

# Il ruolo degli impianti di climatizzazione nel contenimento del contagio da SARS COV 2

25 Febbraio 2021 - webinar

Ing. Federico Pedranzini – Dipartimento di Energia, Politecnico di Milano  
– Docente scuola di formazione permanente Aicarr Educational



**POLITECNICO**  
MILANO 1863

DIPARTIMENTO DI ENERGIA



Associazione Italiana Condizionamento dell'Aria  
Riscaldamento e Refrigerazione

ASSOCIAZIONE FEDERATA REHVA

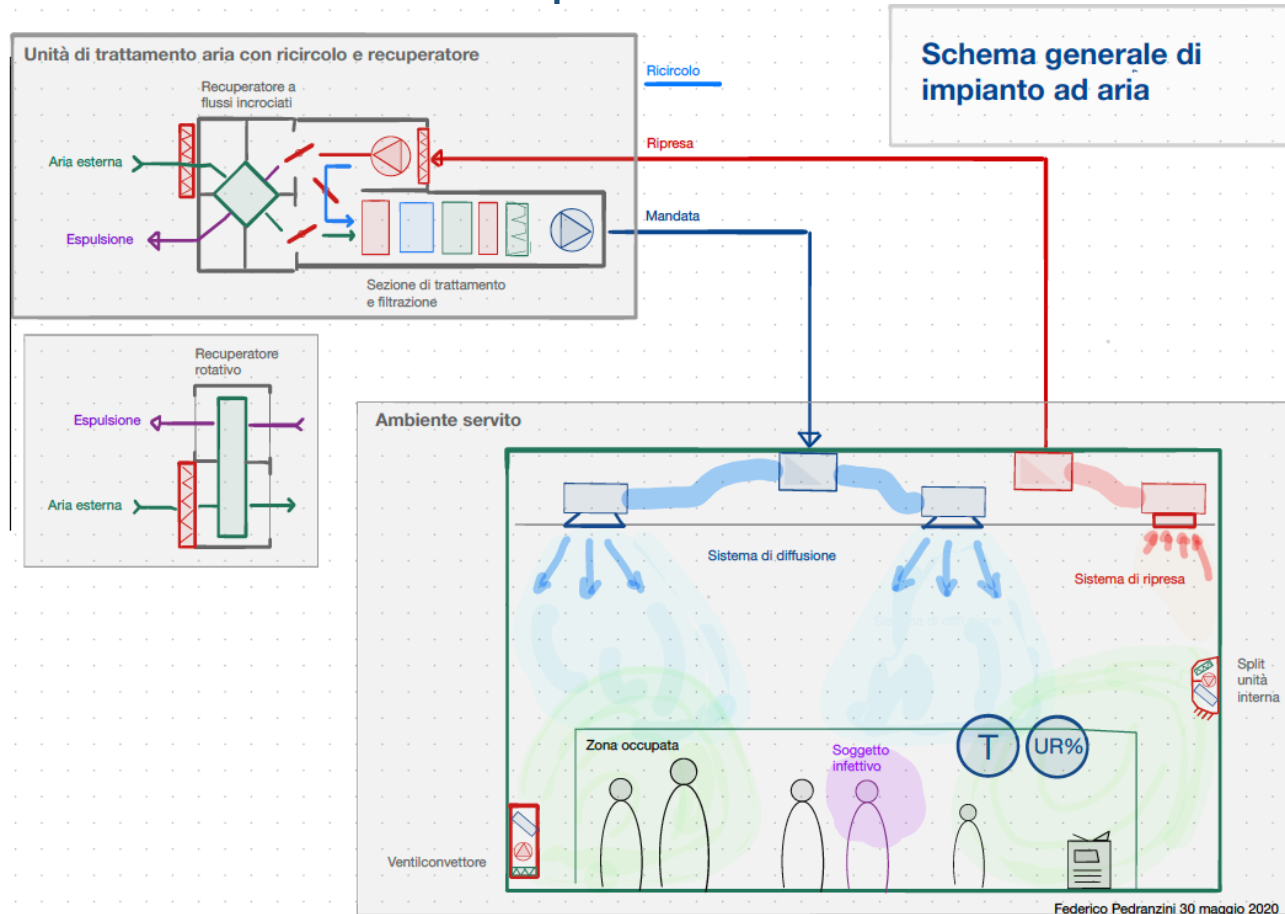
## ARGOMENTI DELLA PRESENTAZIONE

- Introduzione alle installazioni impiantistiche e presentazione di alcuni casi tipici
- Concetti preliminari sulle caratteristiche del virus attinenti al rischio contagio, alle modalità di proliferazione, trasporto, evoluzione della capacità infettante
- Modalità di contagio, aspetti attinenti al ruolo dell'impiantistica.
- Cenni ai criteri generali di contenimento dei contaminanti di origine umana concetto di tempo di esposizione e di concentrazione.
- Cenni ai metodi quantitativi di analisi della gestione del rischio tramite contestualizzazione dei metodi classici.
- Il ruolo del ricircolo e dell'aria di trasferimento nei sistemi multizona.
- Concetto di diluizione per miscelazione e concetto di dislocamento.
- Ruolo dei recuperatori di calore
- Il futuro della progettazione



Federico Pedranzini – Politecnico di Milano - Aicarr

# Gli impianti HVAC



## PREMESSA E CONTESTUALIZZAZIONE

**Gli impianti di climatizzazione vengono realizzati sostanzialmente per due ragioni:**

1. Qualità dell'aria (in alternativa alla aerazione naturale);
2. Comfort termico.

**Gli impianti di climatizzazione possono essere suddivisi:**

1. Sistemi idronici (ad acqua);
2. Sistemi aeraulici (a tutt'aria);
3. Sistemi misti aria-acqua;

Negli ultimi anni ai sistemi ad acqua si stanno affiancando ai sistemi ad espansione diretta (VRF - SPLIT)

