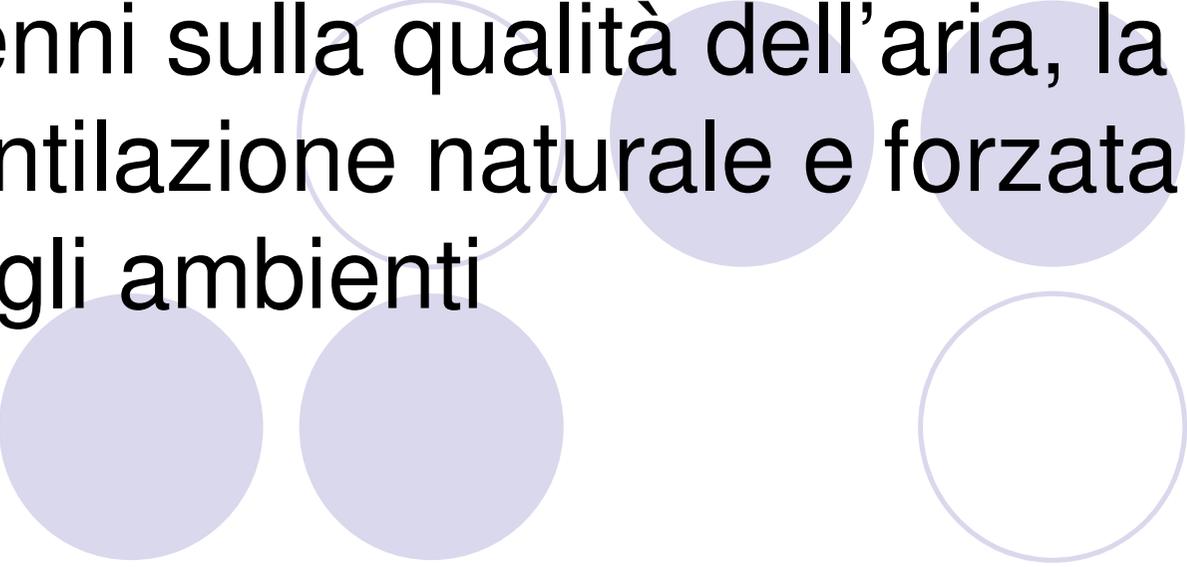


Cenni sulla qualità dell'aria, la ventilazione naturale e forzata degli ambienti



P. Romagnoni – Università IUAV di Venezia

La qualità dell'aria interna (IAQ) in un ambiente è considerata accettabile quando **non** sono presenti inquinanti specifici in concentrazioni dannose (secondo i criteri stabiliti dalle autorità competenti) e quando almeno l'80% degli occupanti esprime soddisfazione nei suoi riguardi (ASHRAE St.55 2010)

Normativa di riferimento

Min. della Salute. Direz. Gen della Prevenzione.

Linee Guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati. Suppl. GU n. 252 del 27 novembre 2001.

UNI EN 15251

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

Ventilazione

Principali inquinanti indoor (Fonte: Ministero della Salute, 2001)

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

▶ 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.



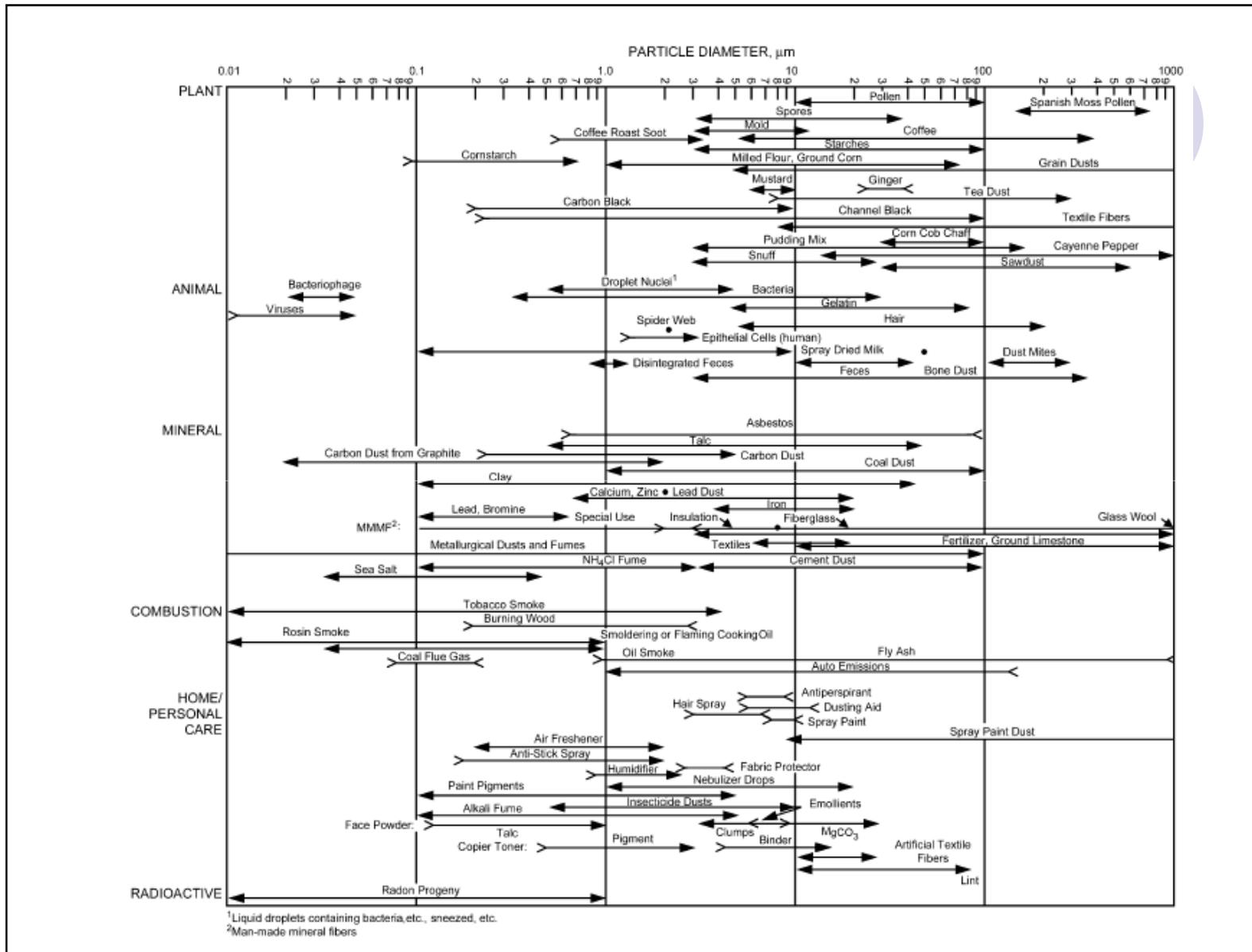
Radon
Il radon (gas radioattivo) è presente in natura ed è contenuto nel terreno.



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.



Standard per la qualità dell'aria esterna (a lungo termine)

Biossido di Zolfo

80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

PM10

50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Biossido di Azoto

100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

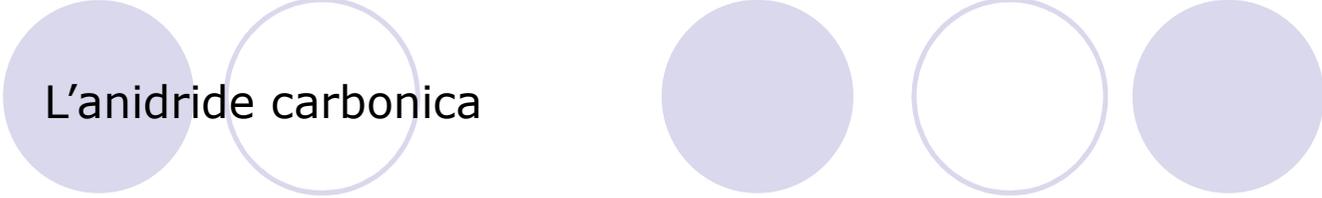
Piombo

1,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Particelle con diametro superiore a 10 μm sono bloccate dalle alte vie respiratorie

Particelle con diametro compreso tra 2,5 e a 10 μm penetrano in bronchi e bronchioli

Particelle con diametro inferiore a 2,5 μm penetrano sino agli alveoli



L'anidride carbonica

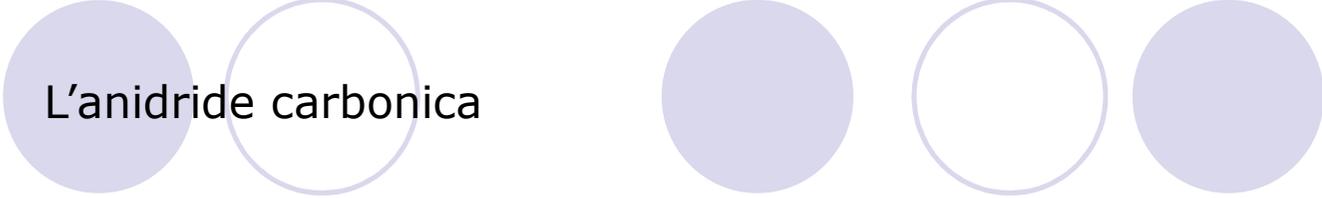
Il biossido di carbonio è un gas *incolore* e *inodore*; non è tossico in sé, ma non è respirabile e quindi può provocare la morte per asfissia.

Respirare un'atmosfera particolarmente ricca di CO_2 produce un sapore acidulo in bocca ed un senso di irritazione nel naso e nella gola; ciò è dovuto al suo reagire con l'acqua per formare acido carbonico.

La densità del biossido di carbonio a temperatura e pressione ambiente è circa una volta e mezzo quella dell'aria; tende quindi a stratificare **sul fondo** degli ambienti **chiusi e non ventilati**.

In fase solida, a temperature superiori a -78°C e a pressione ambiente, non liquefa, ma sublima.

Il biossido di carbonio solido è noto anche come *ghiaccio secco*. Il biossido di carbonio può essere però liquefatto sottoponendolo ad alte pressioni a temperatura inferiore ai 31°C .



L'anidride carbonica

Il biossido di carbonio nell'aria è presente in quantità dello 0,03% circa, mentre nell'aria esalata dopo un respiro è circa il 4,5%. *Un'atmosfera che contiene oltre il 5% di biossido di carbonio è tossica per gli esseri umani e per gli animali, dato che va a saturare l'emoglobina del sangue impedendole di legarsi all'ossigeno e bloccando quindi l'ossigenazione dei tessuti.* Sia quando viene usato in forma gassosa, sia quando viene usato come ghiaccio secco, il biossido di carbonio va maneggiato in spazi ben areati.

I limiti fissati dall'OSHA (l'agenzia statunitense per la sicurezza sui luoghi di lavoro) per la concentrazione di biossido di carbonio sul posto di lavoro sono lo 0,05% (**500 ppm**) per un'esposizione continua e lo 0,3% per un'esposizione breve (fino a dieci minuti). Concentrazioni superiori allo 0,4% sono considerate immediatamente pericolose per la vita e la salute. Persone che respirano un'aria contenente lo 0,5% (5000 ppm) di biossido di carbonio per più di mezz'ora mostrano i sintomi di un'ipercapnia acuta. Il biossido di carbonio è comunque molto meno tossico dell'ossido di carbonio, CO, che produce incoscienza nel giro di pochi minuti e la possibilità di danni irreversibili e morte in breve tempo.



Misura della concentrazione di inquinanti

mg/m^3 = milligrammi di contaminante per m^3 di aria

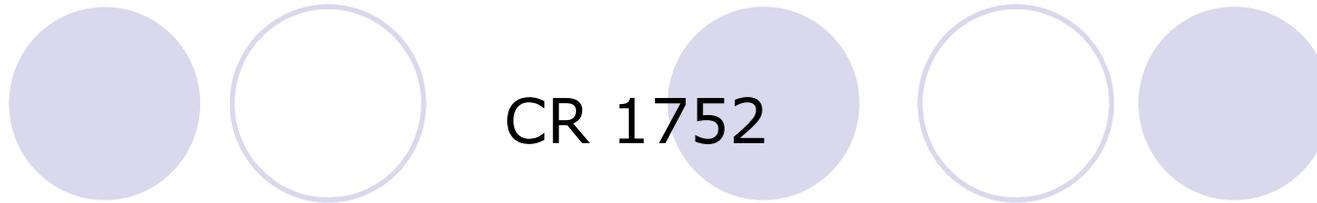
ppm = parti di contaminante per volume per milioni di parti di aria per volume

$$\left[\frac{\text{mg}}{\text{m}^3}\right] = \left[8,314 \cdot \frac{(\theta + 273,15)}{\text{PM} \cdot p}\right] \cdot [\text{ppm}]$$

PM = peso molecolare [kg/kmol]

p = pressione della miscela di gas [Pa] (p = 101325 Pa);

θ = temperatura [$^{\circ}\text{C}$]



OLF = carico inquinante di una persona in quiete "mediamente pulita"

DECIPOL = livello di inquinamento percepito in un locale ventilato con 10 litri/s in cui il carico inquinante è di 1 Olf

$$Q_c = 10 \frac{G}{(C_{c,i} - C_{c,e})} \frac{1}{\varepsilon_v}$$

Q_c = portata di ventilazione richiesta per una corretta IAQ [litri/s];

G = carico inquinante [olf];

$C_{c,i}$, $C_{c,e}$ = qualità aria percepita [decipol] interna e esterna;

ε_v = efficienza di ventilazione [-]

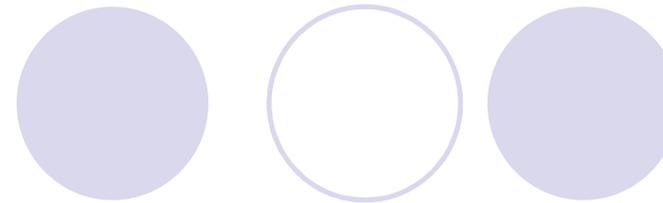
Tab. 25 - Valori consigliati delle portate volumetriche specifiche di aria esterna W_e' [L/s per occupante] oppure W_e'' [L/s per m² di superficie in pianta] in edifici adibiti ad uso civile, a livello del mare.

