

Risk Management e ruolo dell'ingegnere nel Governo clinico

**Linee guida per la gestione delle emergenze sanitarie nelle Residenze
Sanitarie Assistenziali (RSA)**

ASPETTI IMPIANTISTICI

Ing. Giovanni Andrea Pol

OBIETTIVO DELL'INTERVENTO



Illustrare gli aspetti impiantistici e il contributo dell'ingegnere in contesti emergenziali all'interno delle strutture sanitarie.

ARGOMENTI TRATTATI

- IL MICROCLIMA
- LA CLASSIFICAZIONE DEGLI IMPIANTI DI CONDIZIONAMENTO
- PRESCRIZIONI SUGLI IMPIANTI UNI PDR 129:2022
- RISCHI CONNESSI AI PARAMETRI DI ESERCIZIO DEGLI IMPIANTI



PRINCIPALI RIFERIMENTI NORMATIVI 1/3



D.lgs. 9 aprile 2008, n. 81
Testo coordinato con il D.Lgs. 3 agosto 2009, n. 106

TESTO UNICO SULLA SALUTE E SICUREZZA SUL LAVORO

Attuazione dell'articolo 1 della Legge 3 agosto 2007, n. 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.

(Gazzetta Ufficiale n. 101 del 30 aprile 2008 - Suppl. Ordinario n. 108)
(Decreto integrativo e correttivo: Gazzetta Ufficiale n. 180 del 05 agosto 2009 - Suppl. Ordinario n. 142/L)

REV. GENNAIO 2020

DOTT. ING. GIANFRANCO AMATO I.TL. VERONA GIANFRANCO.AMATO@ISPETTORATO.GOV.IT
DOTT. ING. FERNANDO DI FIORE I.TL. PAVIA FERNANDO.DIFIORE@ISPETTORATO.GOV.IT

IL PRESENTE TESTO NON RIVESTE CARATTERE DI UFFICIALITÀ. LE VERSIONI UFFICIALI DEI DOCUMENTI SONO PUBBLICATE SULLA GAZZETTA UFFICIALE DELLA REPUBBLICA ITALIANA A MEZZO STAMPA OPPURE SUI SITI WWW.ISPETTORATO.GOV.IT, WWW.LA.CORD.GOV.IT, WWW.NORMATTIVA.IT. LE CONSIDERAZIONI ESPORTE SONO FRUITO ESCLUSIVO DEL PENSIERO DEGLI AUTORE E NON HANNO CARATTERE IN ALCUN MODO IMPERATIVO PER L'AMMINISTRAZIONE PUBBLICA DI APPARTENENZA. NON SI ASSUME NESSUNA RESPONSABILITÀ PER EVENTUALI DANNI SIA DIRETTI CHE INDIRETTI CAUSATI DALL'USO DEL PRESENTE TESTO.

CON IL SOSTEGNO DI  www.ial.it

QUESTA OPERA È RILASCIATA SECONDO LA SEGUENTE LICENZA CREATIVE COMMONS 

[HTTP://CREATIVECOMMONS.ORG/LICENSES/3.0/DEED.IT](http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.it)

VERSIONE AGGIORNATA SU WWW.ISPETTORATO.GOV.IT

D. LGS. 9 aprile 2008, n. 81
Testo coordinato con il D. Lgs.
3 agosto 2009, n. 106 e s.m.i.

PRINCIPALI RIFERIMENTI NORMATIVI 2/3

UNI 10339:95 Impianti aeraulici al fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti.



PRINCIPALI RIFERIMENTI NORMATIVI 3/3

PdR UNI 129:2022 linee guida per la gestione delle emergenze sanitarie nelle Residenze Sanitarie Assistenziali (RSA)

PRASSI DI RIFERIMENTO

UNI/PdR 129:2022

Linee guida per la gestione delle emergenze sanitarie nelle Residenze Sanitarie Assistenziali (RSA)

Guidelines for managing health emergencies in nursing homes



MICROCLIMA 1/2

D. Lgs. 81/08 e s.m.i

Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro (Allegato IV; Requisiti dei luoghi di lavoro)

- 1. Ambienti di lavoro**
- 2. 1.9 Microclima**

1.9.2 Temperatura dei locali

1.9.2.1. La temperatura nei locali di lavoro deve essere adeguata all'organismo umano durante il tempo di lavoro, tenuto conto dei metodi di lavoro applicati e degli sforzi fisici imposti ai lavoratori.

1.9.2.2. Nel giudizio sulla temperatura adeguata per i lavoratori si deve tener conto della influenza che possono esercitare sopra di essa il grado di umidità ed il movimento dell'aria concomitanti.

1.9.2.3. La temperatura dei locali di riposo, dei locali per il personale di sorveglianza, dei servizi igienici, delle mense e dei locali di pronto soccorso deve essere conforme alla destinazione specifica di questi locali.

MICROCLIMA 2/2

D. Lgs. 81/08 e s.m.i

Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro (Allegato IV; Requisiti dei luoghi di lavoro)

1. Ambienti di lavoro

2. 1.9 Microclima

1.9.2 Temperatura dei locali

1.9.2.4. Le finestre, i lucernari e le pareti vetrate devono essere tali da evitare un soleggiamento eccessivo dei luoghi di lavoro, tenendo conto del tipo di attività e della natura del luogo di lavoro.

1.9.2.5. Quando non è conveniente modificare la temperatura di tutto l'ambiente, si deve provvedere alla difesa dei lavoratori contro le temperature troppo alte o troppo basse mediante misure tecniche localizzate o mezzi personali di protezione.

1.9.2.6. Gli apparecchi a fuoco diretto destinati al riscaldamento dell'ambiente nei locali chiusi di lavoro di cui al precedente articolo, devono essere muniti di condotti del fumo privi di valvole regolatrici ed avere tiraggio sufficiente per evitare la corruzione dell'aria con i prodotti della combustione, ad eccezione dei casi in cui, per l'ampiezza del locale, tale impianto non sia necessario.

QUALITA' DEGLI AMBIENTI INTERNI 1/3

Trascuriamo più di 2/3 del nostro tempo in ambienti confinati con concentrazioni elevate di inquinanti:

- CO₂ (respirazione, piante);
- VOC (benzene, formaldeide, rilasciati da vernici, arredi ecc.);
- prodotti di combustione;
- particolato aerodisperso (batteri, muffe, polveri sottili);
- amianto e fibre minerali;
- radon (gas nobile da terreno e materiali da costruzione);
- vapore acqueo;
- polveri ed allergeni.

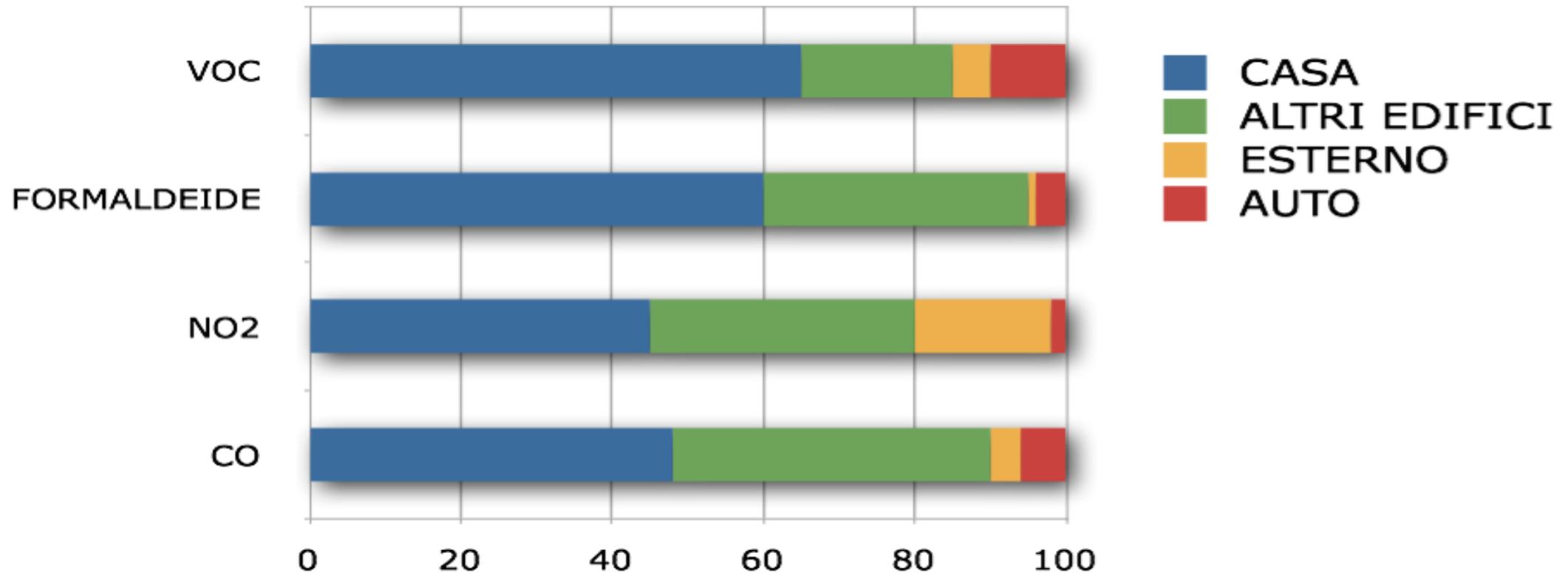


QUALITA' DEGLI AMBIENTI INTERNI 2/3

SOSTANZA TOSSICA	DOVE SI TROVA	EFFETTI BIOLOGICI
Amianto	coperture, isolanti ecc.	cancerogeno
Benzene	colori, vernici, smalti, colle, materie plastiche, isolanti ecc.	disturbi respiratori, cancerogeno
Formaldeide	vernici, pannelli truciolari, disinfettanti	emicranie, asma bronchiali
Mercurio	Lampade, pile, prodotti per la pulizia, inchiostri da stampa	eczemi, alterazioni cellulari
Sulfamidici	medicinali, impregnanti edili ad azione battericida	dermatiti, asma bronchiale
Tensioattivi	prodotti per la pulizia	reazioni allergiche delle mucose della pelle
Vinilcloruro	giocattoli, tessuti, tendaggi	cancerogeno
Stirene	polistirolo, confezioni per alimenti	emicranie, cancerogeno

QUALITA' DEGLI AMBIENTI INTERNI 3/3

Confronto tra concentrazioni di inquinanti in ambienti confinati.



COMPORTAMENTO TERMOIGROMETRICO DEGLI EDIFICI 1/2

Il vapore acqueo è un inquinante apparentemente innocuo ...

N° DI OCCUPANTI	PRODUZIONE DI UMIDITA' FAMIGLIA TIPO (kg/giorno)
1	6
2	8
3	9
4	10
5	11
6	12

EN 15251, ALLEGATO C, TABELLA C.3

... in realtà causa di problemi di difficile soluzione!!

COMPORTAMENTO TERMOIGROMETRICO DEGLI EDIFICI 2/2

Il grande sviluppo di umidità si accumula nei locali chiusi soprattutto nel periodo invernale...



...tale umidità viene assorbita dai materiali edili peggiorandone il comportamento termico: le muffe appaiono nei punti più freddi e meno ventilati (ponti termici, pareti restrostanti armadi ecc.).

LE GRANDEZZE IGROMETRICHE 1/3

L'Umidità relativa è data dal rapporto tra la quantità di vapore presente nell'aria e la quantità massima che l'ambiente può contenere alla medesima temperatura.

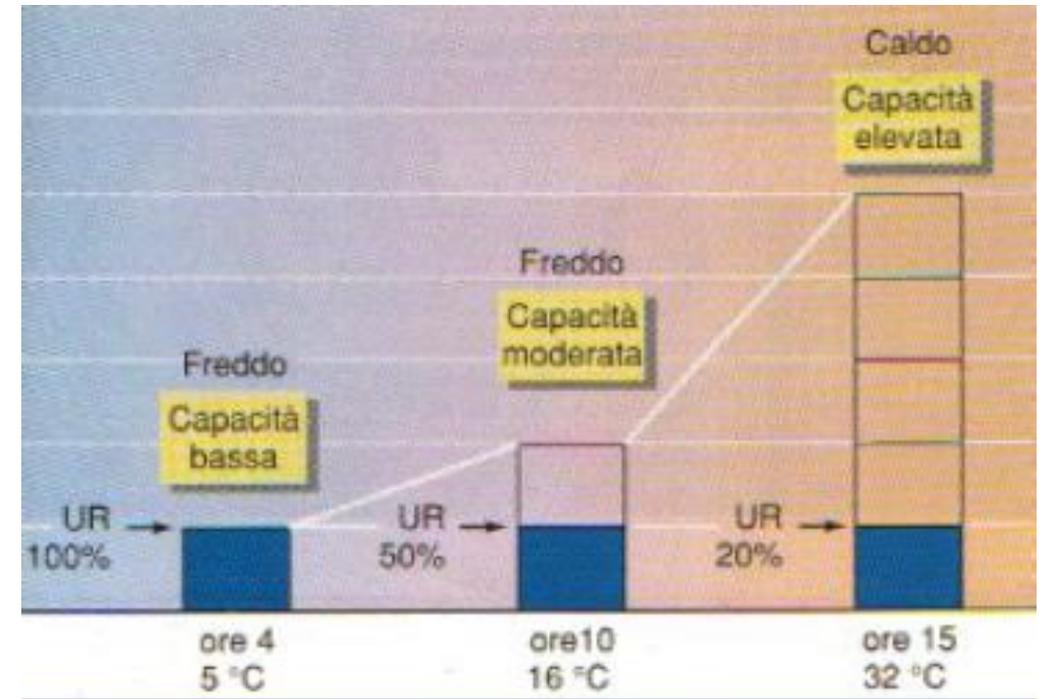
Si può esprimere anche come il rapporto fra la tensione che il vapore esercita realmente e la tensione di saturazione che potrebbe raggiungere a quella temperatura «T».