**Tra questi gli impianti ad aria risultano determinanti per due motivi:**

- Un impianto ad aria rappresenta un'alternativa alla aerazione naturale per l'ottenimento di una adeguata qualità dell'aria migliorativa per controllo della prestazione e per continuità della prestazione;
- Soltanto l'adozione di un impianto ad aria può consentire il recupero dell'energia dell'aria espulsa.

*Nota: con «impianti ad aria» si intende impianti che fanno uso esclusivo o non esclusivo di aria esterna*

## LA QUALITA' DELL'ARIA INTERNA

### L'aria in atmosfera vede una composizione di riferimento di base:

Azoto 78%	(780'000 ppm)
Ossigeno 21%	(210'000 ppm)
Anidride carbonica 0,03%	(300 ppm)
Gas rari e vapore <1%	(10'000 ppm)

### Quel che si respira vede in aggiunta a questi componenti di base l'aggiunta di sostanze classificabili per origine o per tipologia:

Origine: antropica oppure no, ovvero connessa alla presenza di persone.

Origine: interna - dovuta alla presenza di persone, animali, apparecchiature, materiali di rivestimento etc oppure

Origine: esterna - dovuta a fattori vari quali traffico, polline stagionale, impianti industriali, fenomeni naturali.

Tipologia: particolato, nebbie, condensati, fumi, gas

Tipologia: (inerte / chimicamente attivo / biologicamente attivo)

### Perseguire la qualità dell'aria:

in sostanza si persegue la diluizione dell'aria interna con aria considerata "pulita" ovvero priva di contaminanti e la contemporanea fuoriuscita di aria contaminata, la considerazione va contestualizzata per ogni contaminante.

L'effetto netto deriva dal fatto che l'aria in uscita vede una concentrazione di contaminante superiore a quella in ingresso.

### Tramite Aria Esterna.

In generale si assume che l'aria esterna sia più pulita di quella interna in quanto priva dei contaminanti che si producono internamente.