Edifici	W_e'	W_e''
<u>Abitazioni civili</u>		
Soggiorni, camere da letto	11	-
Cucine, bagni, servizi ⁽¹⁾	-	-
<u>Alberghi</u>		
Ingressi, soggiorni	11	-
Auditori e sale conferenze	5,5	-
Sale da pranzo	10	-
Camera da letto	11	-
Bagni, servizi ⁽¹⁾	-	-
<u>Residenze collettive</u>		
Sale riunioni	9	-
Dormitori	11	-
Cucine	-	16,5
Bagni, servizi ⁽¹⁾	-	-
<u>Edifici per uffici</u>		
Uffici singoli e open spaces	11	-
Locali riunione	10	-
Centri elaborazione dati	7	-
Bagni, servizi ⁽¹⁾	-	-
<u>Ospedali, cliniche, case di cura</u>		
Degenze (2-3 letti)	11	-
Corsie e camere sterili	11	-
Camere per infettivi ⁽²⁾	-	-
Sale mediche, soggiorni	8,5	-
Terapie fisiche	11	-
Sale operatorie, sale parto ⁽²⁾	-	-
Bagni, servizi ⁽¹⁾	-	-

Note:

⁽¹⁾ Ricambio minimo richiesto nei servizi igienici (antibagni esclusi) è pari a 4 vol/h per edifici adibiti a residenza e 8 vol/h per le altre categorie in tabella.

⁽²⁾ Per questi ambienti le portate d'aria devono essere stabilite in relazione alle prescrizioni vigenti ed alle esigenze delle singole applicazioni.



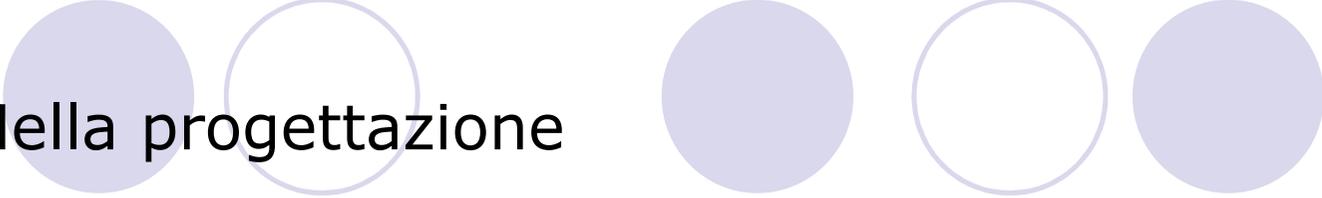
Portate di aria
esterna UNI 10339

Generation of pollution from occupants				
	Sensory pollution load olf/occupant	Carbon dioxide l/(h·occupant)	Carbon monoxide ¹⁾ l/(h·occupant)	Water vapour ²⁾ g/(h·occupant)
<i>Sedentary, 1-1.2 met</i>				
0% smokers	1	19		50
20% smokers ³⁾	2	19	$11 \cdot 10^{-3}$	50
40% smokers ³⁾	3	19	$21 \cdot 10^{-3}$	50
<i>Physical exercise</i>				
Low level, 3 met	4	50		200
Medium level, 6 met	10	100		430
high level (athletes), 10 met	20	170		750
<i>Children</i>				
Kindergarten, 3-6 years, 2,7 met	1,2	18		90
School, 14-16 years, 1-1,2 met	1,3	19		50
¹⁾ from tobacco smoking ²⁾ applies for persons close to thermal neutrality ³⁾ average smoking rate 1,2 cigarettes/hour per smoker, emission rate 44 ml CO/cigarette				



Ventilare: perché?

- 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

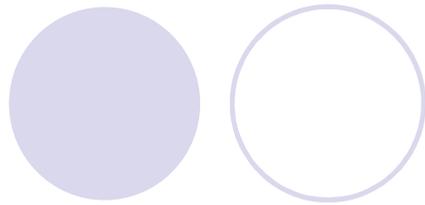


Nella progettazione

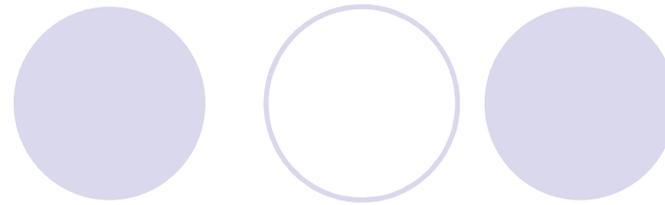
Individuare quali ambienti devono essere messi in sovrappressione e quali in depressione, al fine di stabilire l'adeguata circolazione dell'aria all'interno dell'edificio.

Per esempio, nel caso di edilizia residenziale si dovrà prevedere:

- Soggiorni e camere da letto in sovrappressione
- Cucina e bagno in depressione



1- NATURALE



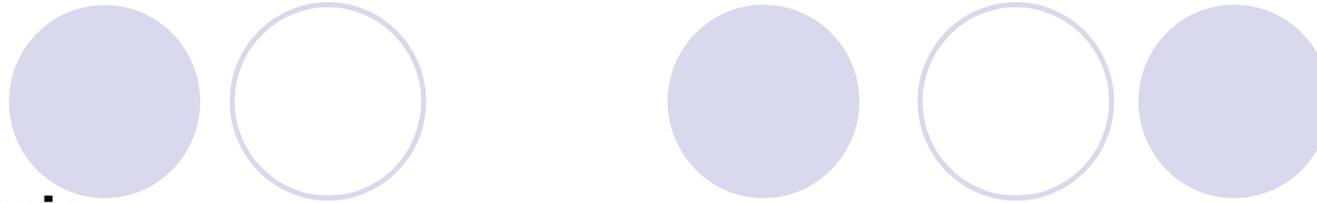
- Infiltrazioni attraverso i serramenti
- Apertura delle finestre
- Sistemi a tiraggio naturale

2- MECCANICA
CONTROLLATA



- Sistemi a semplice flusso
- Sistemi a doppio flusso

3 - IBRIDA



Esempio:

ambiente $V = 100 \text{ m}^3$ nel quale si producono $G_v = 350 \text{ g/h}$ di vapor acqueo.

Aria esterna: $t_e = 0^\circ\text{C}$; $\phi_e = 80\%$

Aria interna: $t_i = 20^\circ\text{C}$; $\phi_i = 60\%$

Determinare il ricambio naturale di aria n necessario a mantenere le condizioni interne prefissate.

$$G_v = n \rho_{\text{aria}} V (x_i - x_e)$$

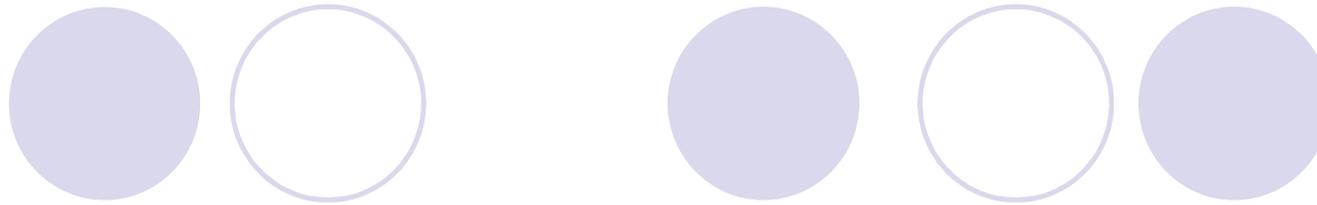
$$\rho_{\text{aria}} = 1,2 \text{ kg/ m}^3$$

$$x_i = 8,8 \text{ g/ kg}_{\text{as}}$$

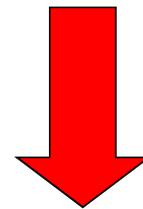
$$x_e = 3,2 \text{ g/ kg}_{\text{as}}$$

servirebbero

$$n = 0,52 \text{ ricambi/ h}$$



Ventilazione meccanica



- 1 - COMFORT
- 2- TUTELA DELLA SALUTE UMANA
- 3 - TUTELA DEL MANUFATTO EDILIZIO
- 4 - CONTENIMENTO DEI CONSUMI ENERGETICI

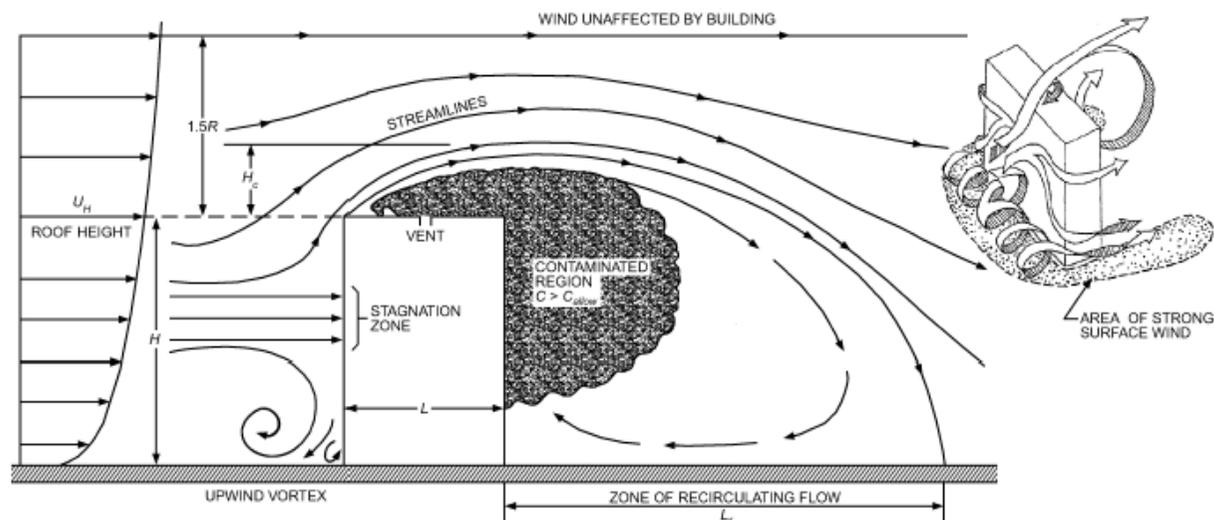
Ventilazione naturale

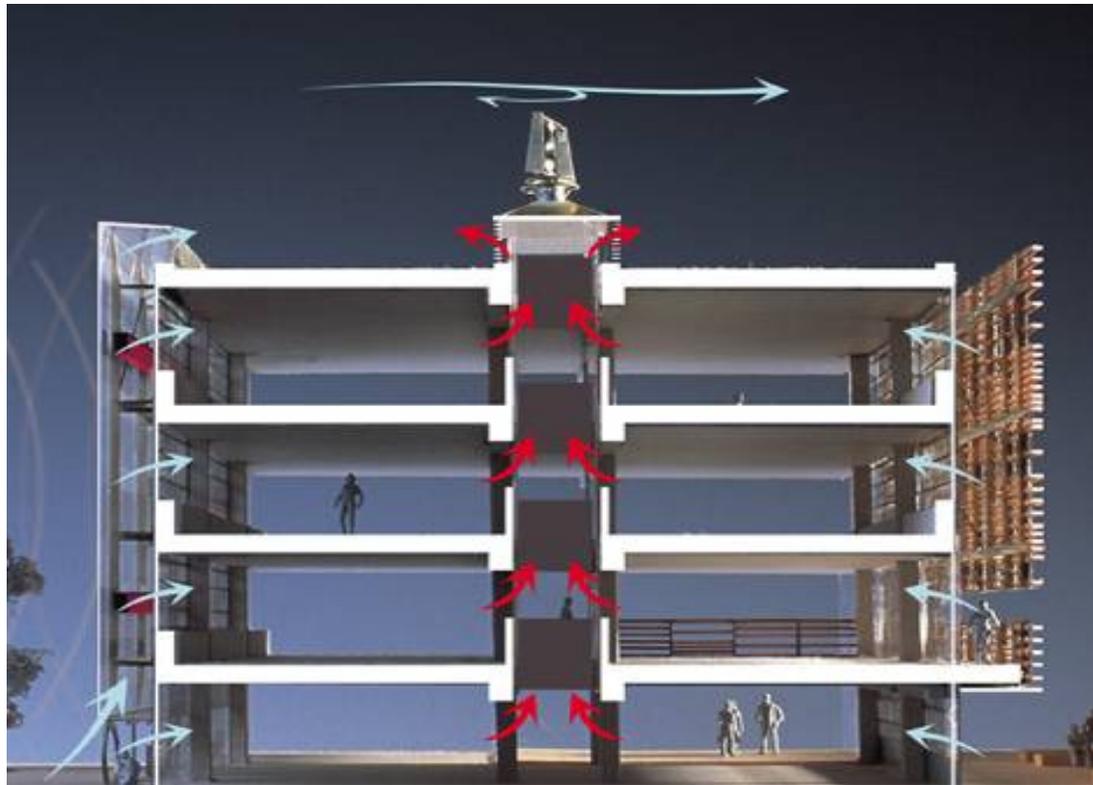
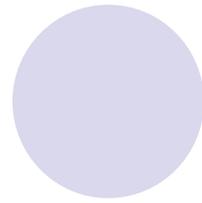
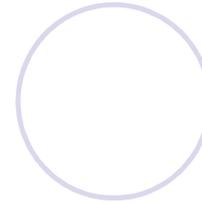
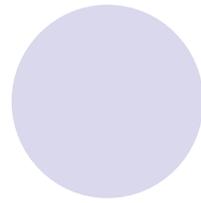
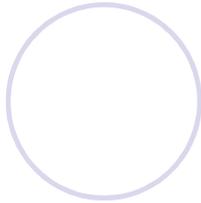
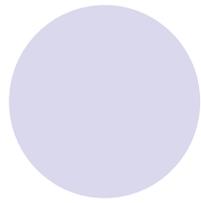
I flussi di aria in un edificio possono essere generati in modo non intenzionale.