$$U = \frac{e}{E}$$

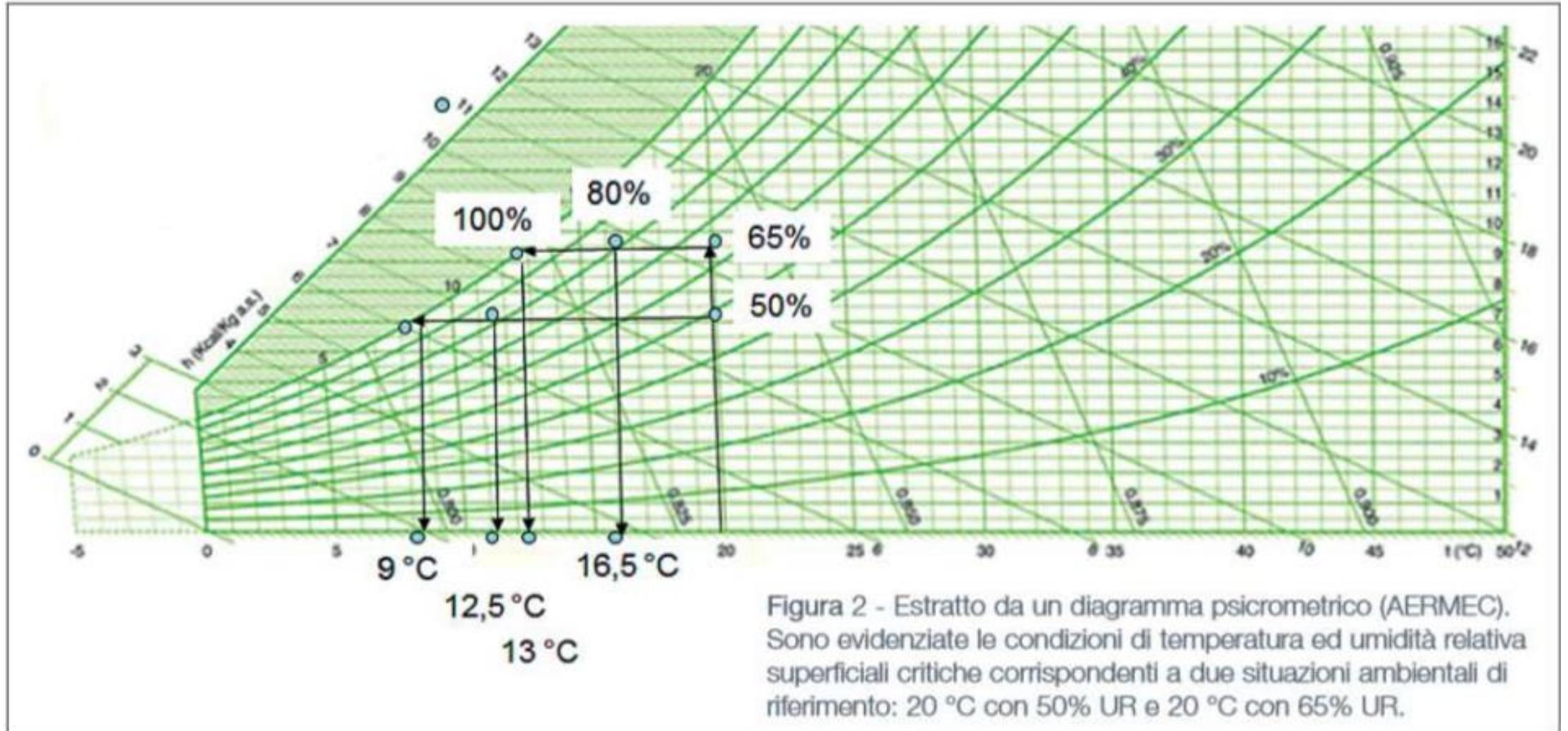
LE GRANDEZZE IGROMETRICHE 2/3

Per es. una umidità relativa del 10% sta ad indicare che il vapore esercita nell'aria una tensione che è solo la decima parte di quella che potrebbe raggiungere a quella temperatura per saturarsi. Esso è, dunque, ben lontano dalle condizioni di saturazione.

All'aumentare della temperatura diminuisce l'umidità. Viceversa essa aumenta al diminuire della temperatura.



LE GRANDEZZE IGROMETRICHE 3/3

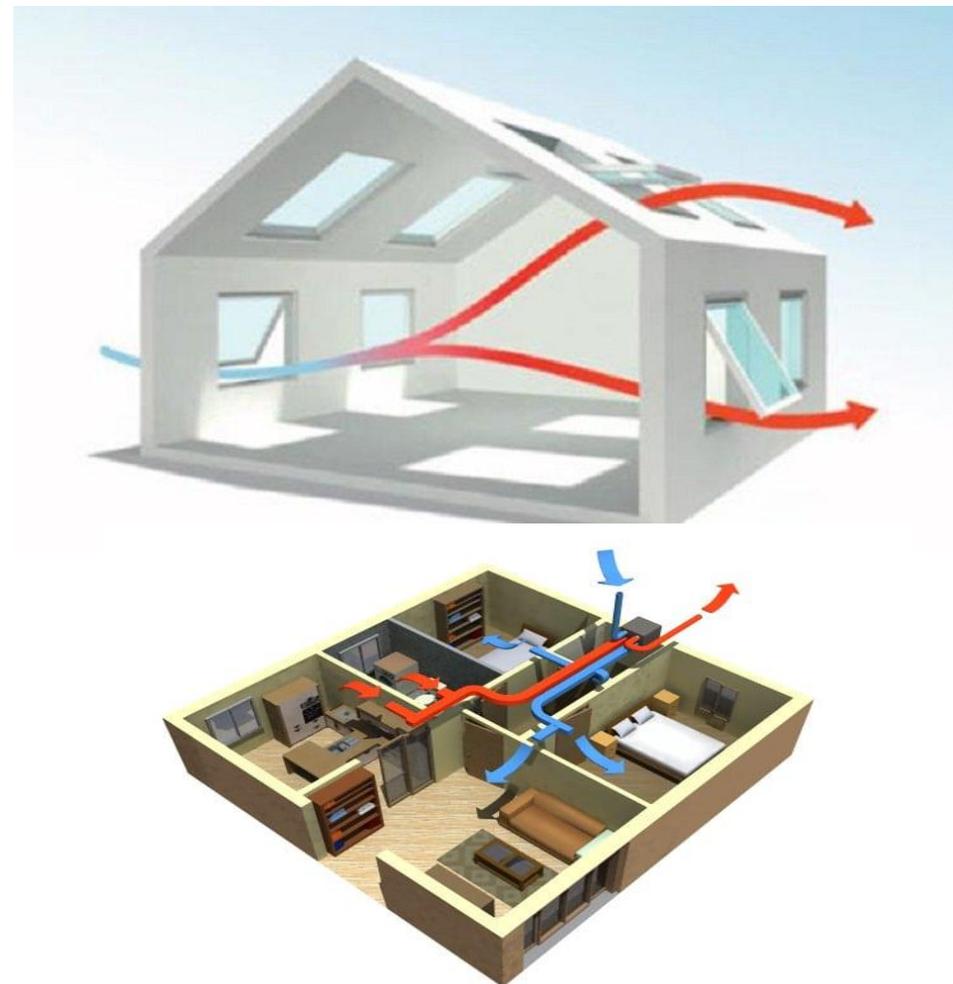


CONTROLLO DELLA I.A.Q. (INDOOR AIR QUALITY)



LA VENTILAZIONE

- Il benessere termico degli occupanti di un edificio deve essere perseguito trattando adeguatamente sia la temperatura che l'umidità dell'aria;
- Allo stesso tempo il benessere termico è assicurato dall'esistenza di un adeguato numero di ricambi d'aria. L'aria stagnante si arricchisce in anidride carbonica (CO_2 , prodotta dalla respirazione degli occupanti) che contribuisce alla percezione negativa dell'ambiente. Elevati livelli di CO_2 possono provocare sensazione di stanchezza, mal di testa e una sensazione generalizzata di malessere. La ventilazione di un ambiente può essere naturale o forzata.



VENTILAZIONE NATURALE

RAPPORTO AREOILLUMINANTE

La normativa italiana non prevede limiti numerici per la ventilazione naturale negli ambienti di lavoro: il d.lgs. 81/08 (All. IV 1.9.1.1) si limita a prescrivere aria salubre e in quantità sufficiente.

Una stima molto approssimativa in grado di verificare questo tipo di ventilazione viene fornita dal valore di R.A.I. introdotto dal D.M. 05/07/1975 definito come **rapporto tra la superficie finestrata utile e la superficie del pavimento di una stanza**; i vari regolamenti edilizi solitamente indicano la necessità di adottare un valore di R.A. compreso tra

- 1/8 e 1/10 per gli uffici (RESIDENZE 1/8 min da D.M.)
- compreso tra 1/16 e 1/20 per gli ambienti produttivi.

SISTEMI DI VENTILAZIONE 1/2



VENTILAZIONE NATURALE

- infiltrazione attraverso gli infissi ----> 0,05 vol/h
- attraverso aperture praticate sull'involucro edilizio ---> 0,8 vol/h
- apertura delle finestre ---> 1,2 vol/h

VANTAGGI

- Economicità del sistema

SVANTAGGI

- Mancato controllo delle portate di ricambio
- Perdita di energia termica

SISTEMI DI VENTILAZIONE 2/2



VENTILAZIONE = sostituzione di aria viziata con aria pulita

MECCANICA = organi in movimento (ventilatori)

CONTROLLATA = portate di ricambio controllate e costanti.

VENTILAZIONE FORZATA 1/2

Nella ventilazione forzata i locali sono asserviti a impianti meccanici che garantiscono un certo numero di ricambi d'aria.

La ventilazione può essere garantita:

- dalla immissione di aria fresca;
- dalla estrazione dell'aria "esausta"
- dal corretto bilanciamento di immissione ed estrazione dell'aria.

VENTILAZIONE FORZATA 2/2

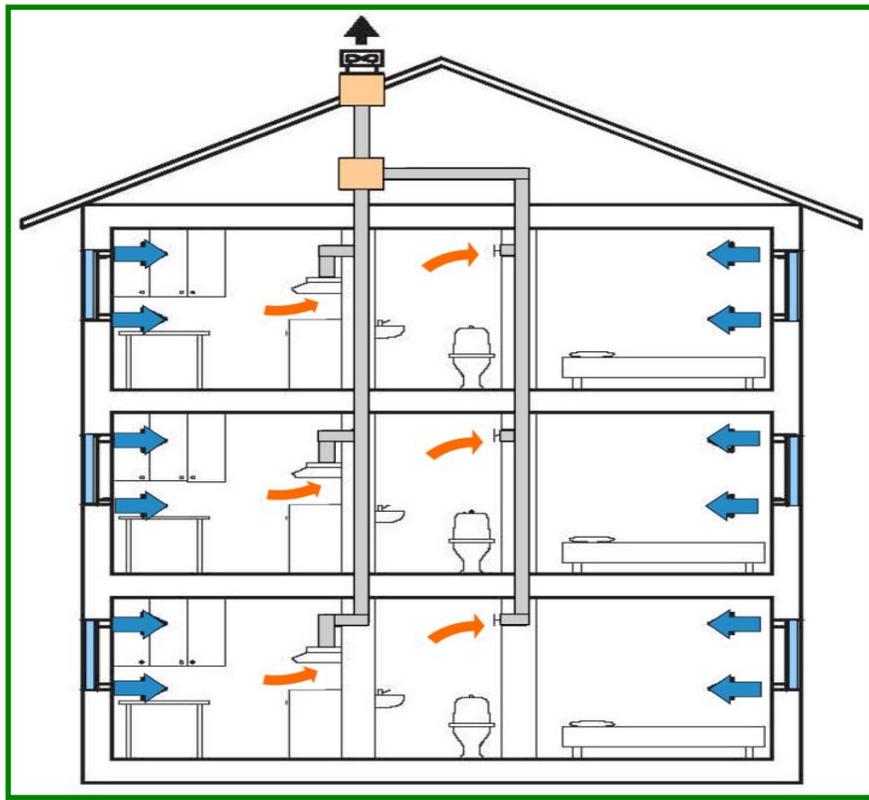
Gli impianti di questo tipo possono essere associati a dispositivi di trattamento dell'aria con la possibilità di abbattere il carico inquinante, modificare l'umidità relativa e la temperatura.

Gli impianti possono prevedere il trattamento di tutta l'aria immessa o di una sua parte con parziale **ricircolo dell'aria presente all'interno dello stabile.**



TIPOLOGIE DI VENTILAZIONE MECCANICA

SEMPLICE FLUSSO



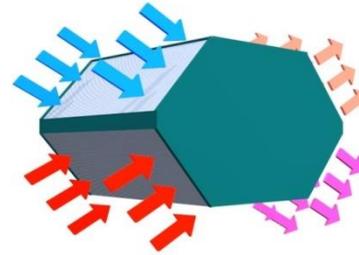
DOPPIO FLUSSO



VENTILAZIONE MECCANICA CON RECUPERO DI CALORE 1/6

aria esterna

aria espulsa



aria esausta

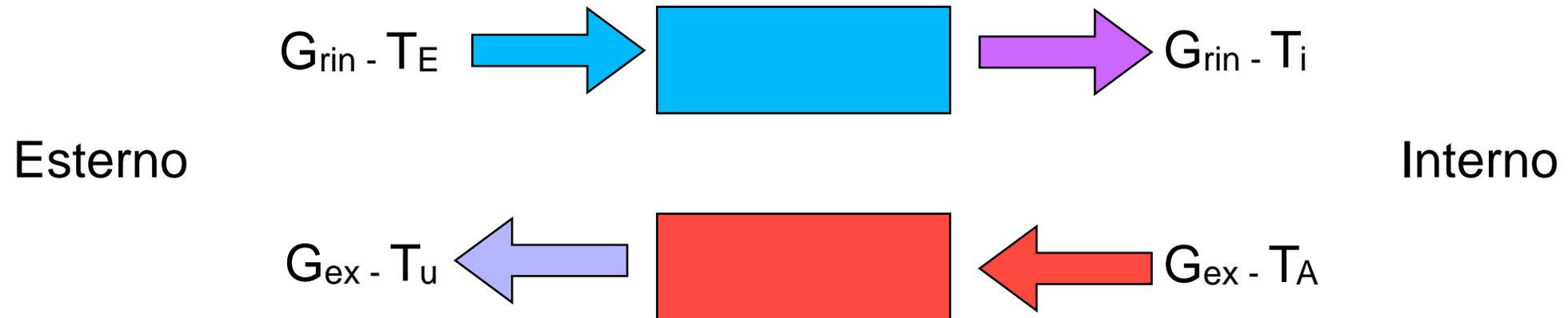
aria di rinnovo



...il transito delle due correnti d'aria attraverso il recuperatore di calore permette di recuperare l'energia termica dell'aria esausta, altrimenti inutilmente dispersa.