*L'areazione /ventilazione naturale si basa sostanzialmente sulla diluizione dei contaminanti tramite rientro di aria esterna causato da aperture volontarie o involontarie o da mancanza di tenuta dell'involucro.*

### Tramite ricircolo con filtrazione.

Se si considerano i sistemi di abbattimento allora si deve considerare il fatto che questi sono selettivi (es. filtri meccanici abbattano solo il particolato, non la CO<sub>2</sub>).

## L'areazione / ventilazione naturale è la scelta migliore?

Si è storicamente adottata in molte applicazioni, ad esempio nel residenziale grazie ai rapporti aero-illuminanti (e alle infiltrazioni ove non trascurabili).

Il mantenimento della qualità dell'aria interna viene normalmente affidato alle procedure di gestione e alle persone senza particolari automatismi in relazione alla frequenza e alle modalità di apertura.

In tal senso un contributo importante è sempre stato svolto dalle infiltrazioni: La mancanza di tenuta comporta in generale uno scambio d'aria con l'esterno permanente e non controllato (dipendente dal vento, dalle differenze di temperatura, dall'effettiva permeabilità dell'involucro, dalle aperture connesse al transito in ingresso e uscita). In alcune applicazioni vengono realizzate aperture apposite (in genere feritoie soprafinestra) al fine di garantire uno scambio permanente con l'esterno: a tale soluzione è, secondo la norma, riferito propriamente il termine «ventilazione naturale».

### **l'areazione /ventilazione naturale presenta alcuni svantaggi:**

1. non garantisce la qualità dell'aria in ingresso (es. livello strada)
2. non è possibile controllare le condizioni di temperatura e umidità dell'aria in ingresso
3. non si può filtrare l'aria in ingresso.
4. non è possibile alcuna forma di recupero sull'aria in uscita, che di fatto risulta aria "persa".

*Ne segue che l'aerazione naturale comporta una serie di problematiche cui storicamente si è risposto semplicemente limitando i tempi di apertura ogni volta che uno di questi aspetti assumeva un rilievo particolare (es. pieno inverno, oppure presenza di polline)*

## La ventilazione attraverso gli impianti meccanici

I sistemi di ventilazione meccanica si sono evoluti al fine di superare questi problemi e attualmente consentono di:

1. Decidere un punto di presa dell'aria esterna collocato opportunamente, decidere dove espellere l'aria (lontano da altre finestre e/o prese d'aria);
2. Disporre di un sistema di filtrazione dell'aria in ingresso;
3. Realizzare un sistema di distribuzione che immette in modo omogeneo le portate richieste anche in ambienti interni privi di comunicazione verso l'esterno o dei corretti rapporti aero-illuminanti;
4. Realizzare un sistema di ripresa ed espulsione che consenta di mantenere alcuni ambienti in depressione rispetto ad altri;
5. Realizzare una forma di recupero dell'energia dall'aria espulsa;

*I sistemi di ventilazione meccanica consentono in generale di risparmiare energia e di controllare la qualità dell'aria interna, per questo motivo sono oggi molto diffusi anche in applicazioni ove non sarebbero per legge obbligatori.*