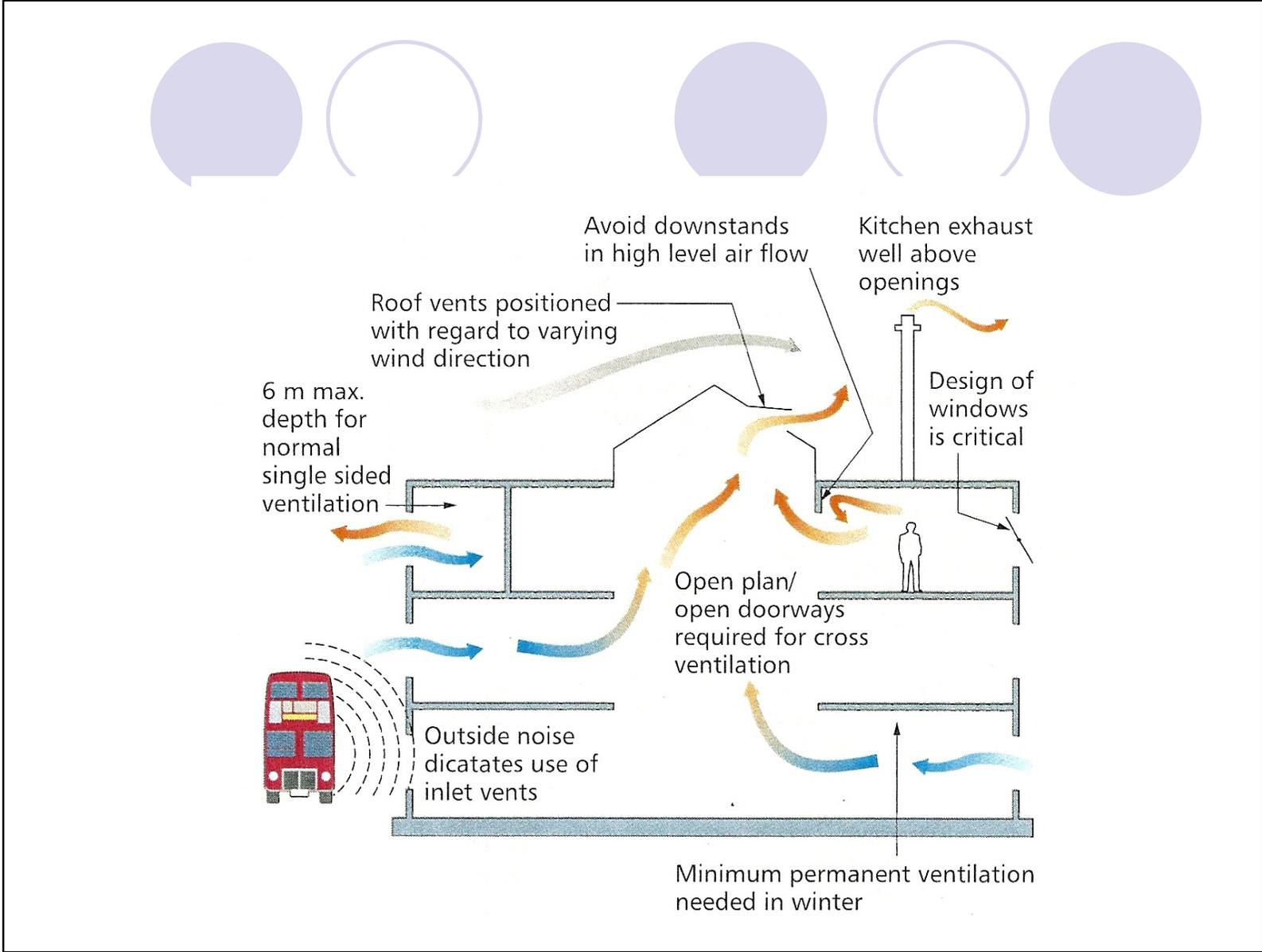
Si parla in questo caso di infiltrazioni (air leakages)

Le infiltrazioni sono generate da differenze di pressione tra interno ed esterno a causa di:

- vento;
- differenze di temperatura ;
- componenti meccanici (ventilatori)







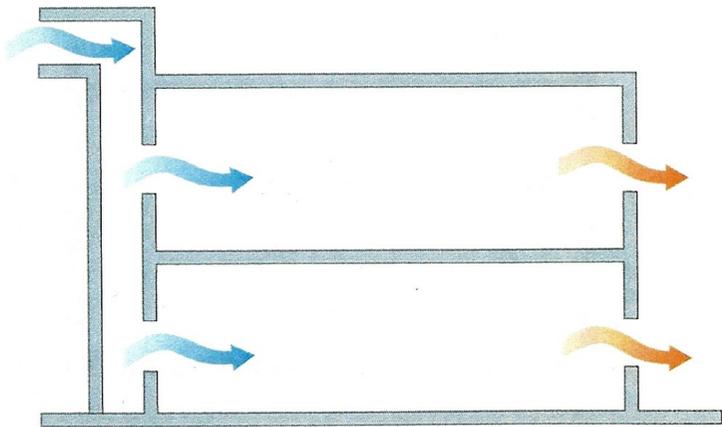


Figure 2.21 Wind scoop

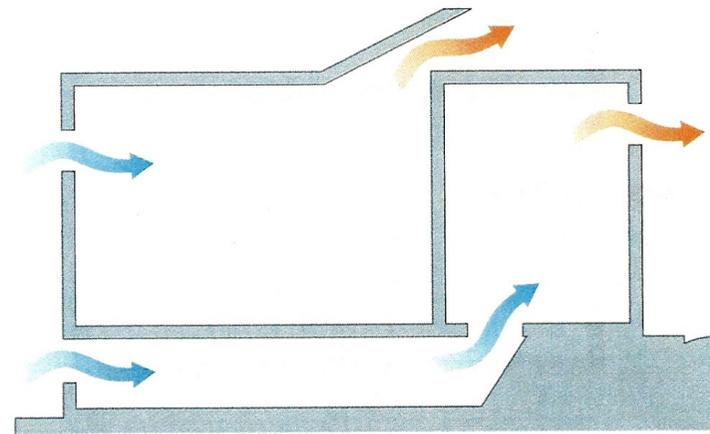
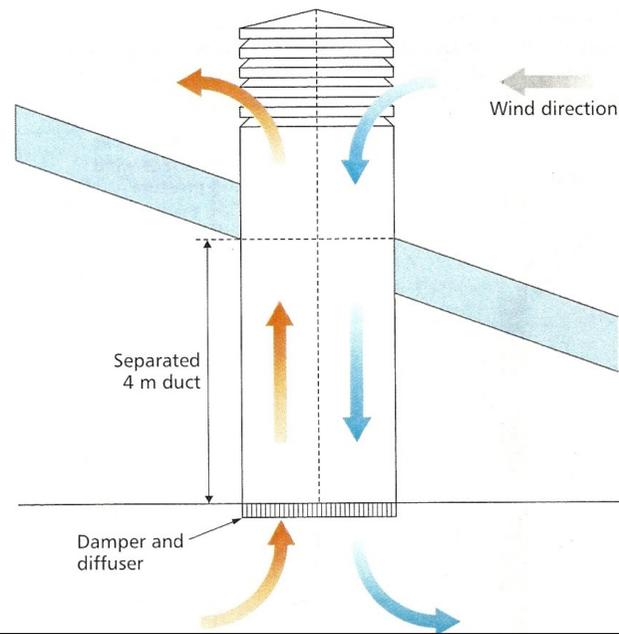


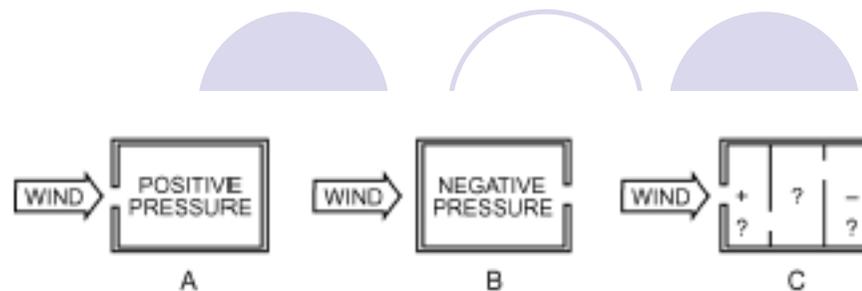
Figure 2.23 Underfloor ventilator



L'effetto del vento

$$p_{wind} = C_{p,out} \frac{\rho_{aria} W^2_{wind}}{2}$$

$$p_{indoor} = C_{p,in} \frac{\rho_{aria} W^2_{wind}}{2}$$



PRESSURES IN BUILDING RESULTING FROM WIND:

- A. With upstream opening only, pressure is positive.
- B. With downstream opening only, pressure is negative.
- C. Pressures are as shown if openings are equal in shape and area. With unequal openings, pressures can be either negative or positive in each space, depending on relative areas of openings.

$$\Delta p = p_{wind} - p_{indoor} = (C_{p,out} - C_{p,in}) \frac{\rho_{aria} W^2_{wind}}{2}$$

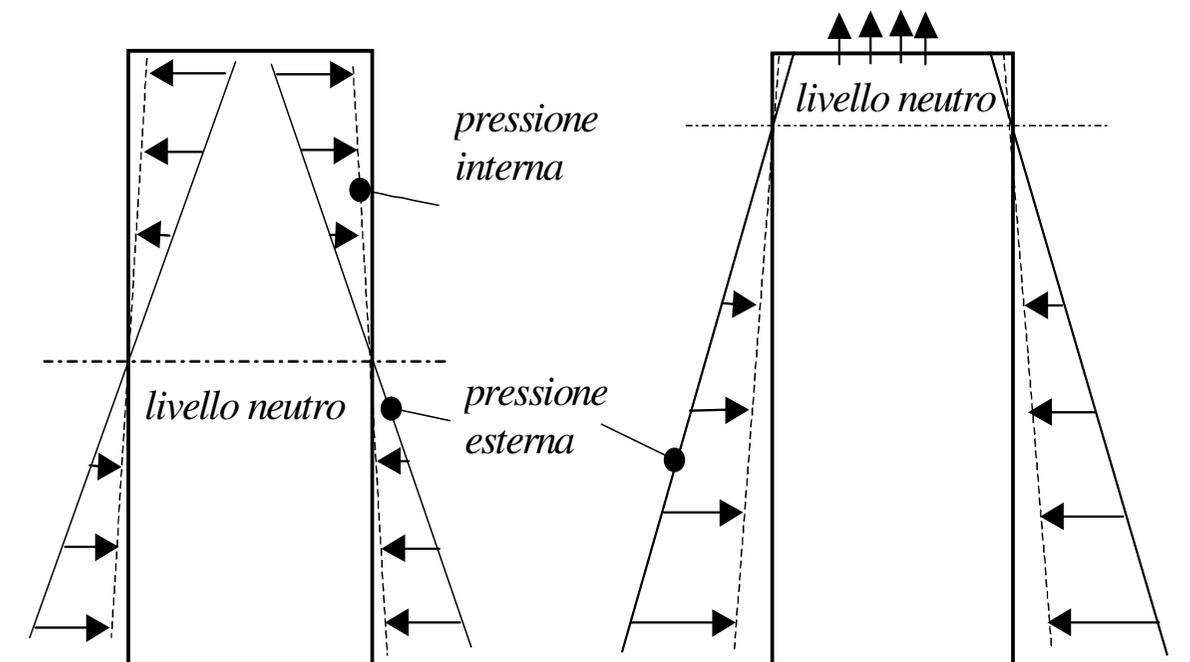
Una differenza positiva significa che l'aria è spinta nell'edificio

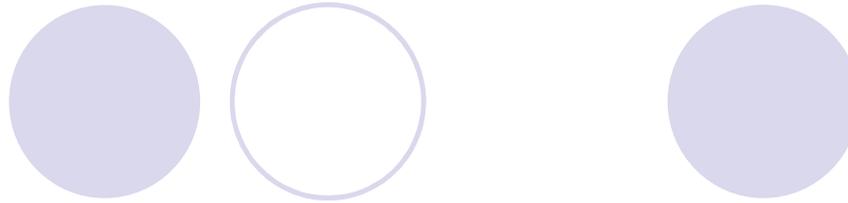
$$C_{p,in} \approx -0,3$$

$$C_{p,out} = 0,4 \quad \text{con vento normale alla superficie;}$$

$$C_{p,out} = -0,2 \quad \text{sulla superficie opposta}$$

L'effetto termico (stack effect o effetto camino)





L'effetto termico (stack effect)

E' l'effetto causato dal peso delle colonne di aria interne ed esterne.