VENTILAZIONE MECCANICA CON RECUPERO DI CALORE 2/6

RECUPERO DI CALORE TRAMITE SCAMBIATORI ARIA-ARIA



Nel passaggio attraverso lo scambiatore il flusso ad entalpia maggiore cede energia termica a quello ad entalpia minore.

VENTILAZIONE MECCANICA CON RECUPERO DI CALORE 3/6

La Ventilazione Meccanica Controllata a Doppio Flusso con Recupero di calore coniuga qualità dell'aria e risparmio energetico!!

L'aria di rinnovo è guidata dall'esterno verso gli ambienti nobili...



...l'aria viziata è guidata dagli ambienti più inquinati verso l'espulsione...

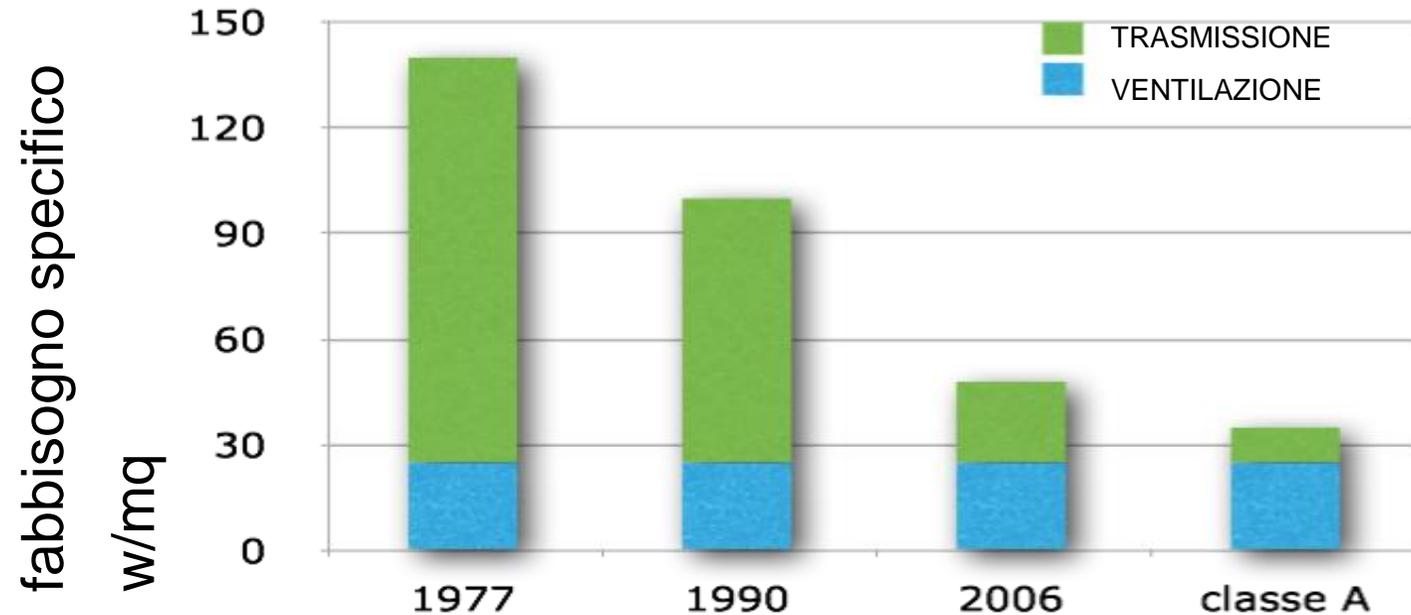
VENTILAZIONE MECCANICA CON RECUPERO DI CALORE 4/6

Una ventilazione continua senza recupero di calore è un dispendio energetico ed economico!



VENTILAZIONE MECCANICA CON RECUPERO DI CALORE 5/6

Nell'edilizia ad elevato risparmio energetico sono diminuite le dispersioni attraverso l'involucro edilizio...



... ma sono rimaste invariate quelle per ventilazione.

VENTILAZIONE MECCANICA CON RECUPERO DI CALORE 6/6

Vantaggi:

- elevata qualità dell'aria interna;
- riduzione delle dispersioni per ventilazione;
- redistribuzione degli apporti gratuiti interni;
- riduzione di rumori provenienti dall'esterno;



PORTATE DI VENTILAZIONE 1/5

Come dimensionare la portata di aria di ricambio in ambienti residenziali?

L'impianto di ventilazione meccanica può svolgere una o più di queste, funzioni:

- 1) rimozione e diluizione degli inquinanti**
- 2) apporto termico e/o frigorifero**
- 3) controllo dell'umidità in estate**

PORTATE DI VENTILAZIONE 2/5

UNI EN 15251: 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.

- 1) Negli edifici la ventilazione deve intendersi continuativa;
- 2) Le residenze devono essere ventilate anche durante i periodi di inoccupazione, eventualmente con un tasso di rinnovo inferiore.

PORTATE DI VENTILAZIONE 3/5

UNI EN 15251: Nell'appendice B sono forniti i tassi di ventilazione per ambienti residenziali in base a tre livelli.

Durante i periodi di occupazione, i tassi di rinnovo devono essere:

Categoria I: 0,7 vol/h

Categoria II: 0,6 vol/h

Categoria III: 0,5 vol/h

Per tutelare la qualità degli ambienti interni, la portata di ricambio minima è di 0,5 vol/h.

Questo valore è compatibile anche con le prescrizioni della UNI 10339 per edifici residenziali

PORTATE DI VENTILAZIONE 4/5

UNI 10339: “Impianti aeraulici a fini di benessere”.

Durante i periodi di occupazione, per i tassi di rinnovo si devono valutare:

- portate di ventilazione;
- indici di affollamento;
- requisiti di filtrazione;
- velocità dell'aria in ambiente.

PORTATE DI VENTILAZIONE 5/5

UNI 10339: “Impianti aeraulici a fini di benessere”.

$$Q_e = q_{AE} \cdot n_P$$

q_{AE} coefficiente per portata di aria esterna

n_P se noto oppure da coeff. di affollamento

Categorie di edifici	Portata di aria esterna o di estrazione		Note
	Q_{Op} (10^{-3} m ³ /s per persona)	Q_{Os} (10^{-3} 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)

IL COMFORT (situazione estiva)

	<p>Un individuo posto in un locale non climatizzato ha difficoltà ad equilibrare il suo metabolismo perché si riducono fortemente gli scambi per conduzione, per convezione e per irraggiamento. Il ritmo respiratorio ed il battito cardiaco vengono accelerati per aumentare l'evaporazione polmonare, le ghiandole sudoripare aumentano la secrezione del sudore.</p> <p>EVAPORAZIONE 85% CONDUZIONE 1% CONVEZIONE 5% IRRAGGIAMENTO 9%</p>
	<p>Se l'ambiente viene climatizzato mediante l'immissione di aria fredda la situazione migliora in quanto aumentano gli scambi per convezione [e per evaporazione]. Si ottengono però squilibri tra le temperature, ed elevate velocità localizzate dell'aria ambiente che possono provocare disturbi all'organismo. Lo scambio termico non avviene con le giuste proporzioni. Gli ambienti possono risultare rumorosi.</p> <p>EVAPORAZIONE 35% CONDUZIONE 1% CONVEZIONE 55% IRRAGGIAMENTO 9%</p>
	<p>Con la climatizzazione per IRRAGGIAMENTO si abbassano le temperature dell'ambiente tramite l'abbassamento della temperatura superficiale del soffitto o delle pareti. Si ottiene così una notevole uniformità delle temperature e corrette proporzioni tra gli scambi termici corpo/ambiente. Non si ha aria fredda in movimento, l'ambiente è silenzioso.</p> <p>EVAPORAZIONE 30% CONDUZIONE 1% CONVEZIONE 30% IRRAGGIAMENTO 39%</p>

CONDIZIONI DI ESERCIZIO DEGLI IMPIANTI PERIODO INVERNALE ED ESTIVO

La climatizzazione dell'aria prevede una serie di trattamenti che hanno come fine quello di ottenere nell'ambiente climatizzato condizioni ottimali di temperatura ed umidità. Tali trattamenti fanno riferimento ad aria che, nelle applicazioni tipiche del condizionamento, può essere considerata come una miscela binaria di gas perfetti: aria secca e vapor d'acqua.

Sulla base di studi e ricerche eseguite, si è individuata la “zona del benessere” relativamente alle condizioni dell'aria nell'ambiente occupato.

In particolare, si è visto che il sistema di termoregolazione dell'organismo umano trova il suo equilibrio ideale quando in ambiente le condizioni termoigrometriche assumono valori entro intervalli ben definiti:

Condizioni Ambiente	Estate	Inverno
Ta	24 ÷ 26 °C	18 ÷ 22 °C
φ	40 ÷ 60 %	40 ÷ 60 %

Naturalmente, il benessere ottimale si ottiene anche tenendo nella giusta considerazione, come indicato nelle slides precedenti, la velocità e la purezza dell'aria.

LA CLASSIFICAZIONE DEGLI IMPIANTI DI CONDIZIONAMENTO

Impianti di climatizzazione (UNI 10339): *“Sistemi che effettuano il controllo continuativo delle “condizioni termiche, igrometriche, di qualità e di movimento dell’aria comprese entro i limiti richiesti per assicurare il benessere alle persone*

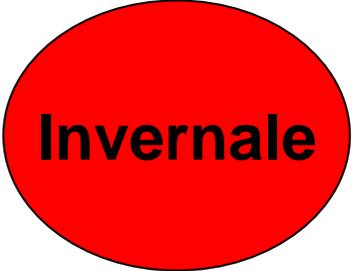
Scopo fondamentale:

- **Realizzare e mantenere** nel tempo **condizioni di benessere termoigrometrico** all’interno degli edifici per un agevole svolgimento delle attività in condizioni di comfort per gli occupanti.

Controllano i parametri che influenzano il benessere ambientale, in particolare:

- **Temperatura ambiente,**
- **Umidità relativa**
- **Velocità**
- **Purezza dell’aria.**

IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE



Invernale

Riscaldamento se operano solo sulla temperatura invernale

Termoventilazione se controllano temperatura inv. e qualità dell'aria

Climatizzazione se controllano tutti e 3 i parametri



Estivo

Raffrescamento se operano su temperatura e umidità (latente e sensibile)

Climatizzazione se controllano tutti e tre i parametri

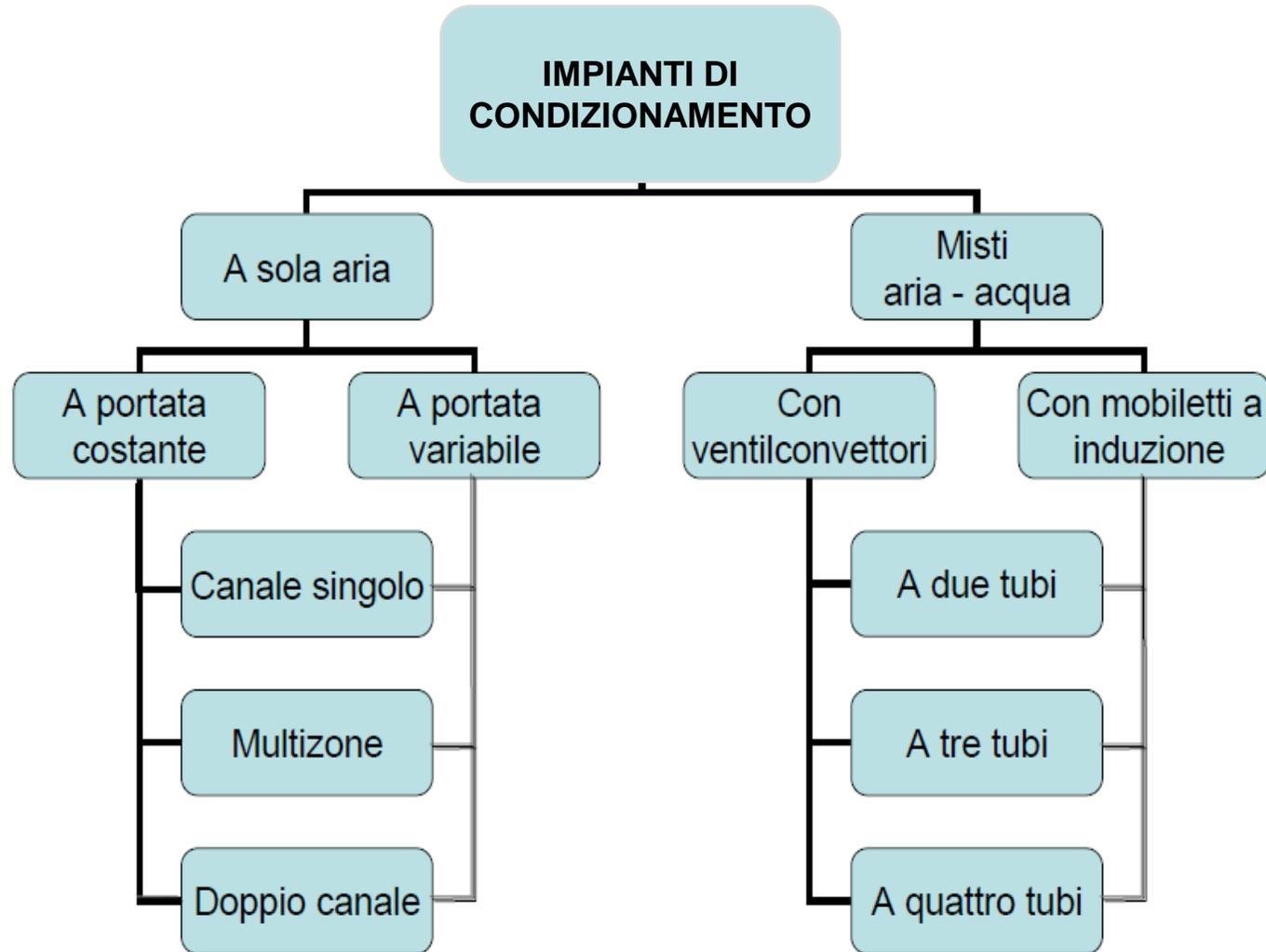
LA CLASSIFICAZIONE DEGLI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE

Gli impianti sono realizzati con lo scopo di mantenere all'interno degli ambienti confinati condizioni termoigrometriche adeguate alla loro destinazione d'uso

Possono essere classificati in:

- **impianti di riscaldamento** (controllo della temperatura dell'aria in condizioni invernali);
- **impianti di condizionamento** (controllo di temperatura, umidità relativa, velocità e purezza dell'aria in condizioni sia invernali che estive);
- **impianti di climatizzazione** (controllo di temperatura, umidità relativa, velocità e purezza dell'aria in condizioni sia invernali che estive anche per singola grandezza);
- **impianti di ventilazione meccanica controllata (VMC)** consentono il ricambio d'aria con l'ambiente esterno in modo controllato senza sprechi di energia;
- **apparecchi autonomi** (controllo della temperatura dell'aria in un numero limitato di locali, in condizioni sia invernali che estive).