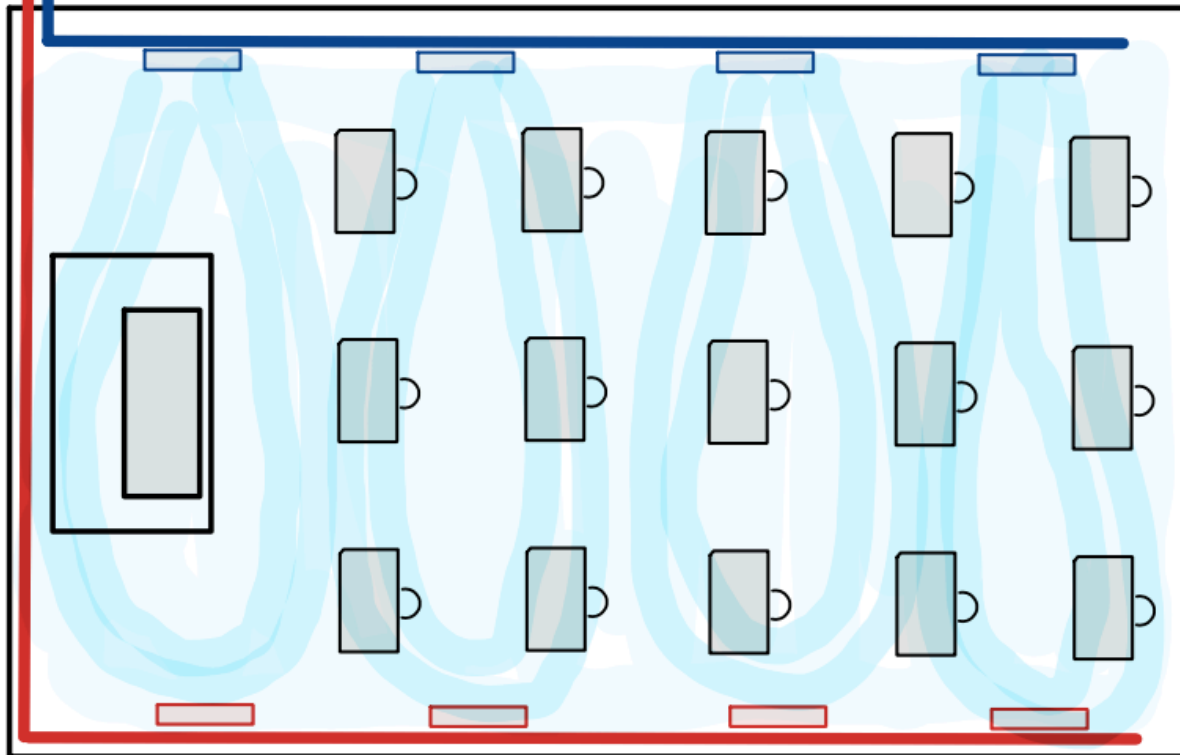


## La presenza di un sistema ad aria ricontestualizza anche gli altri sistemi secondo una logica di integrazione e di minimizzazione dell'investimento

- A seconda della entità delle portate di aria esterna da immettere e delle necessità di riscaldare o raffrescare gli ambienti talvolta è possibile affidare ai sistemi ad aria anche il controllo delle temperature: un impianto ad aria in grado di fare sia qualità dell'aria che controllo dei carichi termici senza che sia necessario installare anche terminali ad acqua ( o in alternativa sistemi ad espansione diretta) si definisce **IMPIANTO A TUTT'ARIA**
- Un impianto che al contrario è adottato unicamente per fini di rinnovo e che necessita della presenza di terminali ad acqua o ad espansione diretta per il controllo delle temperature ambiente si definisce **IMPIANTO MISTO** e consta nella combinazione di un **IMPIANTO AD ARIA PRIMARIA** e di **UNITA' TERMINALI AMBIENTE**.

*La scelta del sistema impiantistico da adottare viene effettuata dal progettista che valuta tutti gli aspetti legati alla tipologia di involucro, alle attività che si svolgono all'interno degli ambienti serviti, all'entità dei carichi termici e contaminanti.*