La differenza di pressione, rispetto ad un punto di riferimento, è causata da una differenza di temperatura tra le due colonne.

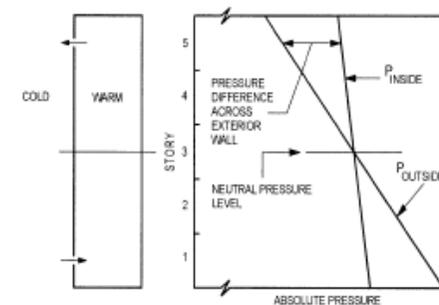
$$\Delta p_{stack} = \rho_0 \cdot g \cdot \left(\frac{T_{out} - T_{in}}{T_{in}} \right) (H_{NPL} - H) [Pa]$$

H = altezza del piano orizzontale [m]

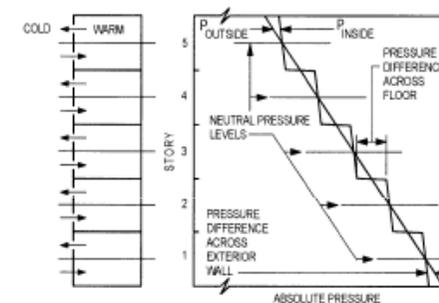
H_{NPL} = altezza dal piano neutro (p_{in} = p_{out})

T = temperatura [K]

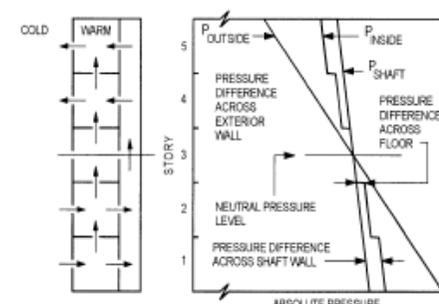
g = 9,81 m/s²



A. BUILDING WITH NO INTERNAL PARTITION



B. BUILDING WITH AIRTIGHT SEPARATION OF EACH STORY



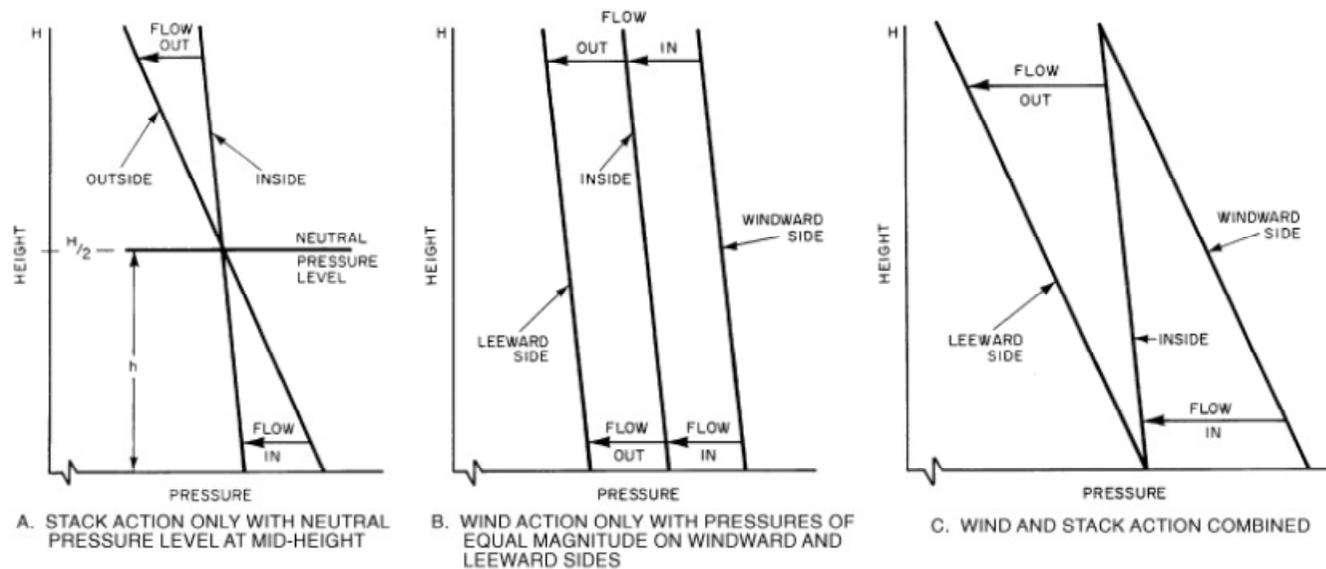
C. REAL BUILDING WITH OPEN SHAFT

Per **convenzione**, la differenza di pressione per effetto camino è positiva quando l'edificio è pressurizzato rispetto all'esterno (e l'aria fluisce verso l'esterno).

In assenza di altre forze e assumendo nullo l'effetto camino, **quando l'interno è più caldo dell'esterno**, la base dell'edificio è in depressione rispetto all'esterno e la parte alta è in pressione rispetto all'esterno.

Se l'aria interna è più fredda, è vero il contrario.

In assenza di altre forze, la collocazione del piano neutro è influenzata dalla tenuta dell'edificio. Il piano neutro (NPL) non è necessariamente a metà e non è necessariamente unico.



Ventilazione naturale

I metodi di calcolo e la bibliografia di settore dimostrano che il minimo ricambio dell'aria **non può** essere assicurato in maniera continuativa nell'arco delle 24 ore mediante le infiltrazioni.

Determinazione della portata d'aria per infiltrazione

La portata d'aria per infiltrazione espressa in (m³/s) è data da:

$$\varphi = P_o V / 3\,600$$

dove: P_o è la permeabilità all'aria dell'involucro edilizio;

V è il volume riscaldato.

Il valore della permeabilità all'aria dell'involucro è dato da:

$$P_o = \frac{\Delta p}{V} \left[\sum_1^q (m A)_j + \sum_1^r (v L)_j \right]$$

dove: q è il numero di serramenti;

r è il numero di cassonetti;

Δp è la differenza di pressione tra interno ed esterno;

m è il coefficiente di permeabilità all'aria dei serramenti di finestre e porte (m³/hm²);

A è l'area delle finestre e porte;

v è il coefficiente di permeabilità dei cassonetti (m³/hm);

L è la lunghezza dei cassonetti.

Caso 1: infisso non classificato e ventosità elevata - $\varphi = 169 \text{ m}^3/\text{h}$

Caso 2: infisso non classificato e ventosità moderata - $\varphi = 69 \text{ m}^3/\text{h}$

Caso 3: infisso classificato e ventosità moderata - $\varphi = 26 \text{ m}^3/\text{h}$

La quantità di aria W [m³] defluente da una finestra in un periodo τ (minuti) può essere valutata dalla seguente espressione:

$$W = 4382 [0,425 A_r - 0,1126 A_r^2 + 0,0172 A_r^3] \cdot \left[0,383 \left(\frac{\tau}{60}\right) - 0,027 \left(\frac{\tau}{60}\right)^2 + 0,0038 \left(\frac{\tau}{60}\right)^3 \right] \cdot \left[3,712 \left(\frac{\Delta\theta}{25}\right) - 5,275 \left(\frac{\Delta\theta}{25}\right)^2 + 2,562 \left(\frac{\Delta\theta}{25}\right)^3 \right]$$

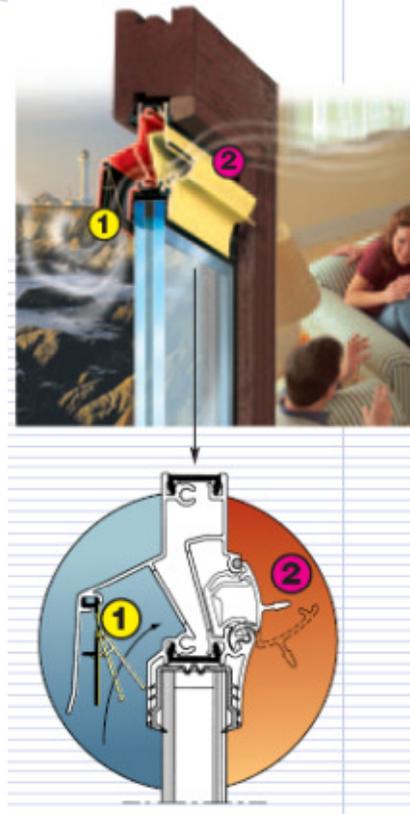
A_r = area finestra [m²]

$\Delta\theta$ = differenza di temperatura tra aria interna ed esterna [K]

DISPOSITIVI PER LA VENTILAZIONE NATURALE

Il serramento illustrato è in grado di assicurare una determinata portata d'aria indipendentemente dal valore della pressione agente sulla facciata esterna.

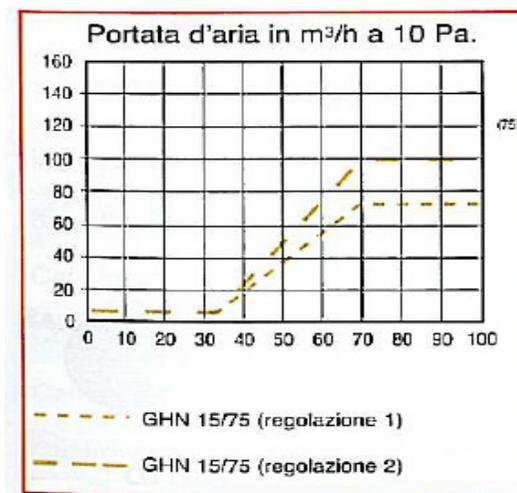
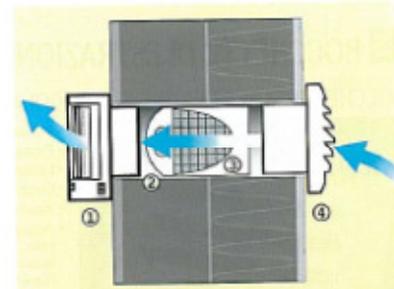
L'aria entra attraverso un deflettore (1), dispositivo che assicura il controllo della portata, e viene introdotta in ambiente attraverso una serranda (2) la cui apertura è a discrezione dell'utente



DISPOSITIVI PER LA VENTILAZIONE NATURALE

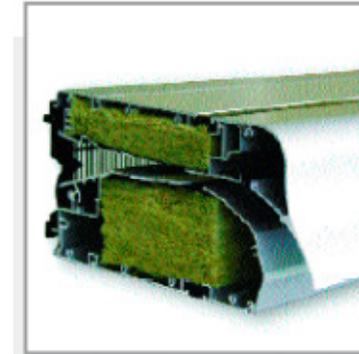
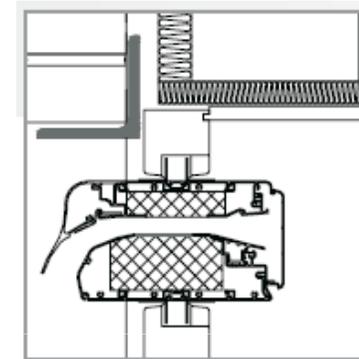
Un'altra caratteristica sulla quale può essere impostata la regolazione dei dispositivi di immissione dell'aria è l'umidità dei locali interni.

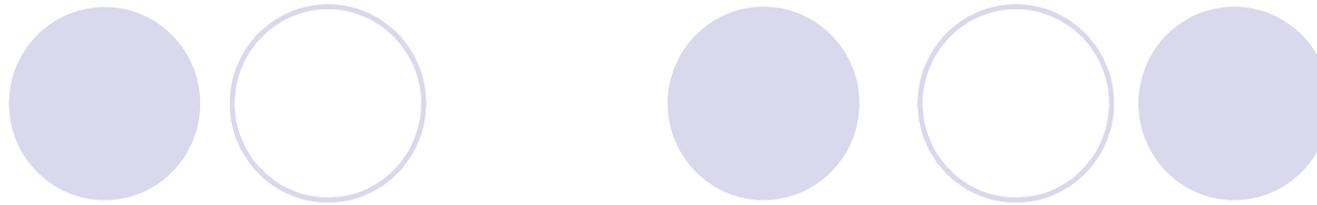
In questo caso, la presa d'aria è dotata di una membrana in grado di espandersi o contrarsi al variare del tasso di umidità relativa, occludendo o meno il passaggio dell'aria.



DISPOSITIVI PER LA VENTILAZIONE NATURALE

Anche il problema della rumorosità proveniente dall'esterno può essere ridotto attraverso l'adozione di particolari prese d'aria dotate di materiali con caratteristiche fonoassorbenti.