CLASSIFICAZIONE DEGLI IMPIANTI DI CONDIZIONAMENTO



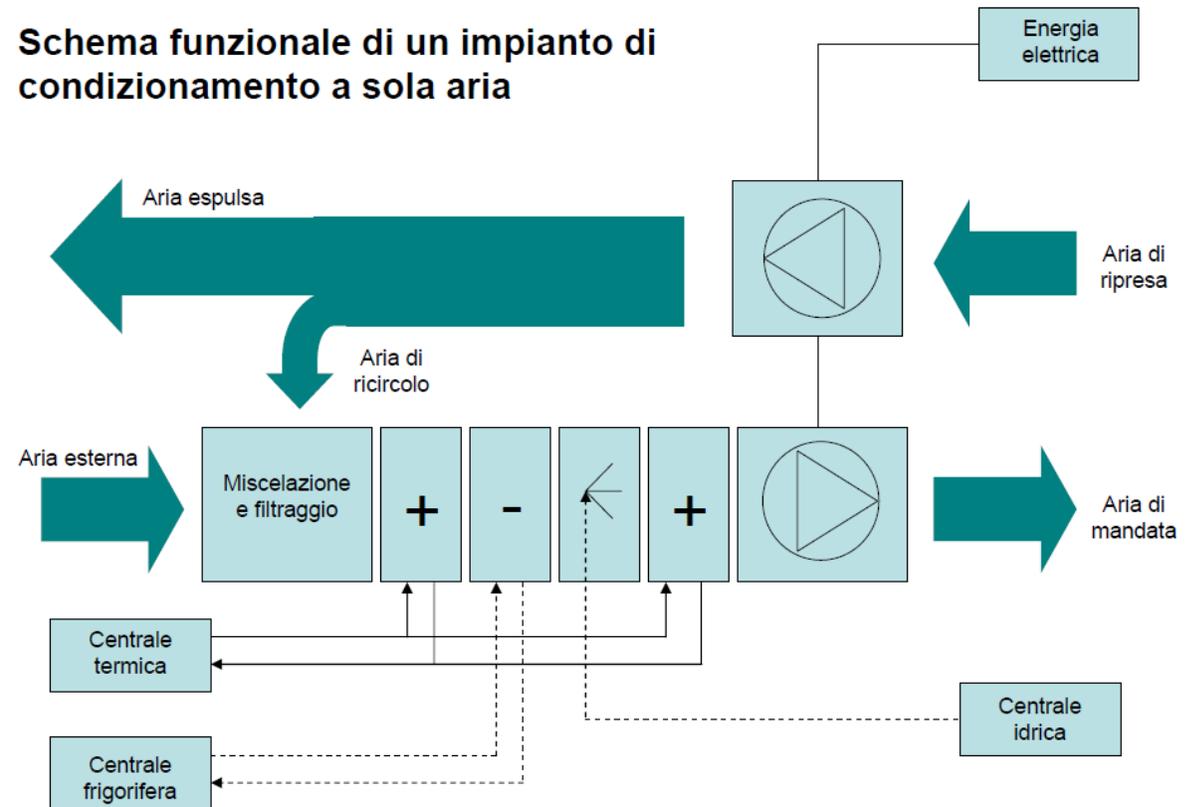
SCHEMA FUNZIONALE DI UN IMPIANTO DI CONDIZIONAMENTO A TUTTA ARIA

Potenza termica fornita o sottratta ad un ambiente da una portata d'aria G_a [kg/s]

$$\dot{Q} = G_a \cdot c_{pa} \cdot (t_i - t_a)$$

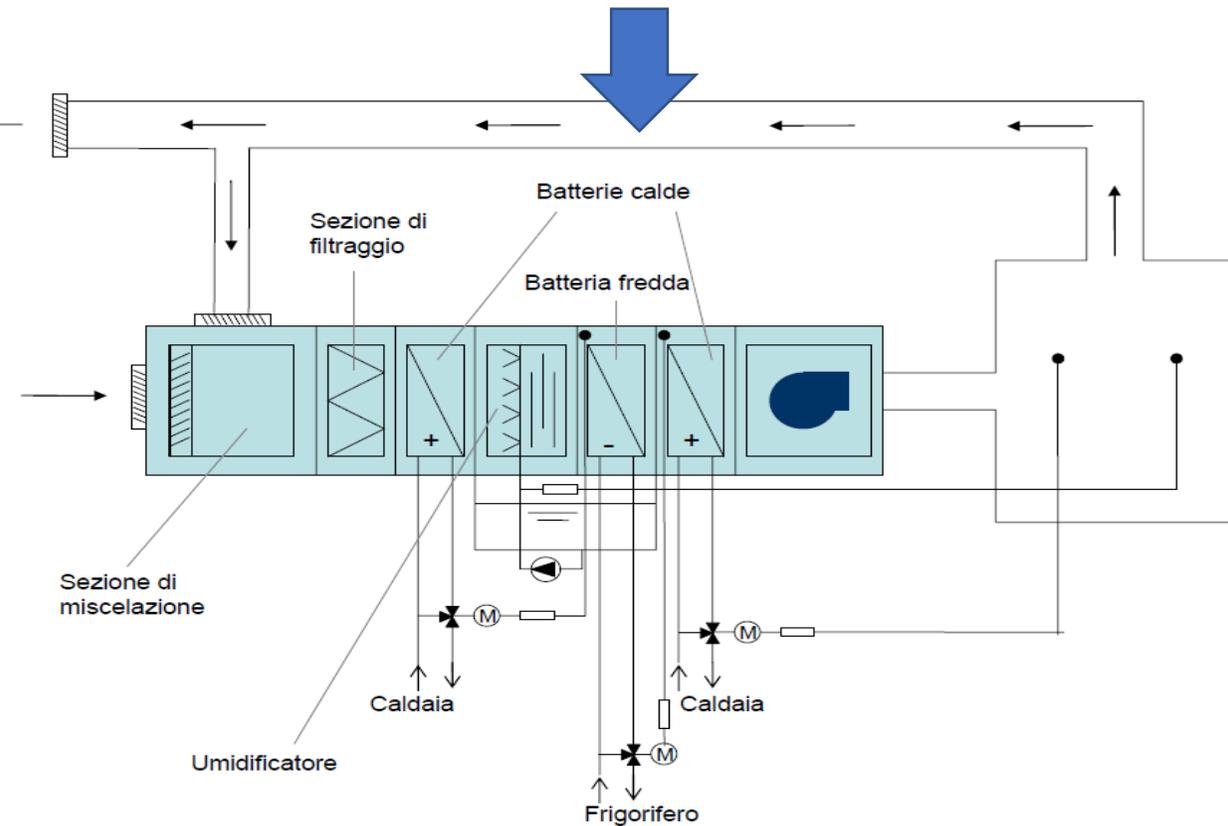
- t_i : temperatura di introduzione [°C]
- t_a : temperatura ambiente [°C]
- c_{pa} : calore specifico dell'aria [1 kJ/kg K]

Schema funzionale di un impianto di condizionamento a sola aria



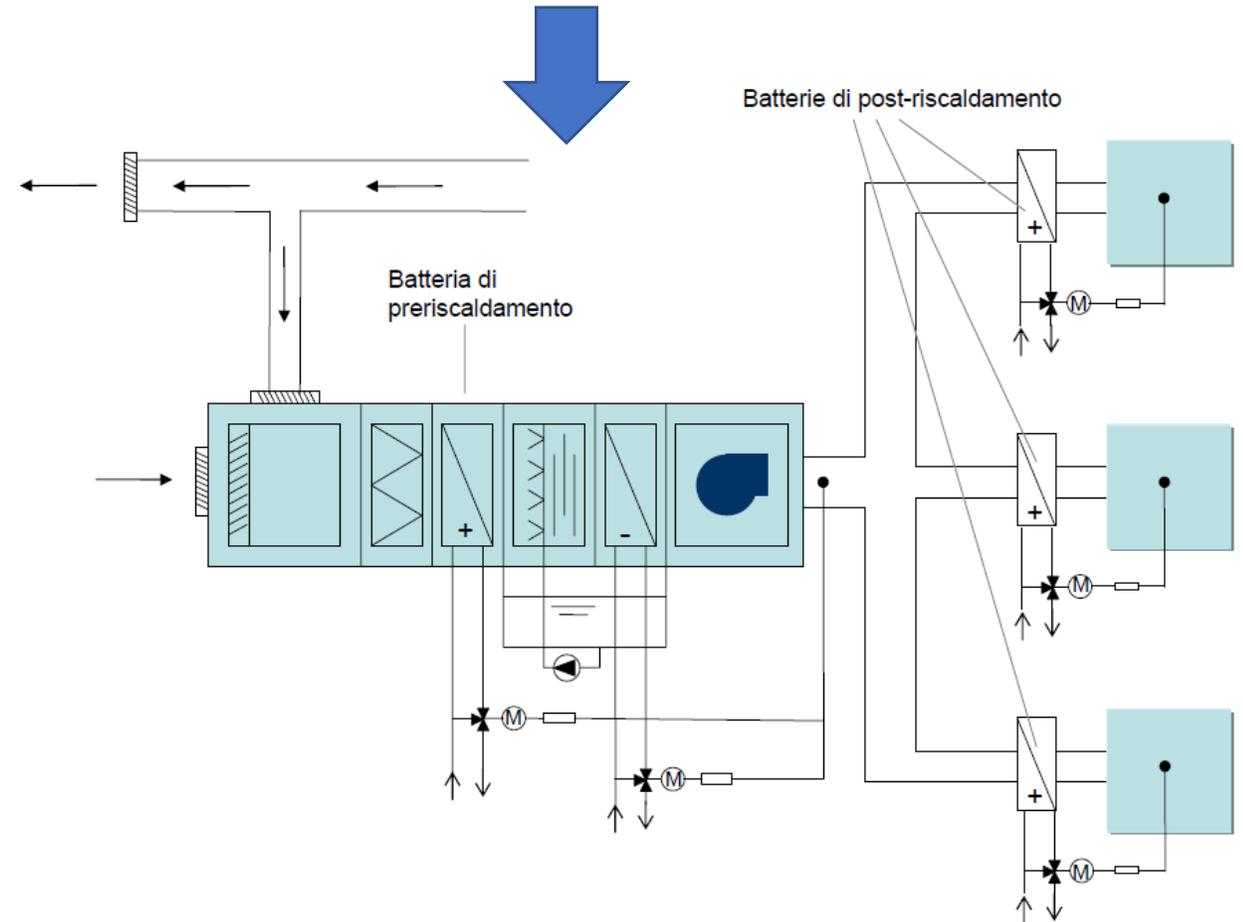
IMPIANTI A TUTT'ARIA A PORTATA COSTANTE A CANALE SINGOLO

- Gli impianti a **canale singolo** sono adatti a climatizzare **ambienti singoli di grosse dimensioni** (es. sale per conferenze, teatri, cinema etc.) o **più ambienti con esigenze di carico uniformi** (zone termiche).
- Tutta l'aria viene trattata allo stesso modo nell'**unità di trattamento aria** e portata nelle **condizioni di introduzione** (ti e xi).
- Ogni ambiente riceve una **quantità d'aria proporzionale** al proprio **carico termico**.