Caso tipico: ventilazione forzata in aula scolastica



Esempio 1: Aula scolastica

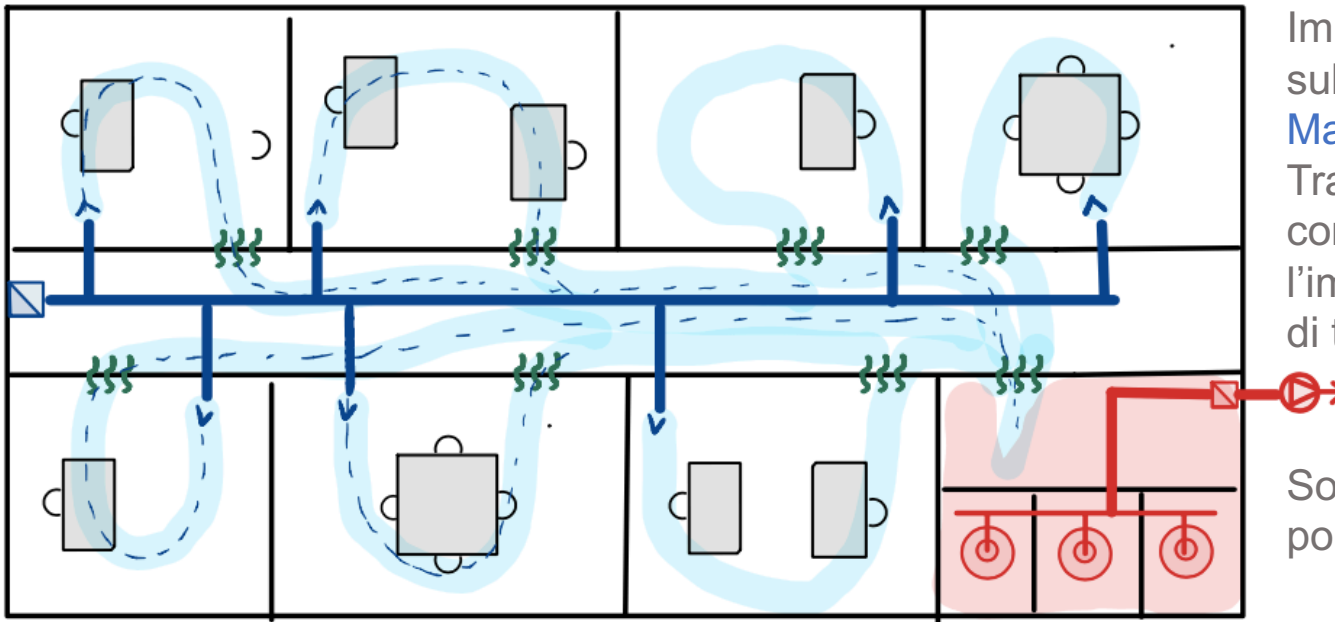
Impianto a tutt'aria  
(senza integrazione)

Terminali di mandata

Terminali di ripresa

## Esempio 2: Uffici

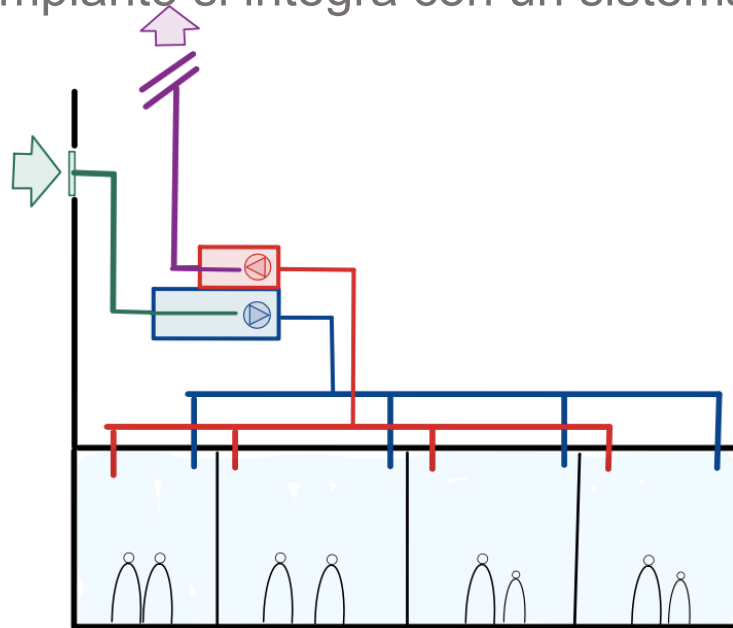
Caso tipico: uffici con aria primaria, griglie di transito ed estrazione dai servizi