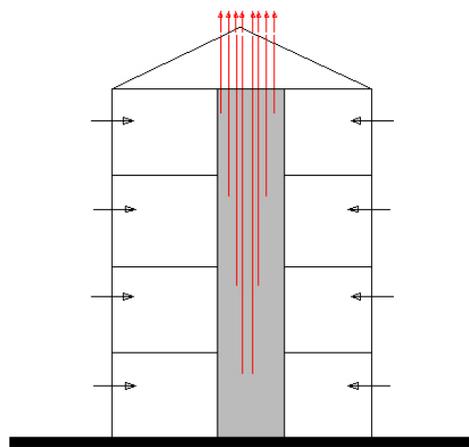


Minima ventilazione imposta

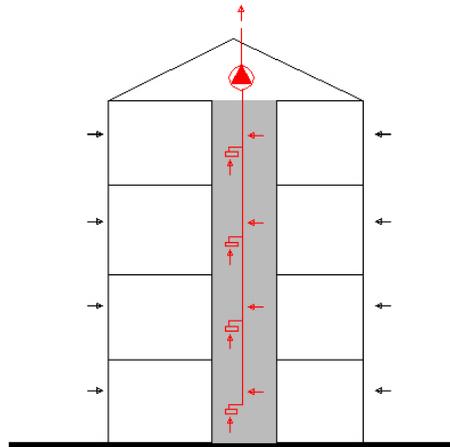
- 1 – sistemi a portata fissa
- 2- sistemi a portata variabile (controllo sulla base di un parametro specifico come CO_2 , o UR)
- 3 – sistemi a portata fissa con recupero di calore (statico o termodinamico)

CR 14788 - “Ventilation for buildings - Design and dimensioning of residential ventilation systems”.

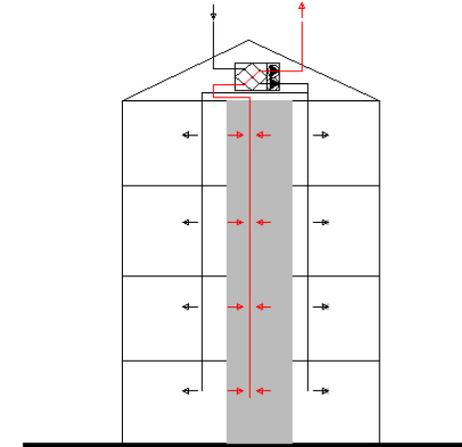
Sono illustrati i diversi sistemi di ventilazione nell’edilizia residenziale



ventilazione naturale



ventilazione meccanica
a semplice flusso per
estrazione



ventilazione meccanica
a doppio flusso con
recupero di calore



Tecniche di ventilazione in edilizia:

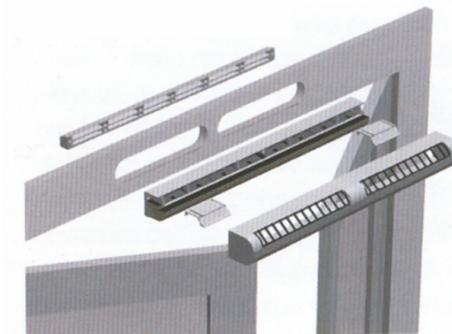
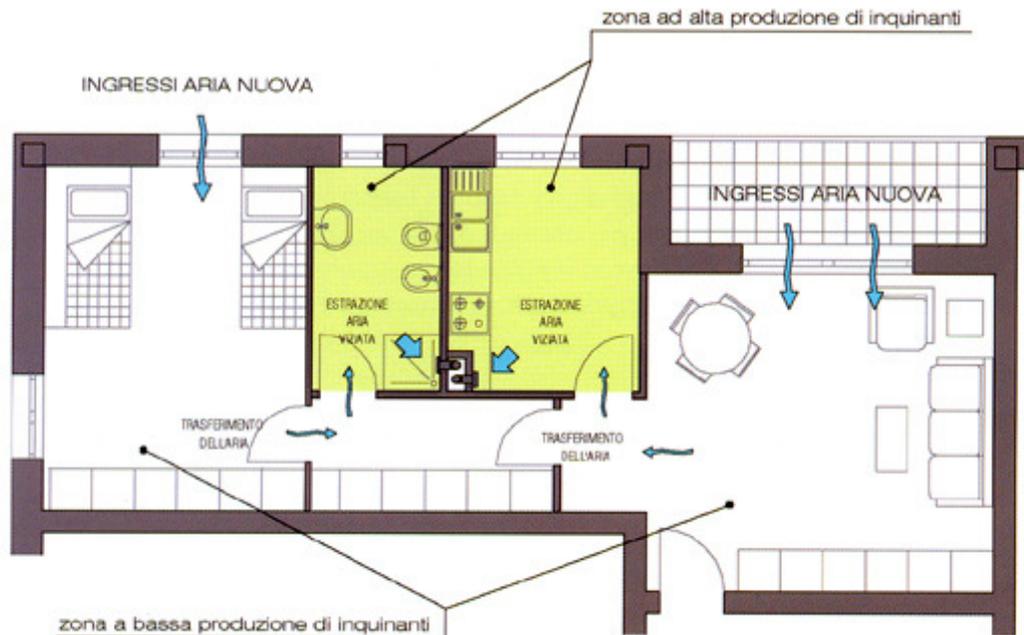
Edilizia terziaria: impianti particolarmente complessi, usualmente strutturati da centrali per il trattamento dell'aria, reti di distribuzione e terminali.

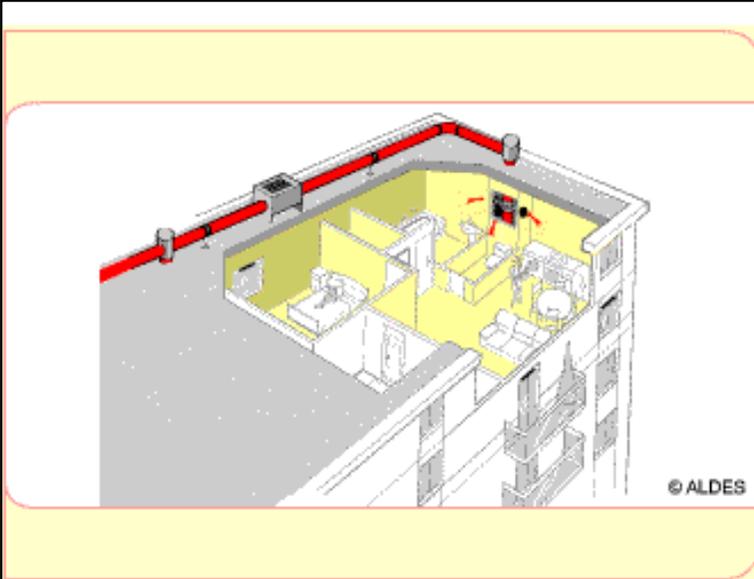
Edilizia residenziale: sono utilizzate tecnologie semplici (esiguità di spazi tecnici), ma funzionali.

La ventilazione nell'edilizia residenziale è un aspetto molto sentito. In questi ambienti, inoltre, la qualità dell'aria è un aspetto necessario ed imprescindibile.

Tecniche di ventilazione meccanica controllata per l'edilizia residenziale:

Sistemi a semplice flusso per estrazione: a portata fissa o variabile

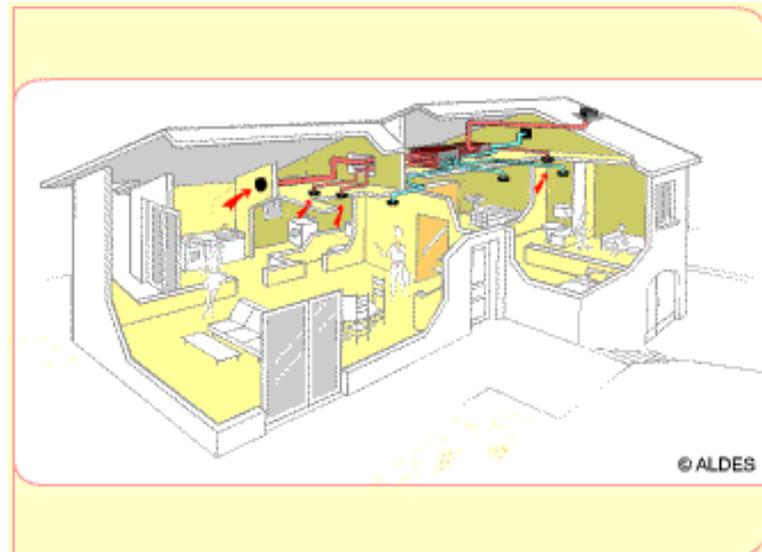




● ○ ●
Sistema a semplice flusso

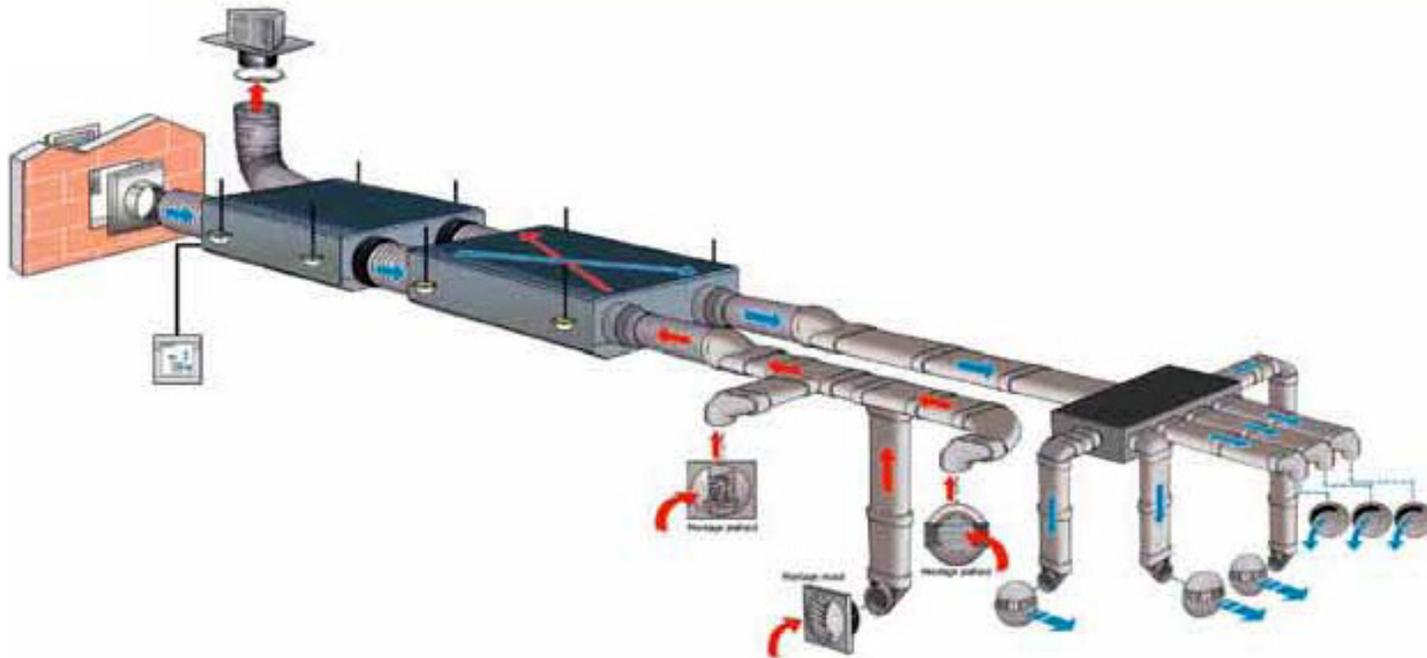
Ventilazione meccanica

Sistema a doppio flusso



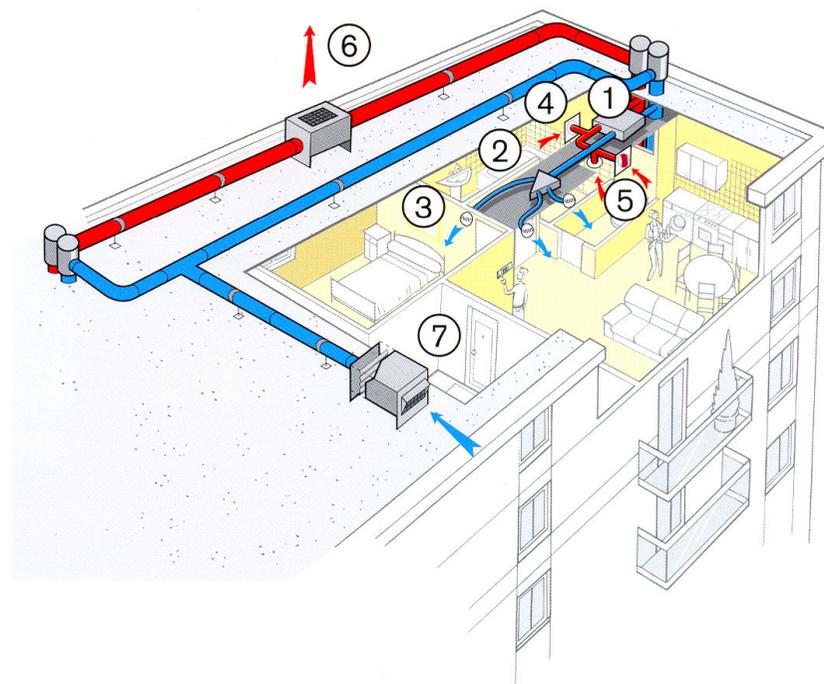
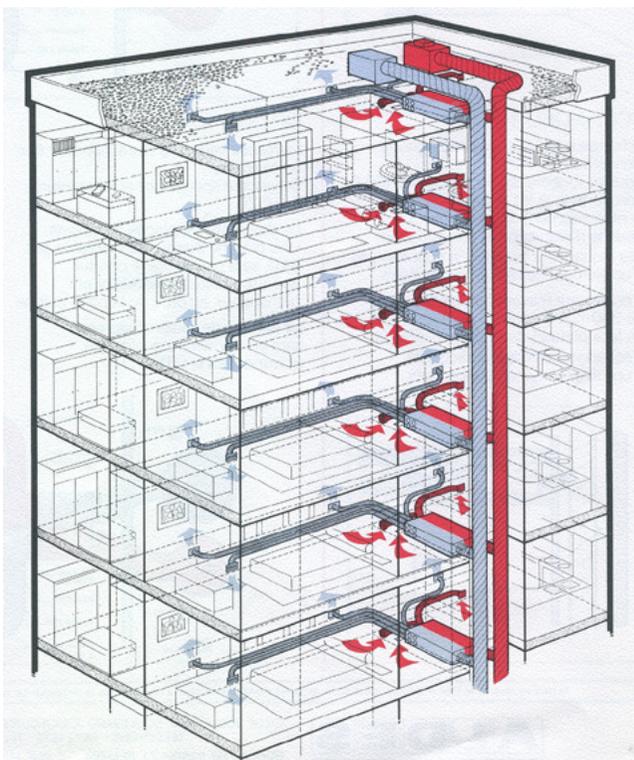
Tecniche di ventilazione meccanica controllata per l'edilizia residenziale:

Sistemi a doppio flusso con recupero di calore statico



Tecniche di ventilazione meccanica controllata per l'edilizia residenziale:

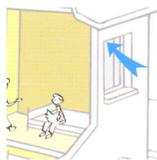
Sistemi a doppio flusso con recupero di calore statico e termodinamico (schemi)



Componenti

Gli ingressi aria

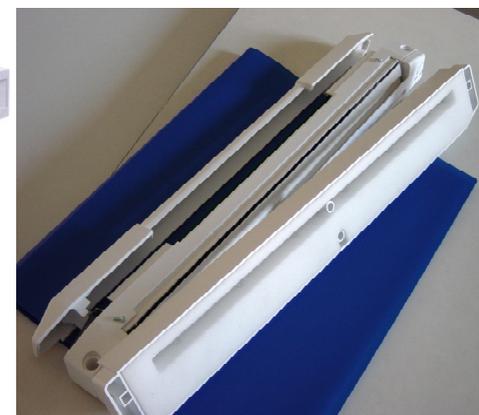
a controllo di portata con silenziatore per l'abbattimento acustico di facciata dell'edificio secondo le vigenti normative



Montaggio ingresso aria **nell'infisso**



Montaggio ingresso aria **sul cassonetto**



Le bocchette di estrazione

a portata controllata per ottenere il ricambio d'aria richiesto



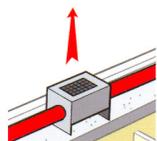
BAP
Bocchetta
Autoregolante



BAHIA
Bocchetta
Igregolabile

Ventilatori e condotti

silenziosi a basso consumo energetico per il funzionamento continuo del sistema. Canali e pezzi speciali in acciaio per l'abbattimento acustico di trasmissione.

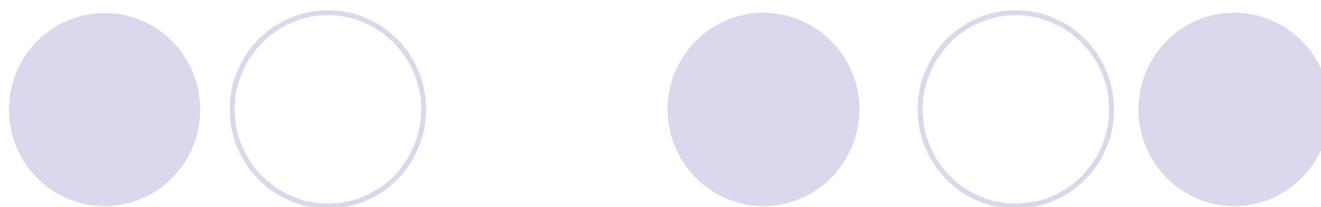


Canali
in lamiera zincati
circolari ed ovali

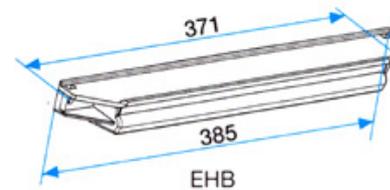
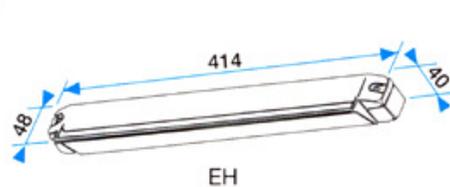


VEC
Ventilatore cassettonato
per impiego
condominiale





Controvento insonorizzato

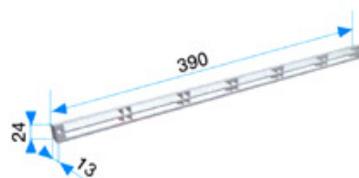


APPLICAZIONE

- Montaggio all'esterno del serramento o della manichetta a muro.
- Oltre ad evitare l'ingresso dell'acqua aumenta l'isolamento acustico
- Utilizzato in abbinamento con gli ingressi aria insonorizzati consente un elevato livello di tenuta al rumore.

R4	Descrizione	dB	Colore	Codice	Prezzo
	Controvento Insonorizzato 30 EH	+ 2	Bianco	011.972	18,50
			Alu	011.755	18,50
	Controvento Insonorizzato 22 EH	+ 2	Bianco	011.971	18,50
			Alu	011.756	18,50
	Controvento Insonorizzato EHB	+ 4	Bianco	011.220	13,50
			Marrone	011.222	13,00
			Frassino	011.221	13,00

Controvento Standard



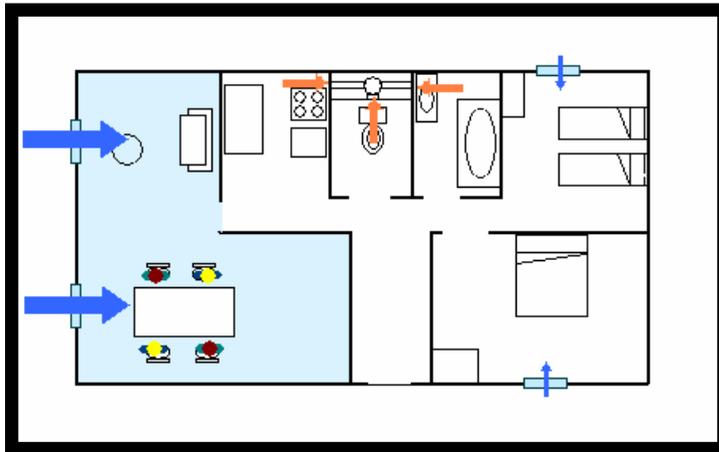
Controvento standard

APPLICAZIONE

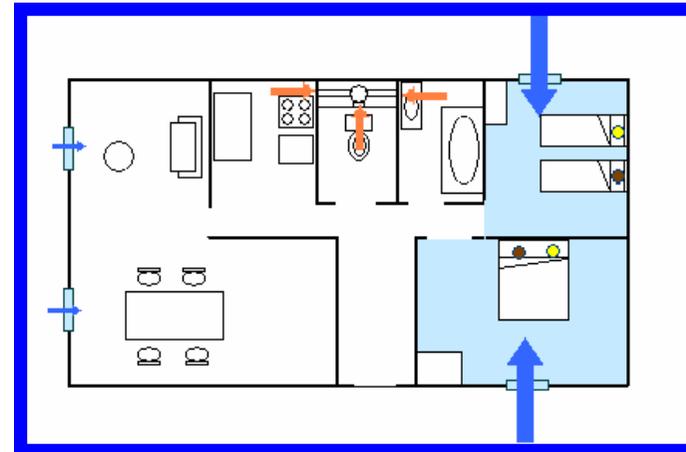
- Montaggio all'esterno del serramento o della manichetta a muro.
- Evita l'ingresso dell'acqua a vento.

R4	Descrizione	Colore	Codice	Prezzo
	Controvento standard 30	Bianco	011988	1,00
		Marrone	011814	1,00
		Frassino	011815	1,00
		Nero	011813	1,00
		Alu	011753	1,00

Sistema igroregolabile: principio di funzionamento



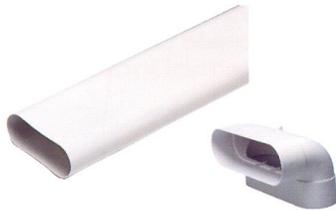
Occupazione diurna



Occupazione notturna

Doppio flusso con recupero statico condominiale

L'applicazione dei sistemi di VMC nell'edilizia condominiale prevede la centralizzazione dell'aria di rinnovo filtrata come la centralizzazione dell'estrazione. La regolazione della portata avviene con il sistema autoregolabile. Gli scambiatori di calore rimangono autonomi per una gestione in base alla reale produzione di ogni singola abitazione.

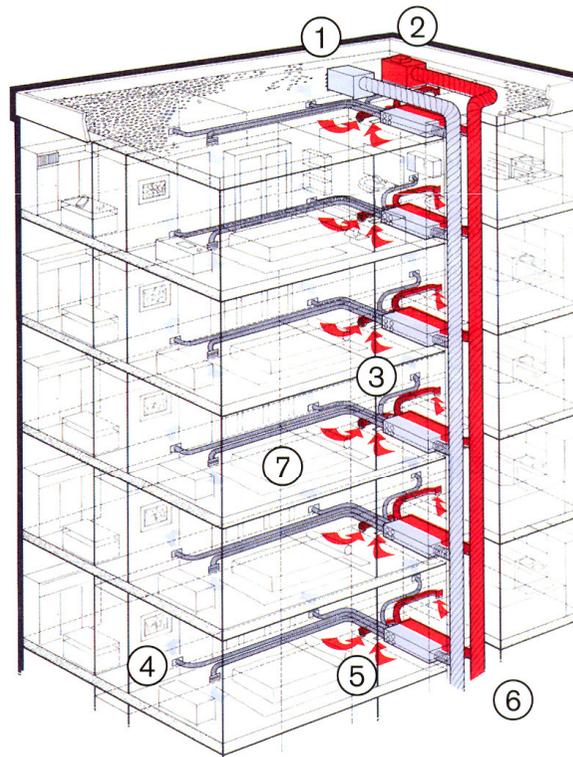


Condotti ovali per interni

- 1 - Ventilatore di immissione centralizzato
- 2 - Ventilatore di estrazione centralizzato
- 3 - Recuperatore di calore autonomo
- 4 - Terminale di immissione aria nuova
- 5 - Terminale di estrazione
- 6 - Canalizzazioni principali
- 7 - Condotti di distribuzione interna

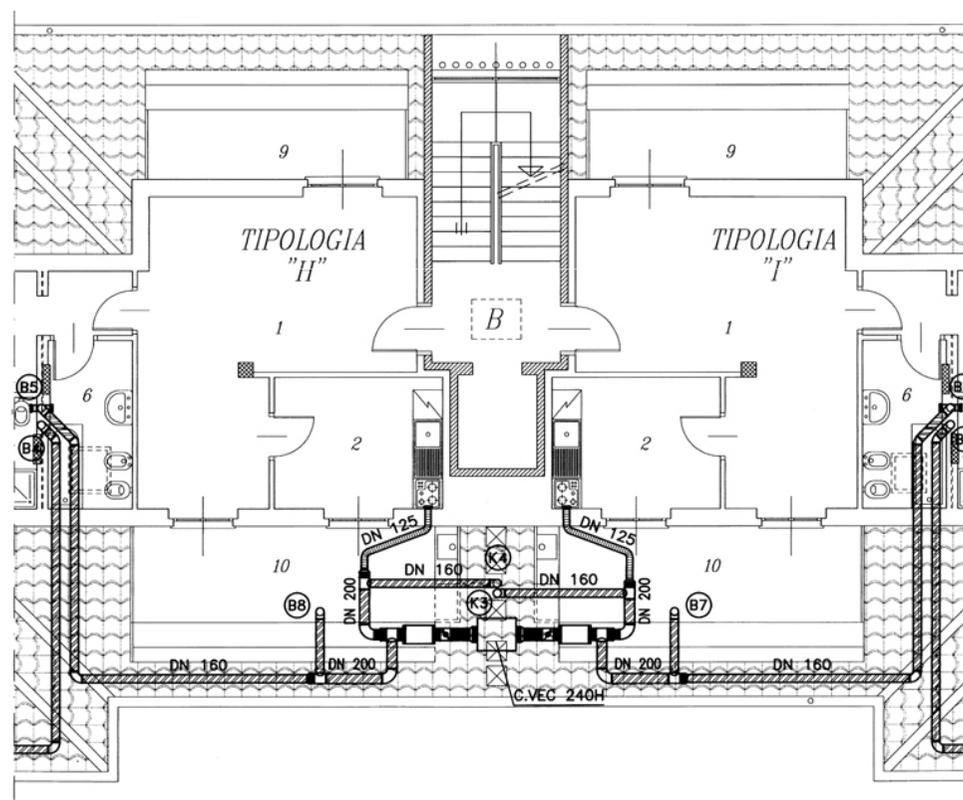


Ventilatore di immissione con filtrazione



Impianto VMC per le abitazioni collettive: distribuzione orizzontale

PIANTA PIANO MANSARDA - SCALA B



Calcoli energetici

$$Q_v = \sum_k [H_{v,k} (\theta_i - \theta_s)_k] \cdot t$$

H_v = coefficiente di scambio termico per ventilazione [W/K]

$$= \rho_a \cdot c_a \cdot n \cdot V$$

θ_i = temperatura interna [°C];

θ_s = temperatura di mandata dell'aria [°C];

V = volume ricambiato [m³];

n = tasso di ventilazione (ricambi d'aria);

t = tempo [s]

Decreto Ministero delle Infrastrutture e Trasporti

27/7/2005

$$n = 0,25 \text{ Vol/h}$$

Raccomandazione CTI R03/3 (novembre 2003)

Edifici residenziali

$$n = 0,3 \text{ Vol/h}$$

Altri edifici

UNI 10339

Secondo UNI EN 15251, il tasso di ventilazione di progetto deve essere determinato in base a due contributi:

ventilazione richiesta dagli occupanti (bioeffluenti) q_p ;

ventilazione richiesta dagli inquinanti del sistema impiantistico e dei componenti costruttivi q_b .