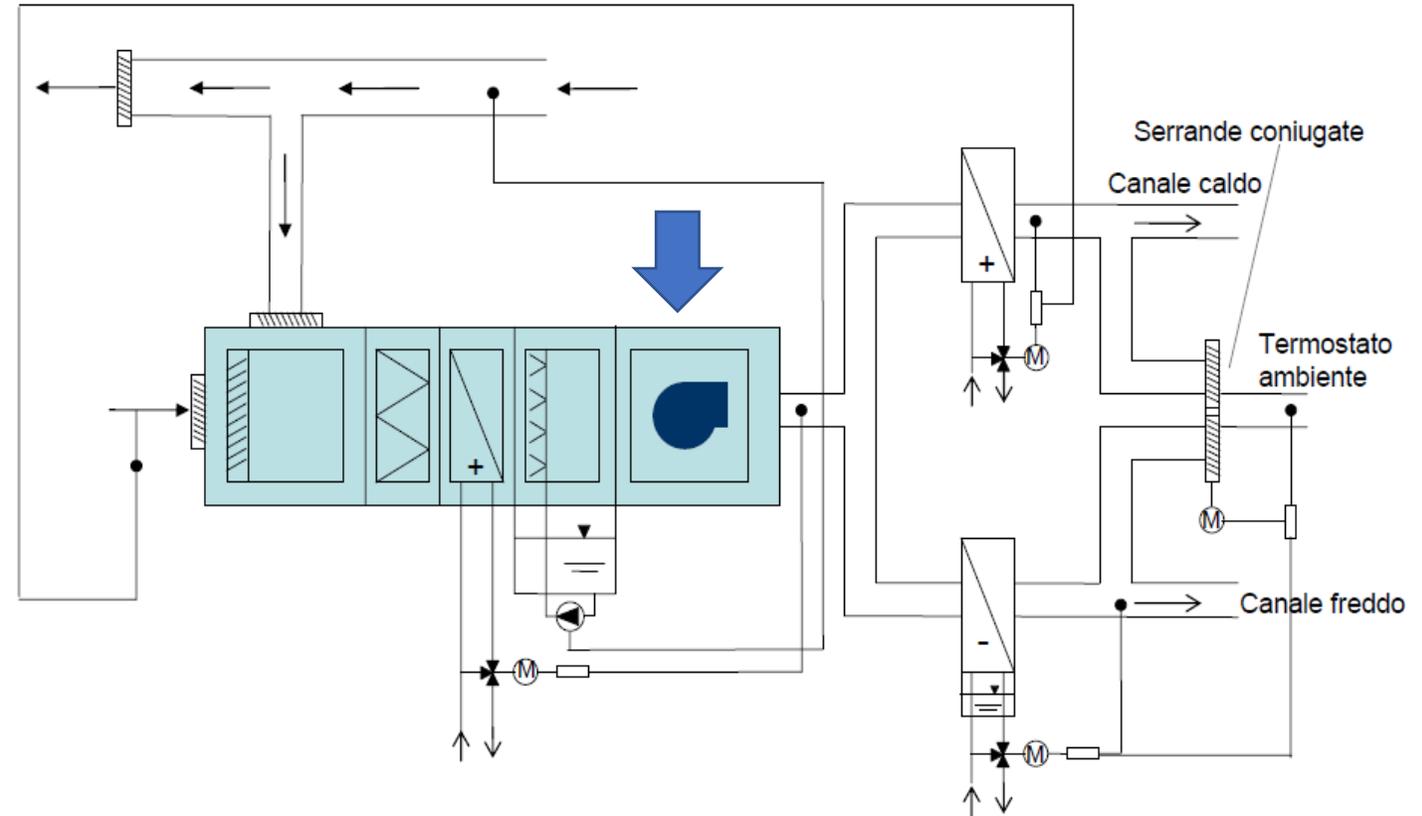
IMPIANTI A SOLA ARIA A PORTATA COSTANTE CON POST-RISCALDAMENTO DI ZONA

- **Esigenze diverse** di zone diverse dello stesso edificio (es. **carichi non contemporanei**).
- **Trattamento comune dell'aria** in centrale ed un **post-riscaldamento** in prossimità di **ciascuna zona** realizzato mediante una **batteria calda** sul **canale di mandata** dell'aria.



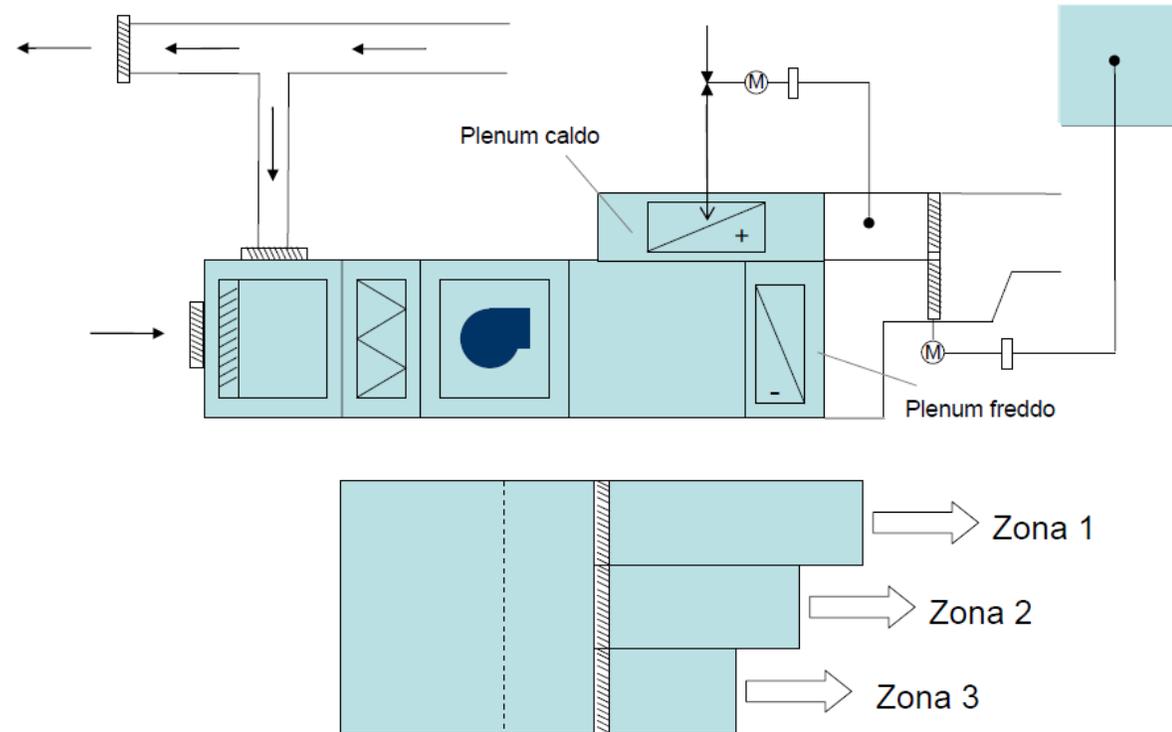
IMPIANTI A SOLA ARIA A DOPPIO CANALE

- Sono costituiti da **due canali**, uno per l'**aria calda** e l'altro per l'**aria fredda** prodotte entrambe nell'UTA.
- Un impianto di questo tipo è in grado di **compensare contemporaneamente** sia **carichi termici** che **frigoriferi**



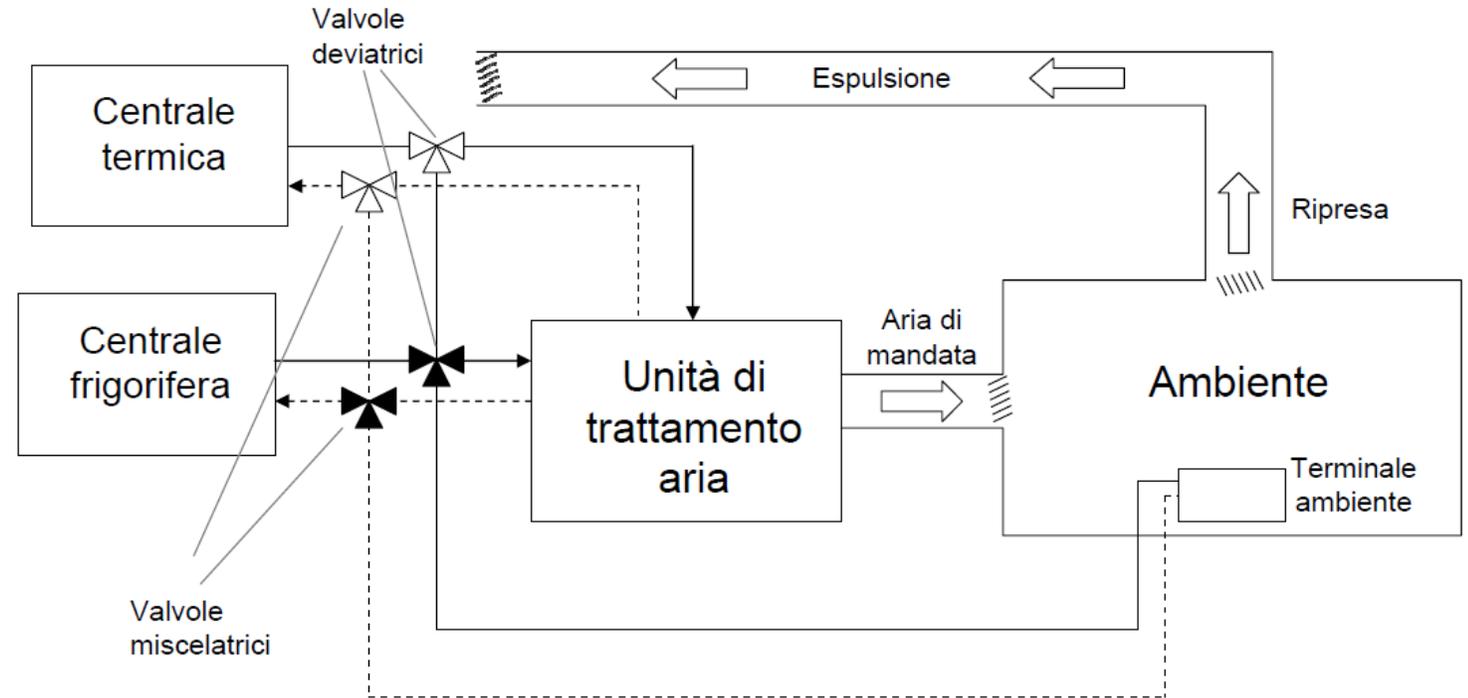
IMPIANTI A TUTT'ARIA A PORTATA COSTANTE MULTIZONE

- I **plenum** caldo e freddo sono **suddivisi in un numero di settori pari alle zone** da servire
- In questo modo si distribuiscono alle varie zone **portate d'aria a temperature diverse** in funzione delle **specifiche richieste delle singole zone.**
- La portata dell'impianto è pari alla **somma delle portate** di tutte le zone, mentre
- la potenza termica e frigorifera devono corrispondere al **carico massimo contemporaneo delle zone.**



IMPIANTO DI CONDIZIONAMENTO MISTO ARIA-ACQUA

- L'aria serve a controllare la **purezza**, l'**umidità relativa** e la **velocità** dell'aria ambiente,
- mentre l'**acqua**, distribuita in appositi terminali di scambio termico posti in ambiente, serve a controllare la **temperatura dell'aria**, regolata localmente sui terminali stessi



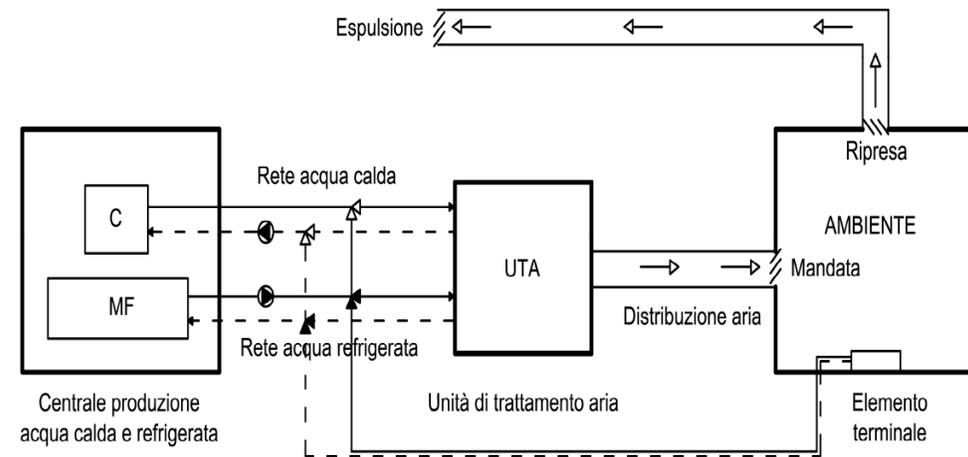
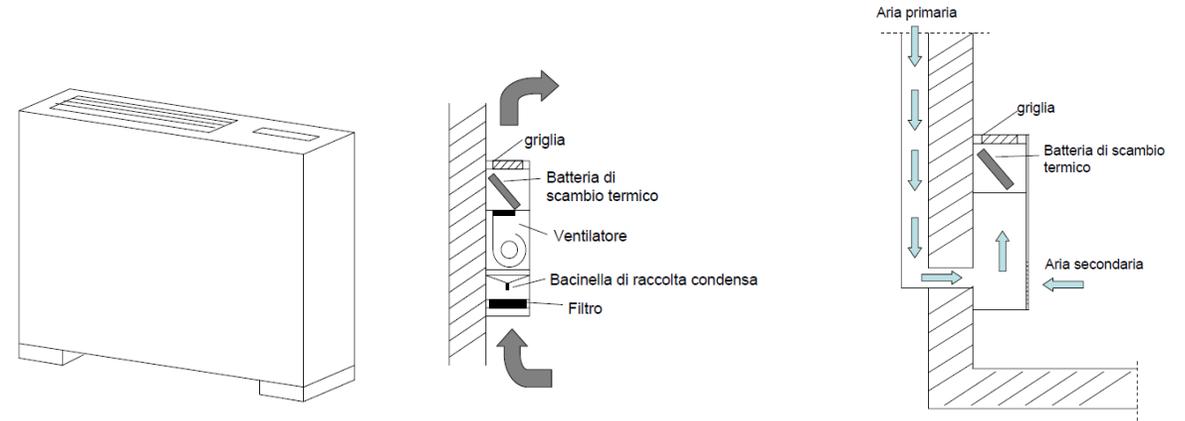
Più **adatti** a climatizzare **edifici frazionabili** in più ambienti con **esigenze di carico diverse** (edifici residenziali, uffici, scuole...)