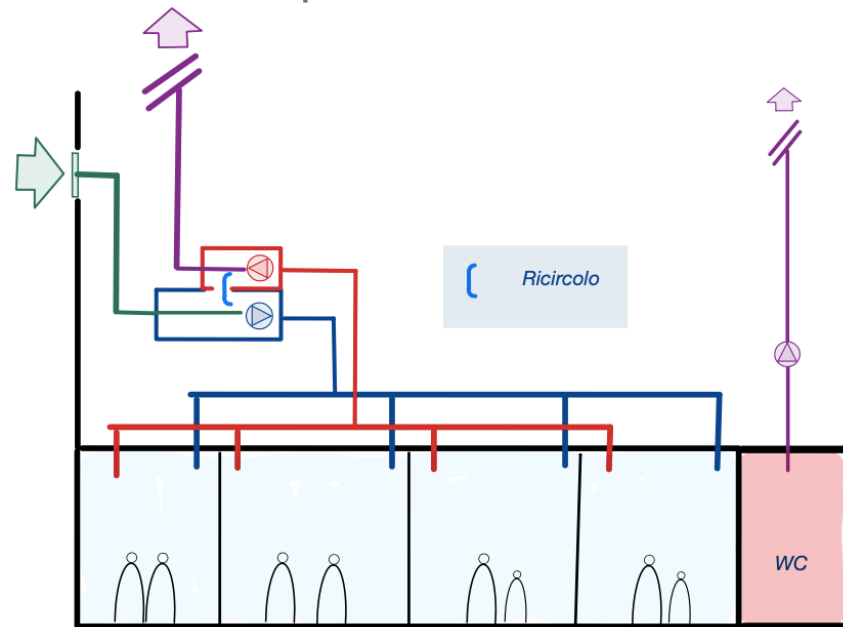
Impianto Aria Primaria dimensionato sul numero di persone, **Mandate** negli uffici, Trasferimento dell'aria attraverso il corridoio ed **espulsione dai servizi**. l'impianto si integra con un sistema di terminali ad acqua.

Sono previste **griglie di transito** nelle porte.

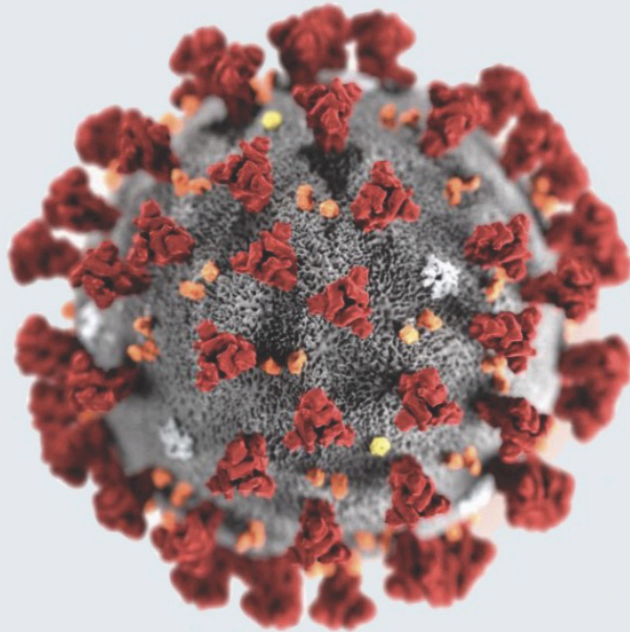
Esempio 3: Uffici, multizona  
impianto aria primaria dimensionato sul numero di persone,  
Mandate e riprese nei singoli ambienti, eventuale ricircolo (in tal caso con  
espulsione indipendente dei servizi)  
L'impianto si integra con un sistema di terminali ad acqua.