La portata totale è:

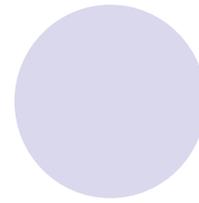
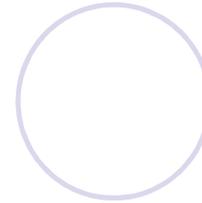
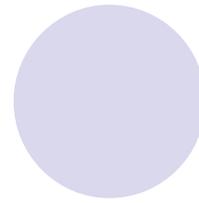
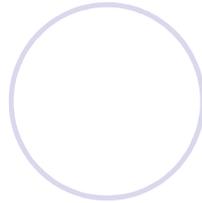
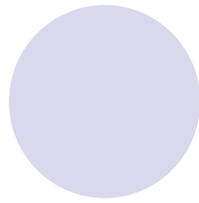
$$q_{tot} = n q_p + A q_b$$

A = superficie dell'edificio [m^2];

n = numero di persone

Category	Expected Percentage Dissatisfied	Airflow per person l/s/pers
I	15	10
II	20	7
III	30	
IV	> 30	< 4

q_p indicata da UNI EN15251 per diverse classi di merito



Very low polluting building Low polluting building

Non low-polluting building

Category I:	0,5 l/s, m ²	1,0 l/s, m ²	2,0 l/s, m ²
Category II:	0,35 l/s, m²	0,7 l/s, m²	1,4 l/s, m²
Category III:	0,3 l/s, m ²	0,4 l/s, m ²	0,8 l/s, m ²

q_b indicata da UNI EN15251 per diverse classi di merito

Table B.2 — Examples of recommended ventilation rates for non-residential buildings with default occupant density for three categories of pollution from building itself. If smoking is allowed the last column gives the additional required ventilation rate.

Type of building or space	Category	Floor area m ² /person	\dot{q}_p	\dot{q}_B	\dot{q}_{tot}	\dot{q}_B	\dot{q}_{tot}	\dot{q}_B	\dot{q}_{tot}	Add when smoking
			l/s, m ² for occupancy	l/s, m ² for very low-polluted building	l/s, m ² for low-polluted building	l/s, m ² for non-low polluted building	l/s, m ²			
Single office	I	10	1,0	0,5	1,5	1,0	2,0	2,0	3,0	0,7
	II	10	0,7	0,3	1,0	0,7	1,4	1,4	2,1	0,5
	III	10	0,4	0,2	0,6	0,4	0,8	0,8	1,2	0,3
Landscaped office	I	15	0,7	0,5	1,2	1,0	1,7	2,0	2,7	0,7
	II	15	0,5	0,3	0,8	0,7	1,2	1,4	1,9	0,5
	III	15	0,3	0,2	0,5	0,4	0,7	0,8	1,1	0,3
Conference room	I	2	5,0	0,5	5,5	1,0	6,0	2,0	7,0	5,0
	II	2	3,5	0,3	3,8	0,7	4,2	1,4	4,9	3,6
	III	2	2,0	0,2	2,2	0,4	2,4	0,8	2,8	2,0
Auditorium	I	0,75	15	0,5	15,5	1,0	16	2,0	17	
	II	0,75	10,5	0,3	10,8	0,7	11,2	1,4	11,9	
	III	0,75	6,0	0,2	6,2	0,4	6,4	0,8	6,8	
Restaurant	I	1,5	7,0	0,5	7,5	1,0	8,0	2,0	9,0	
	II	1,5	4,9	0,3	5,2	0,7	5,6	1,4	6,3	5,0
	III	1,5	2,8	0,2	3,0	0,4	3,2	0,8	3,6	2,8
Class room	I	2,0	5,0	0,5	5,5	1,0	6,0	2,0	7,0	
	II	2,0	3,5	0,3	3,8	0,7	4,2	1,4	4,9	
	III	2,0	2,0	0,2	2,2	0,4	2,4	0,8	2,8	
Kindergarten	I	2,0	6,0	0,5	6,5	1,0	7,0	2,0	8,0	
	II	2,0	4,2	0,3	4,5	0,7	4,9	1,4	5,8	

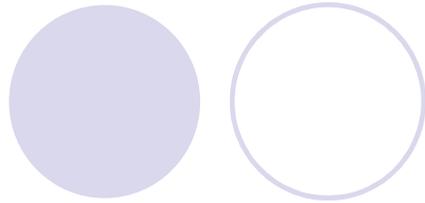
UNI EN 15251

In alternativa è possibile valutare direttamente il tasso di ventilazione secondo le diverse classi di merito

Category	Airflow per person l/s/pers	Airflow for building emissions pollutions (l/s/m ²)		
		Very low polluting building	Low polluting building	Non low polluting building
I	10	0,5	1	2
II	7	0,35	0,7	1,4
III	4	0,2	0,4	0,8

Examples of recommended CO₂ concentrations above outdoor concentration for energy calculations and demand control

Category	Corresponding CO ₂ above outdoors in PPM for energy calculations
I	350
II	500
III	800
IV	< 800



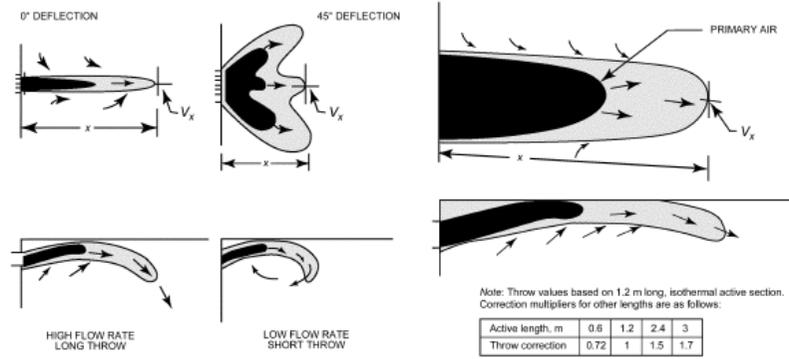
Strategie di ventilazione

Tipologie getti:

Getti isotermi

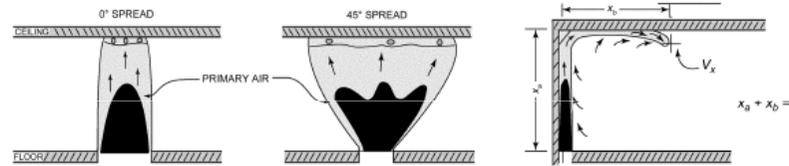
Getti non isotermi orizzontali

Getti non isotermi verticali

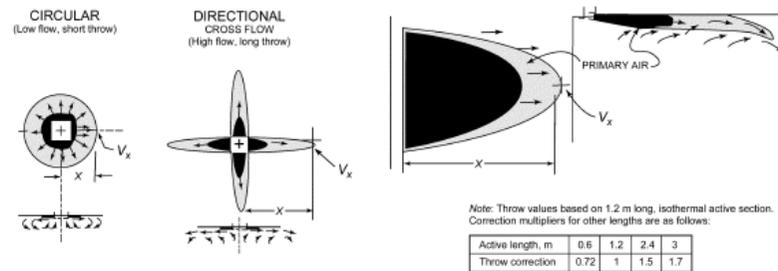


A. HIGH SIDEWALL GRILLES

B. HIGH SIDEWALL LINEAR



C. LOW SIDEWALL BASEBOARD OR FLOOR WITH VERTICAL DISCHARGE

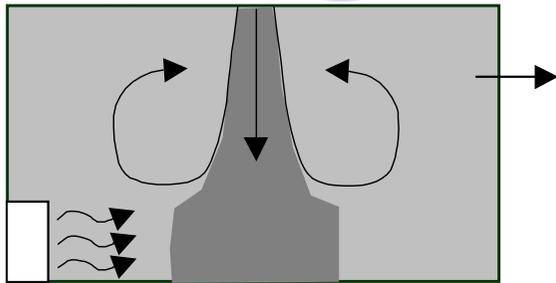


D. CEILING DIFFUSERS

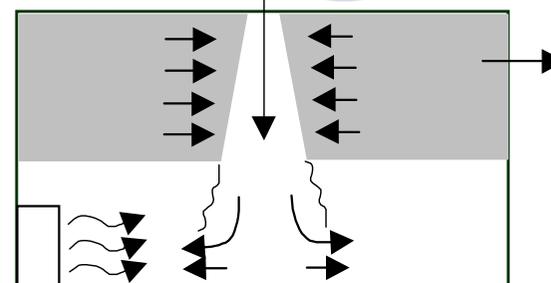
E. CEILING LINEAR

Note: Airflow patterns shown with darker shading indicate primary air patterns for various diffusers at discharge velocities above 0.75 m/s.

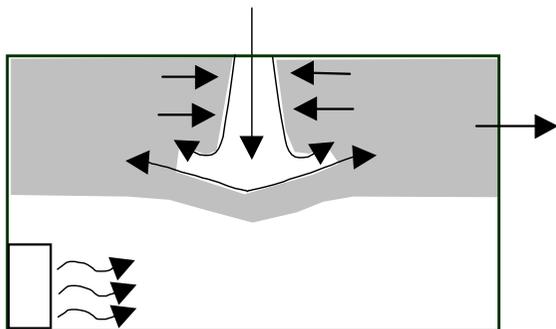
Strategie di ventilazione



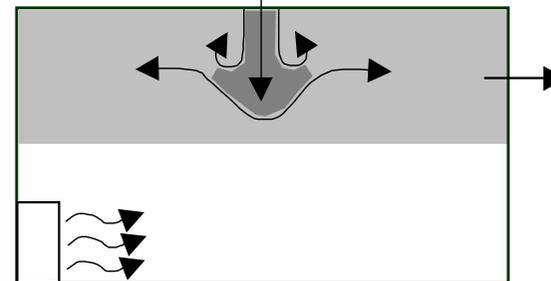
a) immissione ad alta velocità



b) immissione a bassa
velocità

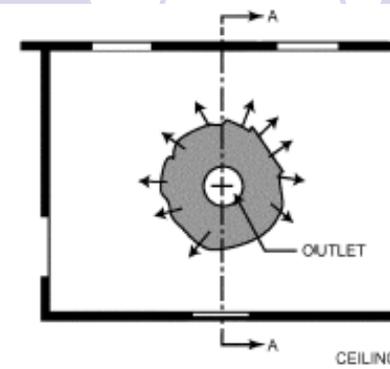
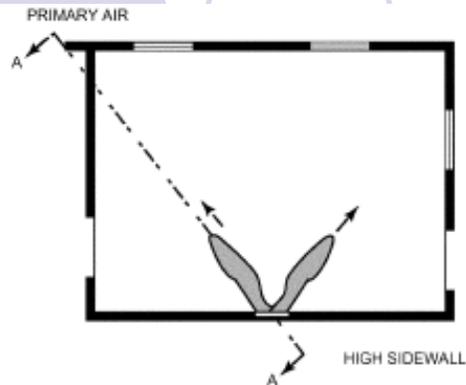


c) immissione di aria
più fredda

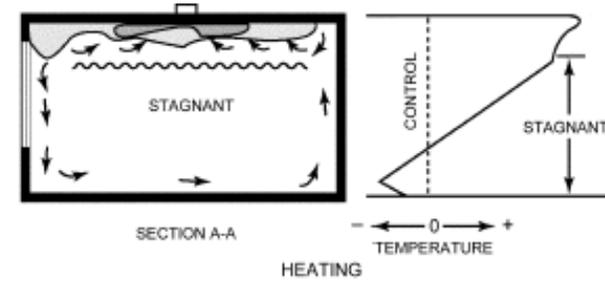
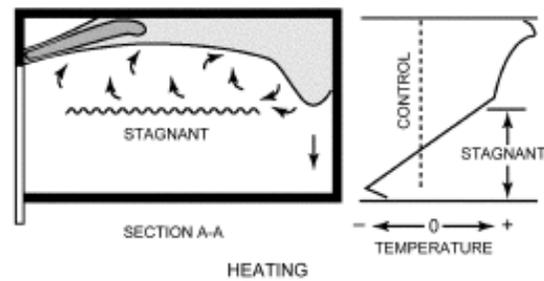
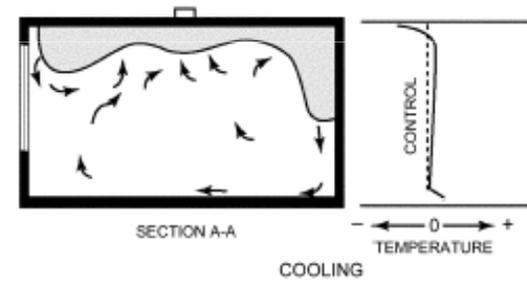
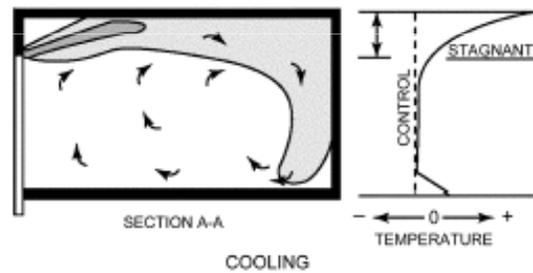


d) immissione di aria
più calda

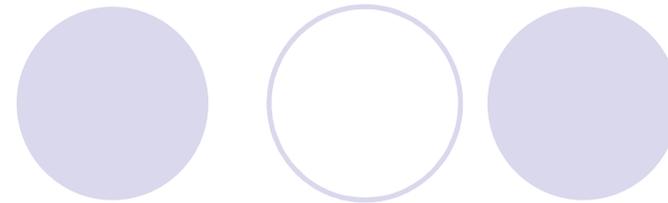
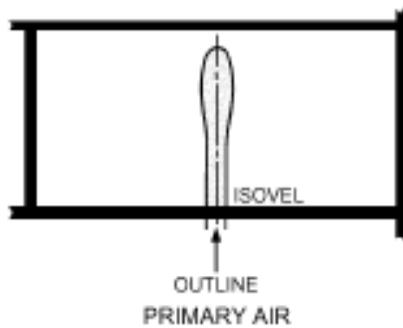
Gruppo A: diffusori sul soffitto o vicino ad esso (getto orizzontale)