IMPIANTI MISTI ARIA - ACQUA

- Sono impianti che utilizzano contemporaneamente sia l'aria che l'acqua come fluidi termovettori.
- L'acqua serve a controllare la temperatura ambiente mentre un'opportuna portata d'aria viene immessa per regolare l'umidità relativa.

Si classificano in:

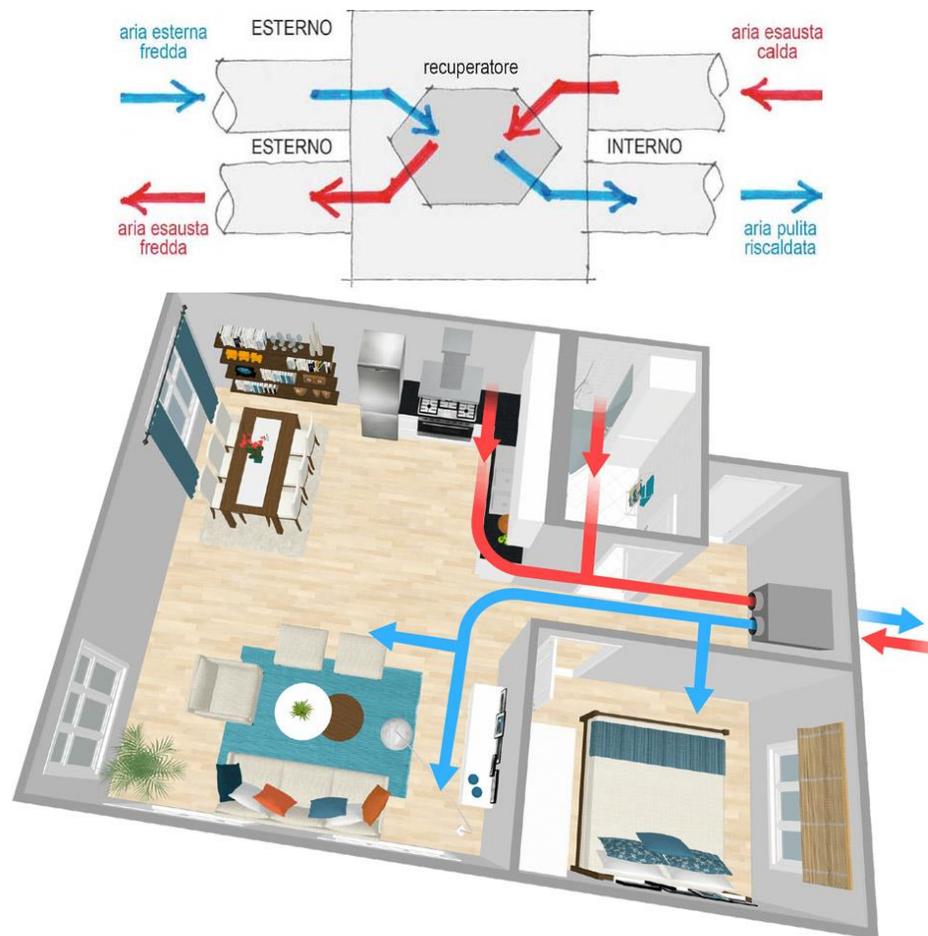
- Impianti con **ventilconvettori (fan-coil)**
- Impianti con **mobiletti ad induzione**



Schema di principio di un impianto misto aria/acqua.

IMPIANTO VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA

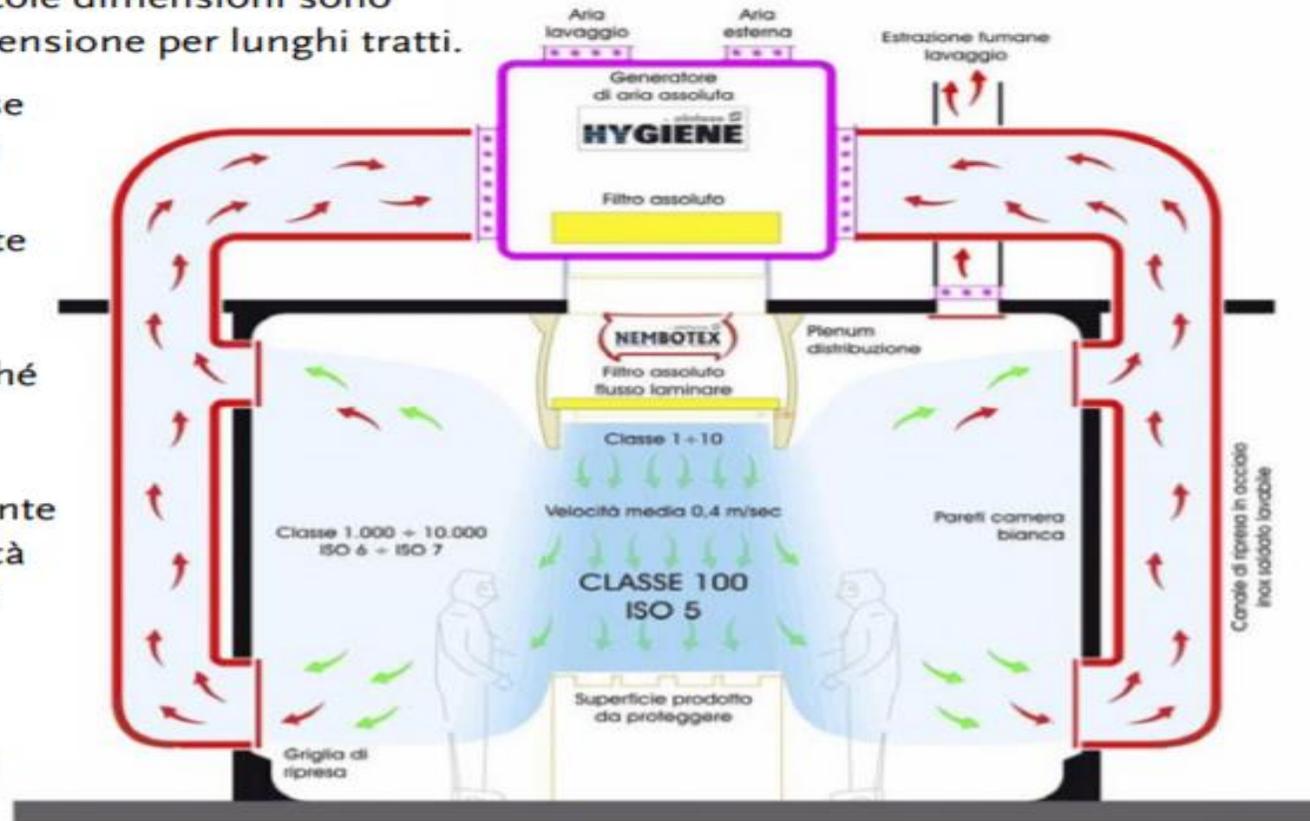
L'aria esterna, filtrata dagli inquinanti, viene immessa negli ambienti attraverso appositi dispositivi e, dopo aver assorbito gli inquinanti degli ambienti, viene espulsa all'esterno.



IMPIANTI SICURI – CAMERE BIANCHE

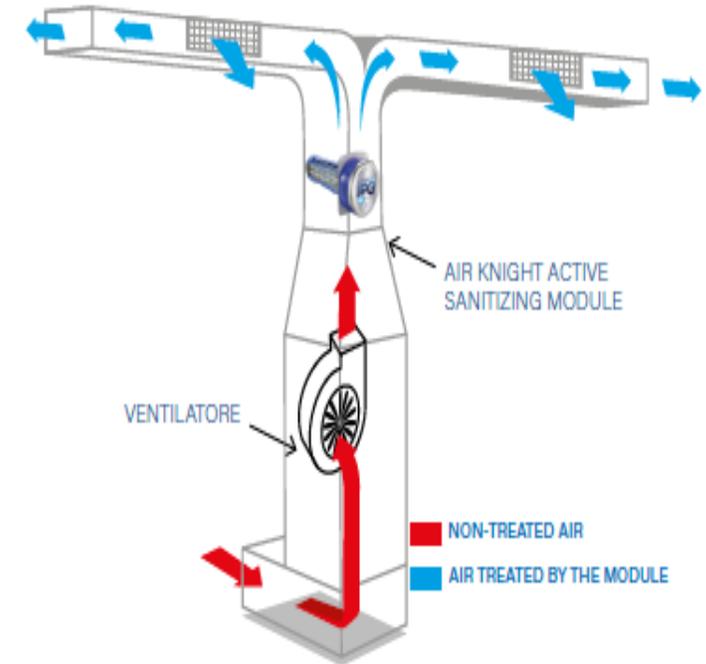
GLI EFFETTI DEL FLUSSO LAMINARE

- Le particelle di piccole dimensioni sono mantenute in sospensione per lunghi tratti.
- Le particelle emesse da una sorgente di contaminazione vengono allontanate senza essere distribuite nell'ambiente perché i filotti fluidi si muovono nello spazio parallelamente agli altri alla velocità di 0.5 m/sec senza influenzarsi.
- All'interno di una porzione di spazio attraversata da un flusso laminare si potranno trovare solo i contaminanti passati attraverso il filtro.



PDR UNI 129:2022 punto 7.5 Misure preventive per la gestione degli impianti 1/3

- definizione di un programma ad-hoc di gestione, manutenzione, pulizia e sanificazione ordinaria periodica degli impianti aeraulici e dei suoi componenti (tipologia e periodicità degli interventi saranno funzione della tipologia e dei componenti degli impianti installati);
- variazione delle condizioni/parametri operativi dell'impianto con relativa ottimizzazione delle condizioni microclimatiche e del benessere termico, riduzione del rischio calcolato di contagio da virus Sars-CoV2-19 e ottimizzazione dei consumi.
- applicazione/installazione di metodi e tecnologie di sanificazione automatica negli impianti aeraulici (es. specifiche lampade UV-C con tecnologia PCO) in grado di:
 - inibire la crescita e riproduzione di germi e batteri che circolano attraverso il sistema di ventilazione di un edificio;
 - eliminare odori sgradevoli;
 - ridurre concentrazione di microparticelle nocive;
 - ridurre cluster di polvere;
 - migliorare la qualità generale dell'aria interna;
 - garantire un trattamento attivo delle canalizzazioni;



PDR UNI 129:2022 punto 7.5 Misure preventive per la gestione degli impianti 2/3

In maniera del tutto analoga deve essere gestito il rischio di contaminazione di legionella negli impianti idrici. In questo caso, interventi di natura preventiva possono consistere in:

- flussaggio e sostituzione dell'acqua con particolare riferimento a quelle sezioni di impianto che non sono utilizzati per lunghi periodi;
- ove possibile, messa fuori servizio delle parti di impianto in cui non vi è scorrimento di acqua (es. rami morti);
- regolazione sui parametri chimico-fisici e di processo dell'acqua (es. mantenere la temperatura dell'acqua a valori minori di 20°C per l'acqua fredda e maggiori di 50°C per l'acqua calda);
- interventi di controllo che devono riguardare tutte le parti costituenti l'impianto, con particolare riferimento ai punti "critici" (tra cui ad esempio: rompigitto, serbatoi, piscine, canali di passaggio dell'aria, umidificatori dell'aria, batterie di scambio termico, ecc.);
- interventi di misura di alcune grandezze fisiche quale ad esempio la temperatura;
- pulizia e lavaggio mediante sistemi meccanici o prodotti di lavaggio e dal flussaggio con prodotti disinfettanti (es. cloro ad elevata concentrazione – clorazione);
- interventi di sostituzione di parti di impianto usurate e non più controllabili che possono favorire lo sviluppo del biofilm (es. sostituzione di: filtri, guarnizioni, giunti, rompigitto dei rubinetti e soffioni delle docce, flessibili delle docce, ecc.).

PDR UNI 129:2022 punto 7.5 Misure preventive per la gestione degli impianti 3/3

Ulteriori trattamenti specifici a lungo termine, che possono assumere carattere di urgenza in situazioni di alta proliferazione di Legionella, possono consistere in:

- filtrazione al punto di utilizzo (microfiltrazione);
- trattamento termico: shock termico (elevazione della temperatura dell'acqua a 70-80°C per tre giorni consecutivi assicurando il suo deflusso da tutti i punti di erogazione per almeno 30 minuti al giorno) o disinfezione termica (mantenimento costante della temperatura dell'acqua a 60°C a monte della miscelazione con acqua fredda);
- irraggiamento ultravioletto;
- clorazione mediante iperclorazione shock e iperclorazione continua, procedura che implica un aumento della concentrazione in acqua del cloro residuo e dei potenziali sottoprodotti di disinfezione;
- disinfezione con biossido di cloro;
- ozonizzazione;
- disinfezione con monoclorammina;
- ionizzazione rame-argento;
- disinfezione con perossido di idrogeno e ioni argento;
- disinfezione con acido peracetico.

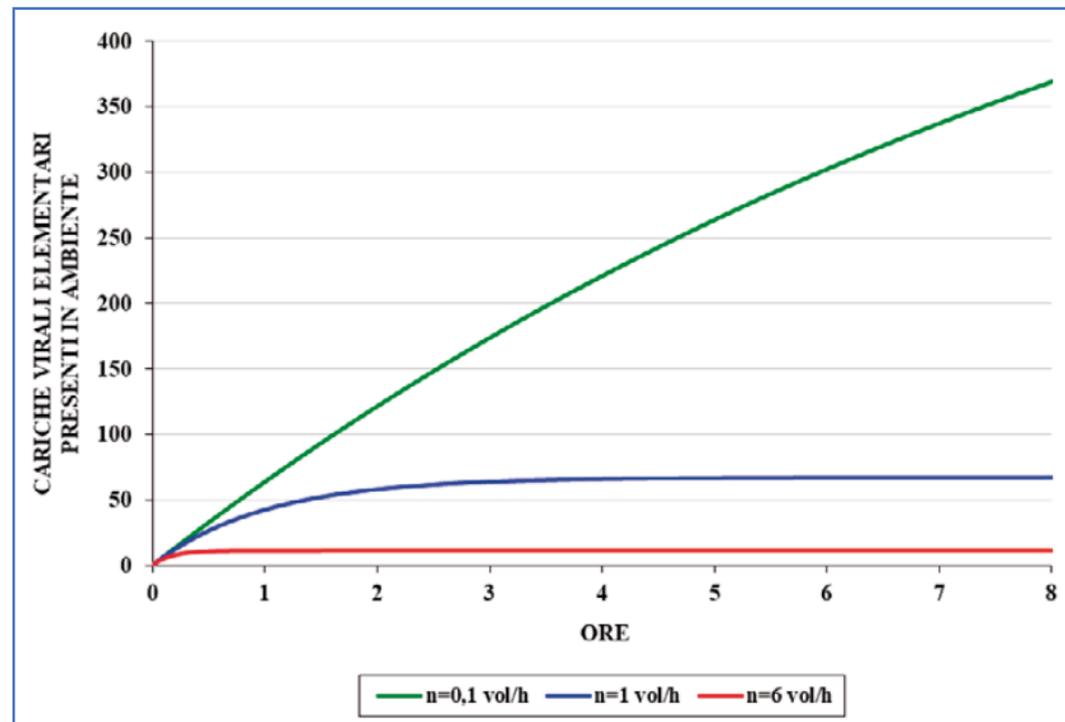
IMPORTANZA DELLA PORTATA DI ARIA DI RINNOVO

Numero di cariche virali elementari

La concentrazione di virus va diluita il più possibile aumentando la portata di aria esterna di rinnovo

- Con un tasso di ventilazione pari a **0,1 volumi/h**, tipico delle sole infiltrazioni o di rare aperture delle finestre, il numero di cariche virali elementari aumenta in continuazione: dopo 8 ore si raggiunge quota 369.
- Aumentando la portata di aria esterna fino a raggiungere un tasso di ventilazione **n=1 volumi/h**, tipico degli **impianti ad aria primaria**, il numero di cariche virali elementari dopo 7 ore e 13 minuti arriva a 67 e rimane costante, in quanto il rinnovo dell'aria riesce a diluire progressivamente l'immissione del virus in ambiente fino a stabilizzarla.
- Aumentando ancora la portata di aria esterna fino a ottenere **n= 6 volumi/h**, **tipico degli impianti a tutta aria in configurazione free-cooling** il numero finale di cariche virali elementari dopo 1 ora e 7 minuti è 11,2 e rimane costante.

È IMPOSSIBILE ELIMINARE COMPLETAMENTE LA PRESENZA DELLE CARICHE VIRALI



IL RISCHIO DI CONTAGIO È LEGATO ALLA CONCENTRAZIONE DI CARICHE VIRALI ELEMENTARI E NON AL LORO NUMERO ASSOLUTO. BISOGNA INNANZITUTTO LIMITARE LA PRESENZA DI PERSONE ALL'INTERNO DEI LOCALI, SOPRATTUTTO SE DI PICCOLE DIMENSIONI.

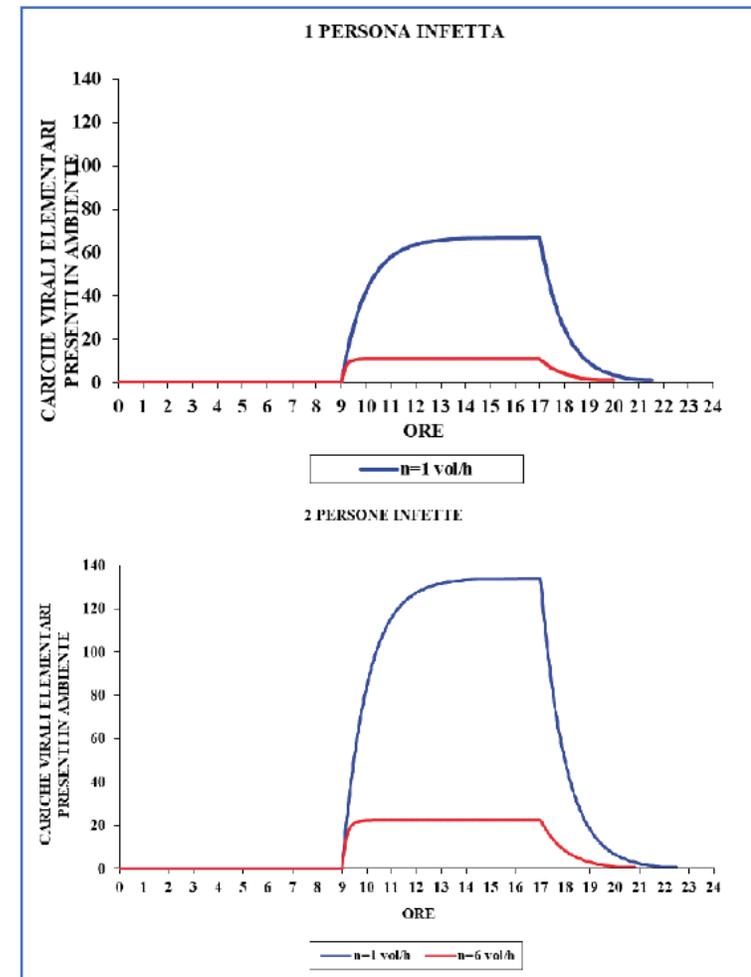
IMPORTANZA DELLA VENTILAZIONE ANCHE NELLE ORE DI CHIUSURA DEI LOCALI

La Figura mostra il confronto tra l'andamento nel tempo delle cariche virali elementari per $n = 1$ volumi/h e $n = 6$ volumi/h, nel caso di una e due persone infette e nell'ipotesi che l'impianto lavori dalle 9 alle 17.

- Con la presenza di una sola persona infetta, per raggiungere un valore di cariche virali elementari $N = 0$ bastano circa 4,5 ore con $n = 1$ volumi/h e circa 3 ore con 6 volumi/h.
- Il tempo aumenta se raddoppiano le persone infette all'interno del locale, diventando rispettivamente 5,5 ore e 6 ore.

SI RICORDA CHE I DIAGRAMMI PRESENTATI SONO VALIDI PER L'INFLUENZA, NON PER IL SARS-COV2-19, CHE PRODUCE UN NUMERO SUPERIORE DI CARICHE VIRALI ELEMENTARI.

È quindi consigliabile non interrompere mai l'immissione di aria esterna nelle attuali condizioni di emergenza.



INFLUENZA DELLA CONCENTRAZIONE IN AMBIENTE

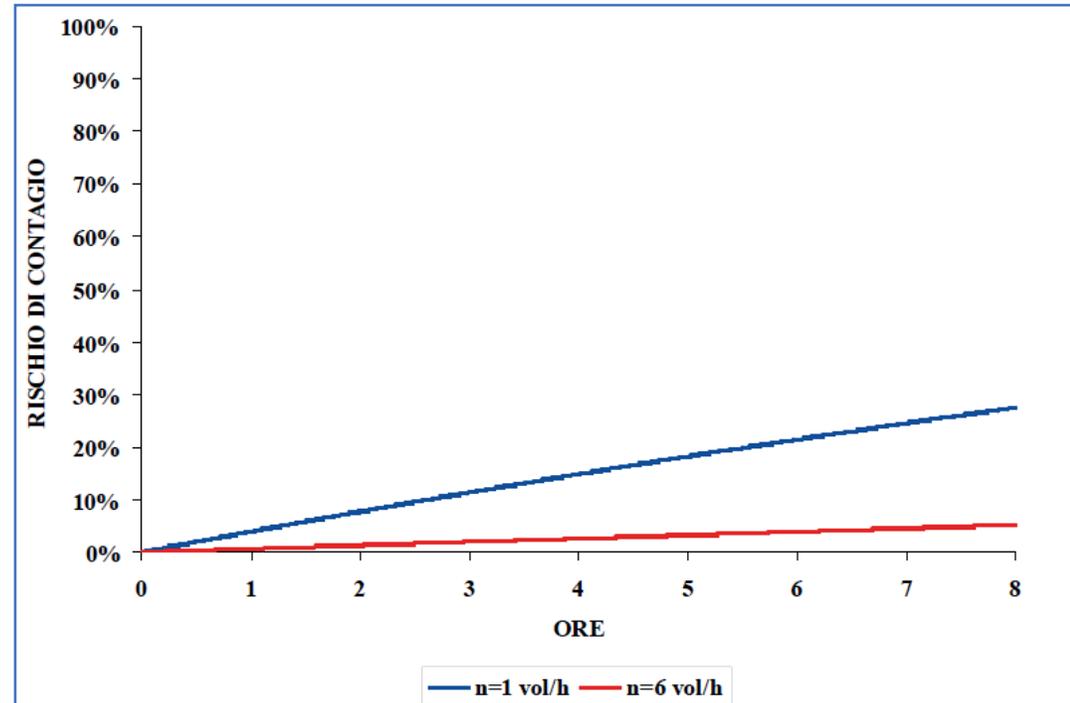
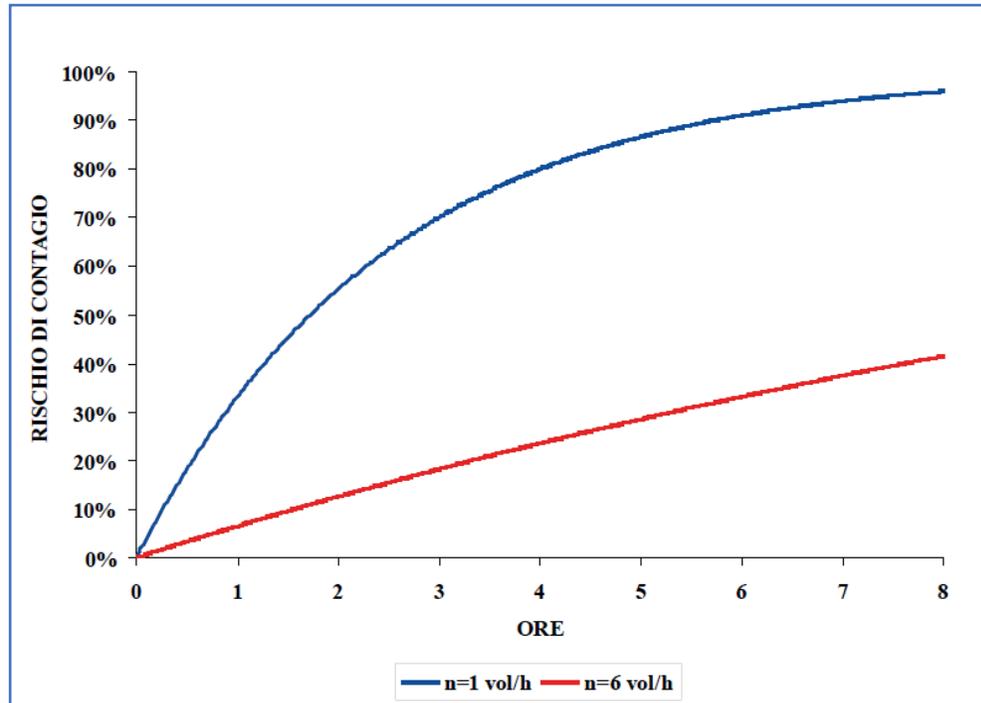
- Il rischio R di contrarre il virus per inalazione attraverso la respirazione è proporzionale alla sua concentrazione in ambiente.
- Se l'infettato rimane sempre all'interno dell'ambiente per tutta la durata del tempo di utilizzo del locale, si può usare una formula semplificata (Knibbs et al, 2001):

$$R = 1 - e^{-\frac{Iqp_N tV}{n}}$$

dove:

- I = numero di persone infette, adim.;
- q = portata di aria media per respirazione di una persona, fissata a 0,6 m³/h;
- p_N = numero di cariche virali elementari prodotti da una persona infetta in 1 ora, pari a 67 per l'influenza, h⁻¹;
- t = tempo, h;
- V = volume dell'ambiente, m³;
- n = tasso di ventilazione, definito in precedenza, h⁻¹ o volumi/h.

RISCHIO DI CONTAGIO



Andamento nel tempo del rischio di contagio nelle 8 ore di permanenza di una persona infetta, in funzione del volume e del tasso di ventilazione n .
A Sinistra, il caso di $V = 100 \text{ m}^3$, a Destra quello di 1000 m^3

VARIAZIONE DEL RISCHIO DI CONTAGIO IN FUNZIONE DELLA TIPOLOGIA D'IMPIANTI: SISTEMI CON RICIRCOLO DELL'ARIA AMBIENTE 1/4

PREMESSA

Sulla base dell'equazione di Knibbs, il rischio di contagio varia solo con il tasso di ventilazione, quindi con la portata d'aria esterna immessa: quando aumenta, diminuisce il rischio di contagio.

Tuttavia, il calcolo delle cariche virali elementari espresso dall'equazione di Knibbs riguarda solamente le goccioline più sottili che formano l'aerosol.

Le goccioline più pesanti cadono a terra, perché risentono della gravità. Per questo motivo alcuni raccomandano di spegnere almeno i terminali con ventilatori posti a pavimento, perché, a loro dire, potrebbero innescare il movimento delle goccioline sul pavimento, che tornerebbero in sospensione, aumentando di fatto il numero di cariche virali elementari nell'aria.