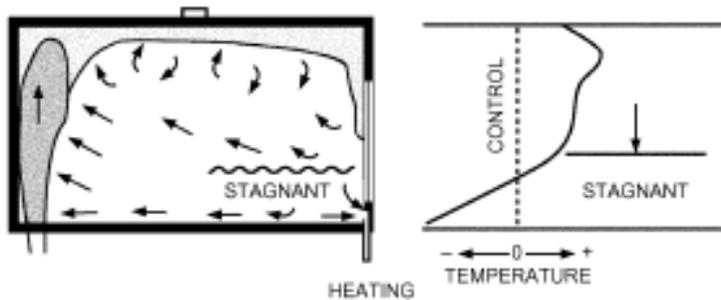
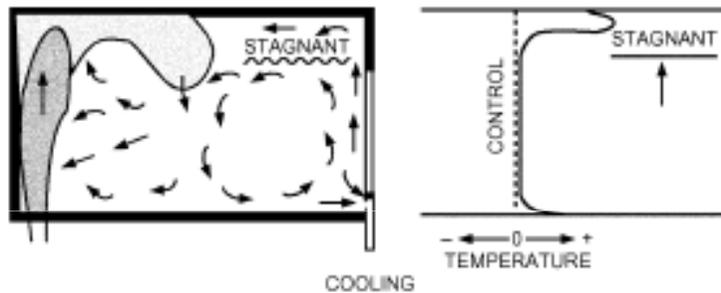
PLAN VIEW



SIDE VIEW

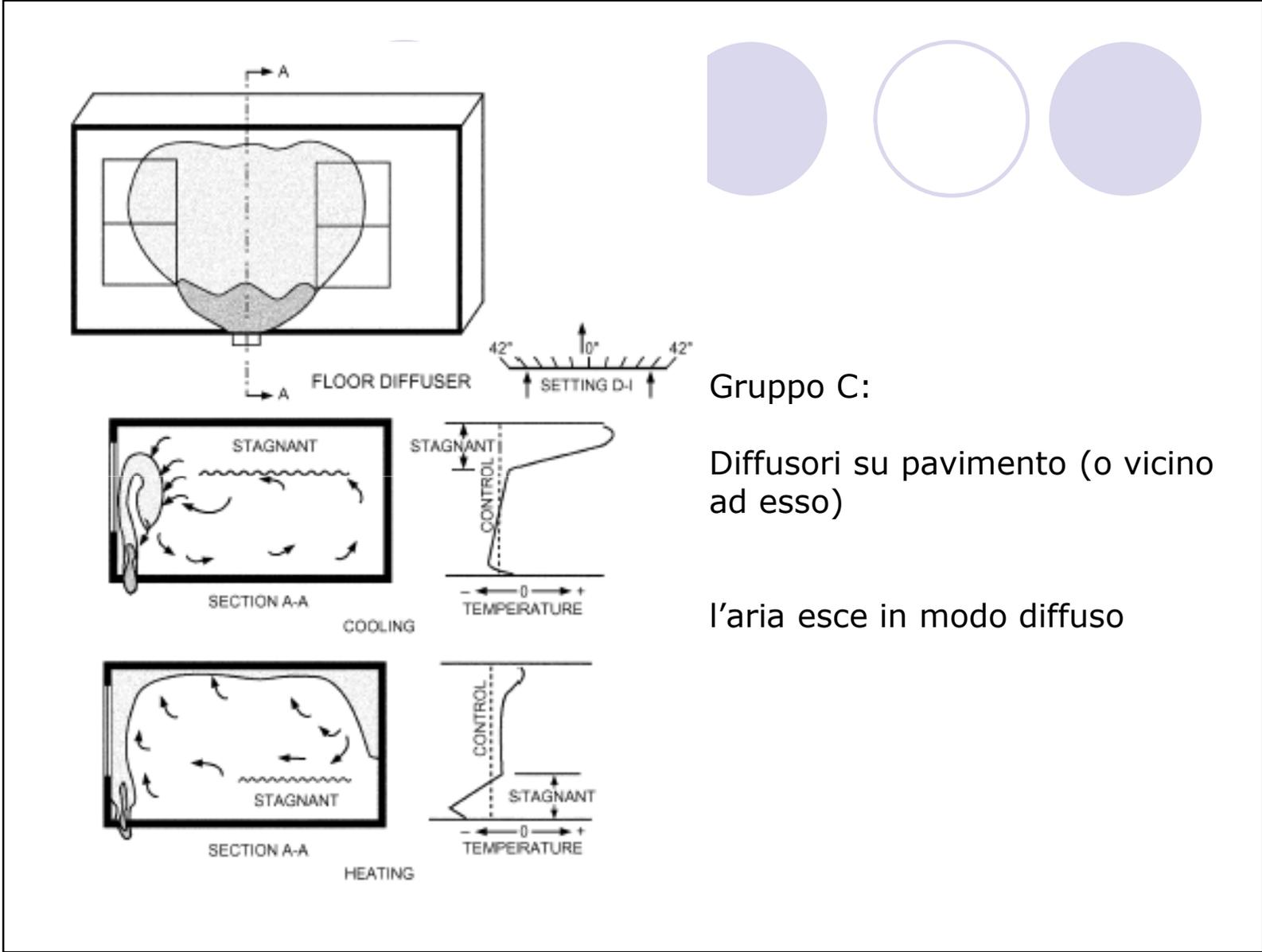


Gruppo B:
Diffusori su pavimento (o vicino ad esso)



OUTLET IN OR NEAR FLOOR, NONSPREADING VERTICAL JET

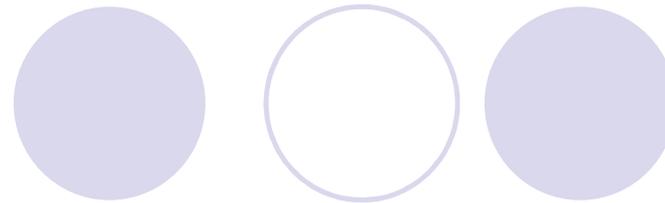
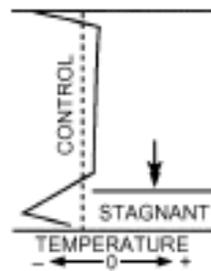
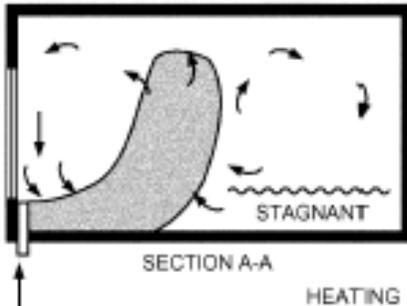
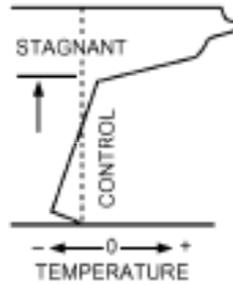
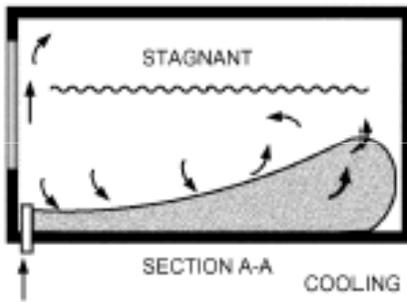
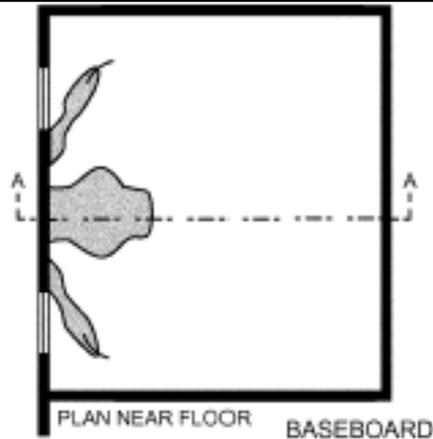
Getto d'aria verticale non diffuso



Gruppo C:

Diffusori su pavimento (o vicino ad esso)

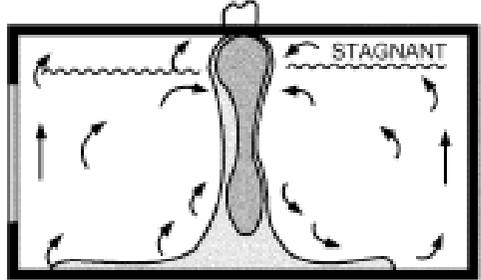
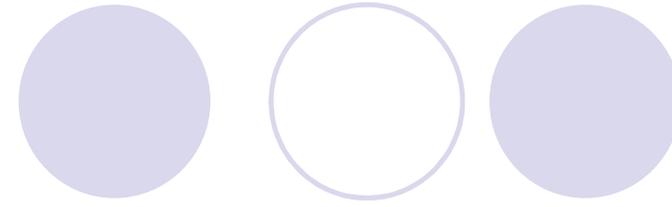
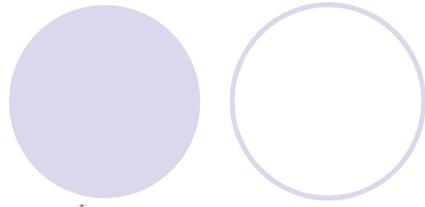
l'aria esce in modo diffuso



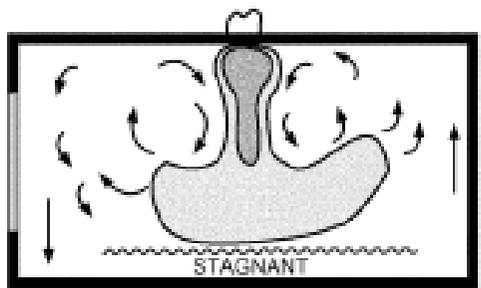
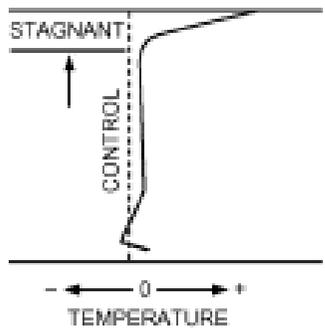
Gruppo D:

Diffusori su pavimento (o vicino ad esso)

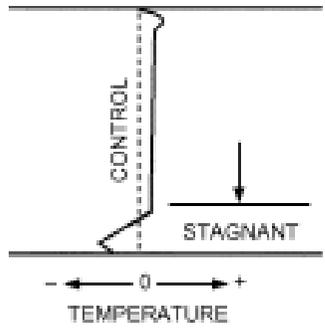
l'aria esce orizzontalmente



COOLING



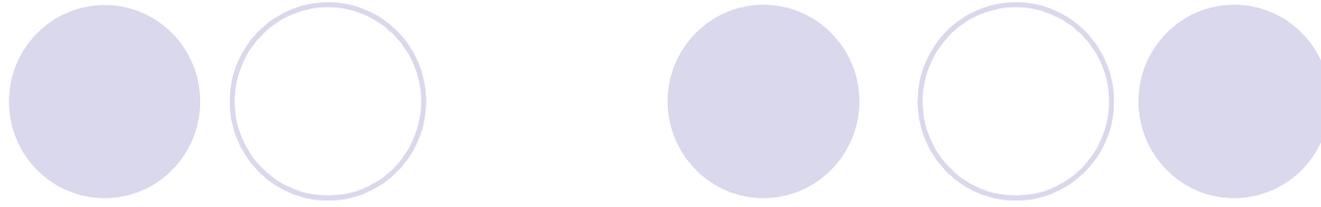
HEATING



Gruppo E:

Diffusori, griglie lineari su soffitto (o vicino ad esso)

l'aria è inviata verticalmente



Ventilazione a dislocamento