VARIAZIONE DEL RISCHIO DI CONTAGIO IN FUNZIONE DELLA TIPOLOGIA D'IMPIANTI: SISTEMI CON RICIRCOLO DELL'ARIA AMBIENTE 2/4

Si deve considerare che:

- 1) aumentare la portata di aria esterna significa muovere altrettanta aria in ambiente, quindi comunque creare un fenomeno simile a quello descritto: nessuna delle formule di rischio di contagio presenti in bibliografia ne tiene minimamente conto;
- 2) tutti gli impianti muovono aria: i fan-coil e le unità interne dei sistemi a espansione diretta in funzione della portata del loro ventilatore, le travi fredde per induzione in funzione della quantità di aria esterna immessa, i sistemi radianti per la loro parte convettiva, che può sfiorare il 50% della potenza nelle configurazioni a soffitto in estate e in quelle a pavimento in inverno;

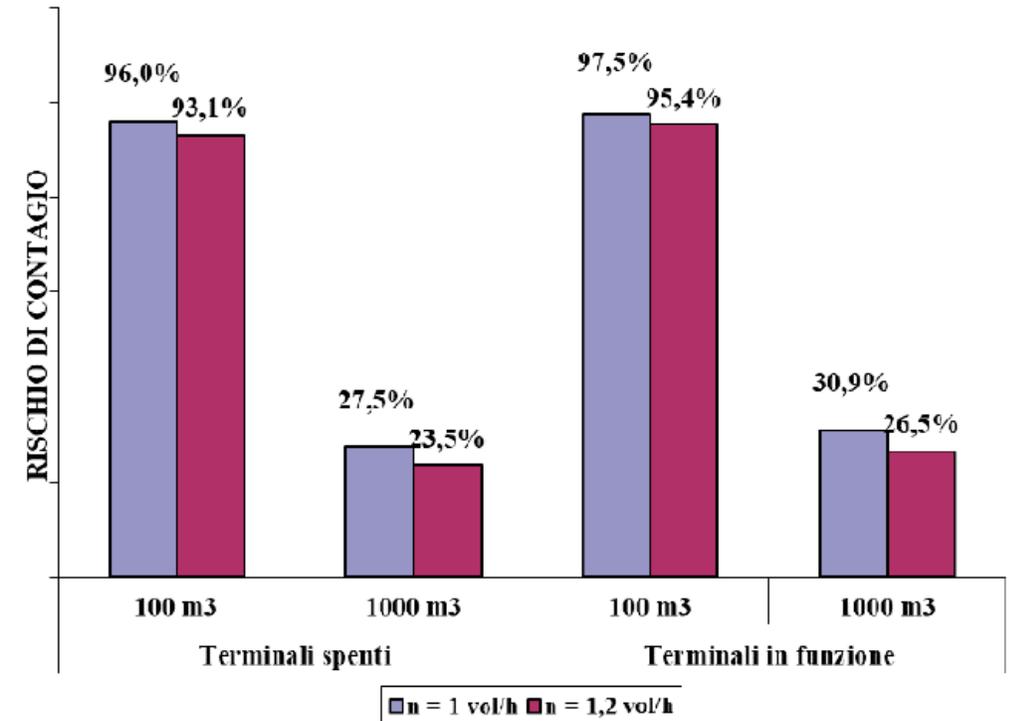
VARIAZIONE DEL RISCHIO DI CONTAGIO IN FUNZIONE DELLA TIPOLOGIA D'IMPIANTI: SISTEMI CON RICIRCOLO DELL'ARIA AMBIENTE 3/4

Si deve considerare che:

- 3) il movimento dell'aria all'interno di un ambiente esiste a prescindere da tutto, perché viene attivato anche dalla sola differenza di temperatura tra le varie superfici;
- 4) le velocità dell'aria all'altezza del pavimento si mantengono basse, se non nelle immediate adiacenze di terminali posti a pavimento, per cui l'eventuale fenomeno della risospensione è comunque molto limitato.

VARIAZIONE DEL RISCHIO DI CONTAGIO IN FUNZIONE DELLA TIPOLOGIA D'IMPIANTI: SISTEMI CON RICIRCOLO DELL'ARIA AMBIENTE 4/4

- Rischio di contagio calcolato con la formula dopo 8 ore di permanenza in ambiente di una persona infetta, in funzione del volume del locale e del tasso di ventilazione n ; i valori dei terminali in funzione sono calcolati nell'ipotesi di aumento del 15% delle cariche virali elementari per un fenomeno di risospensione.
- È una ipotesi cautelativa, perché di questo non vi è alcuna traccia in bibliografia
- Quindi, molto più del funzionamento del ricircolo ambiente dei terminali contano **l'aumento della portata dell'aria esterna, la riduzione di persone all'interno degli ambienti, l'uso di sistemi di protezione personali e la sanificazione continua dei locali.**



PROBABILITÀ DI CONTRARRE IL VIRUS NEL CASO L'INFETTATO RIMANGA NEGLI AMBIENTI PER BREVE TEMPO

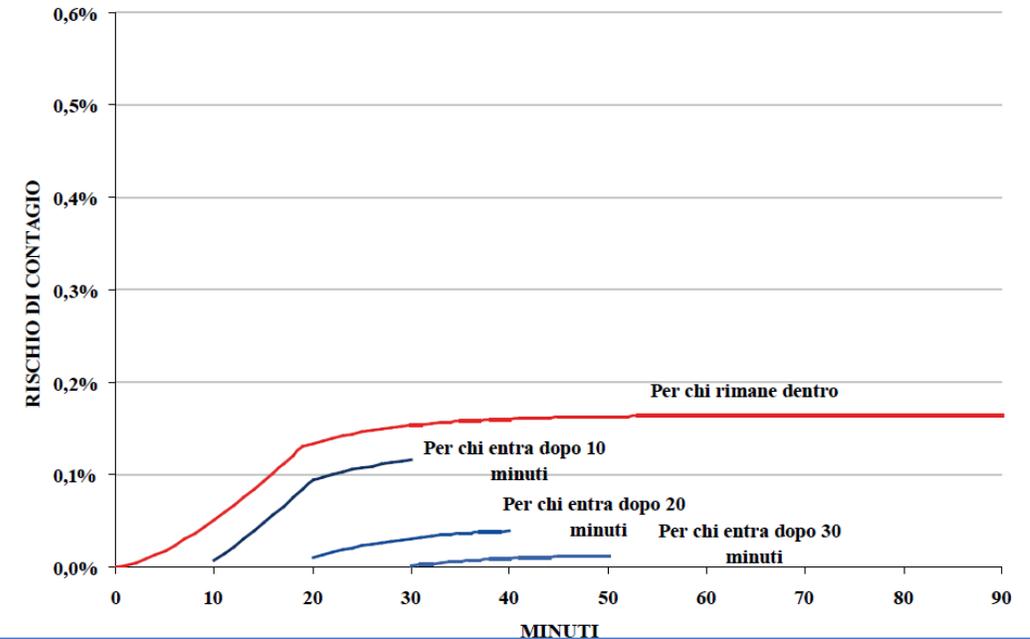
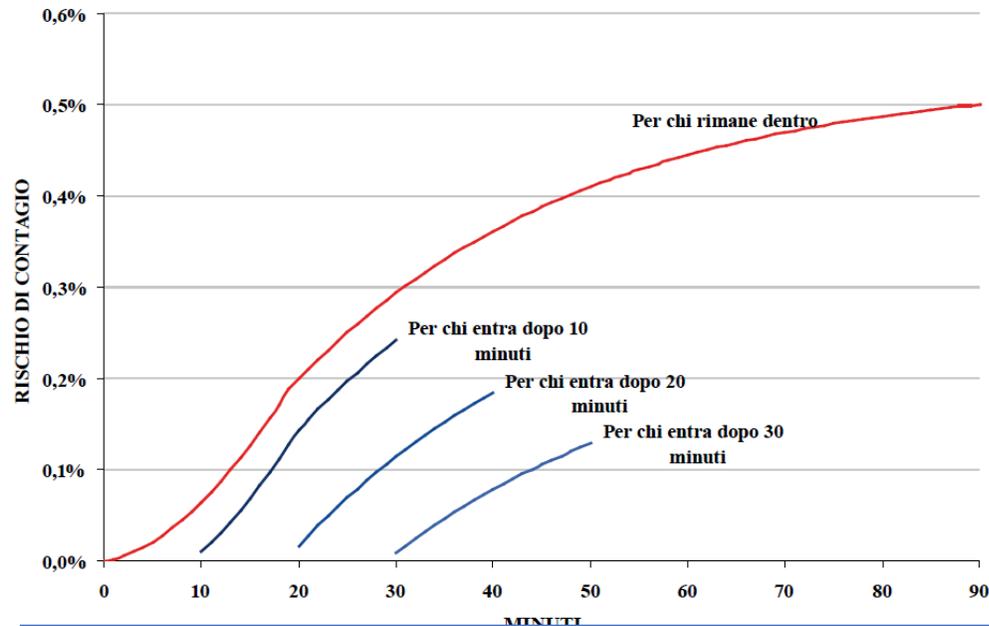
- Il rischio è diverso per chi lavora nell'ambiente e per le persone che entrano dopo l'infettato e stazionano nel locale per breve tempo.
- Si deve adottare una formula del rischio più complessa (Gammaitoni et al., 1997)

$$R = 1 - e^{-Iq \int_{T_p}^{(T_p+\tau)} \frac{N_t}{V} dt}$$

DOVE

- I = numero di persone infette, adim.;
- q = portata d'aria media per una persona, fissata pari a 0,6 m³/h;
- N_t = numero di cariche virali elementari nel tempo t, calcolata secondo l'equazione (2), adim.;
- V = volume dell'ambiente, m³;
- t = tempo, h;
- T_p = tempo al momento di ingresso nel locale di ciascuna persona, h;
- τ = tempo di permanenza in un ambiente di ciascuna persona, h.

Andamento nel tempo del rischio per l'ingresso di un contagiato al minuto 0, in un SUPERMERCATO da 1000 m³. A Sinistra il caso di $n = 0,2$ volumi/h, a destra quello di $n = 0,6$ volumi/h



Il rischio si annulla solo per le persone che entrano quando tutte le cariche virali elementari sono state espulse grazie al rinnovo dell'aria esterna.
Rimane, qualche ora a qualche giorno, in funzione del tipo di superfici: diventano quindi fondamentali le protezioni individuali e la cura personale.

BIBLIOGRAFIA

- Michele Vio, Gli impianti di climatizzazione e il rischio di contagio, Aicarr Journal
- Prof.ssa Francesca Romana d'Ambrosio Ing. Michele Vio, Come combattere la diffusione del Coronavirus nei locali chiusi, Immissione di aria esterna e ricircolo ambiente
- AA. VV. (Coordinamento Tecnico interregionale della Prevenzione dei luoghi di lavoro 2006)
- Microclima, aerazione e illuminazione nei luoghi di lavoro: requisiti e standard, indicazioni operative e progettuali.
- Atti del Convegno DBA 2006: rischi fisici negli ambienti di lavoro, volume 2 – Microclima. Modena, 12-13 ottobre 2006 - ALFANO G., D'AMBROSIO F. R., RICCIO G. (1998) – Disagio e stress termico: effetti, normative, valutazione e controllo.
- Atti del Convegno DBA “Dal rumore ai rischi fisici”, Modena, 17-19 settembre 1998, 531-553 - BARBATO F. (1998) – La valutazione dell’ambiente termico inserita nel programma di valutazione dei rischi. Atti del Convegno DBA “Dal rumore ai rischi fisici”, Modena, 17-19 settembre 1998, 573-596
- UNI EN ISO 8996 (2005) – Ergonomia dell’ambiente termico – Determinazione del metabolism energetico.
- UNI EN ISO 11079 (2008) – Ergonomia degli ambienti termici – Determinazione e interpretazione dello stress termico da freddo con l’utilizzo dell’isolamento termico dell’abbigliamento richiesto (IREQ) e degli effetti del raffreddamento locale.
- UNI EN ISO 13732-3 (2009) - Ergonomia degli ambienti termici - Metodi per la valutazione della risposta dell'uomo al contatto con le superfici - Parte 3: Superfici fredde.
- UNI EN ISO 9920 (2009) – Ergonomia dell’ambiente termico – Valutazione dell’isolamento termico e della resistenza evaporative dell’abbigliamento.

BIBLIOGRAFIA

- Buonanno G., Stabile L., Morawska L. 2020. Estimation of airborne viral emission: Quanta emission rate of SARS-CoV-2 for infection risk assessment. *Environment International*, May, 141.
- Chao C.Y.H., Wan M., Morawska L., Katoshevski D. 2009. Characterization of expiration air jets and droplet size distributions immediately at the mouth opening. *Journal of Aerosol Science* 40(2)
- Gammaitoni L., Nucci M.C. 1997. Using a mathematical model to evaluate the efficacy of TB control measures. *Emerging Infectious Disease*, 3.
- Knibbs L.D., Morawska L., Bell S.C., Grybowski P. 2011. Room ventilation and the risk of airborne infection transmission in 3 health care settings within a large teaching hospital. *American Journal of Infection Control*, 39, 866-872.
- Lu J., Gu J., Li K., Xu C., Su W., Lai Z., Zhou D., Yu C., Xu B., Yang Z. 2020. COVID-19 Outbreak Associated with Air Conditioning in Restaurant, Guangzhou, China, 2020. *Emerging infectious diseases*, 26(7).
- Nardell E.A. 2016. Indoor environmental control of tuberculosis and other airborne infections. *Indoor Air*, 26. Riley R., O'Grady F. 1961. *Airborne Infection*. New York: The Macmillan Company.
- Riley, E., Riley, R. et al. 1978. Airborne spread of measles in a suburban elementary school. *American Journal of Epidemiology*, 107.
- Vio M. 2020. Gli impianti di climatizzazione e il rischio di contagio. *AiCARR Journal*, 61. Wells, W. 1955 : *Airborne Contagion and Air Hygiene: An Ecological Study of Droplet Infections*, Cambridge, Harvard University Press for the Commonwealth Fund. Webgrafia documenti AiCARR http://www.aicarr.org/Documents/Normativa/COVID19/200313_AICARR_SARSCOV2_19.pdf
http://www.aicarr.org/Documents/Normativa/COVID19/200406_PP_AICARR_COVID-19.pdf
http://www.aicarr.org/Documents/Normativa/COVID19/200318_SCHEMA_GESTIONE_HVAC_SARSCoV219_DEF.pdf
https://www.aicarr.org/Documents/News/200411_Prontuario%20AiCARR_%20Ruolo_impianti_HVAC.pdf
https://www.aicarr.org/Documents/News/200410_SCHEMA_GESTIONE_HVAC_COVID19_DEF.pdf

...Grazie per l'attenzione!