Impianto multizona senza ricircolo a tutta aria esterna



Impianto multizona con ricircolo



This illustration, created at the Centers for Disease Control and Prevention (CDC), reveals ultrastructural morphology exhibited by the 2019 Novel Coronavirus (2019-nCoV). Note the spikes that adorn the outer surface of the virus, which impart the look of a corona surrounding the virion, when viewed electron microscopically. This virus was identified as the cause of an outbreak of respiratory illness first detected in Wuhan, China.

*Photo: CDC / Alissa Eckert & Dan Higgins*



## **concetti base e riferimenti nazionali e internazionali.**

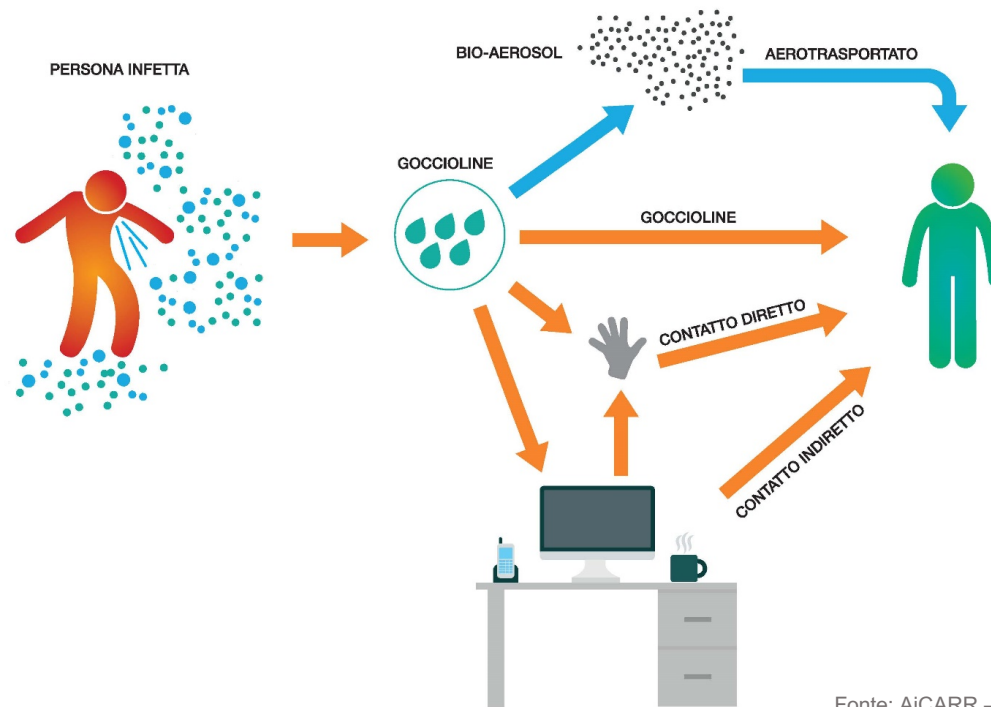
Dal punto di vista dei meccanismi di trasporto e contagio gli aspetti salienti sono praticamente tutti riconducibili a pochi concetti che sono stati più volte ribaditi e riconosciuti dalle autorità nazionali ed internazionali chiamate ad esprimersi in proposito:

- Organizzazione Mondiale della sanità - OMS,
- Istituto superiore della sanità - ISS ,
- U.S. Department of Labor Occupational Safety and Health Administration – OSHA
- associazioni tecniche:(ASHRAE – REHVA – AICARR)
  
- letteratura tecnico-scientifica sul tema

*Si rimanda alla bibliografia*

concetti base  
MECCANISMI DI TRASMISSIONE E CONTAGIO

# SARS-CoV-2



Fonte: AiCARR – Gli impianti e la diffusione del SARS-CoV-2 nei luoghi di lavoro

Federico Pedranzini – Politecnico di Milano - Aicarr

## concetti base: aerosol

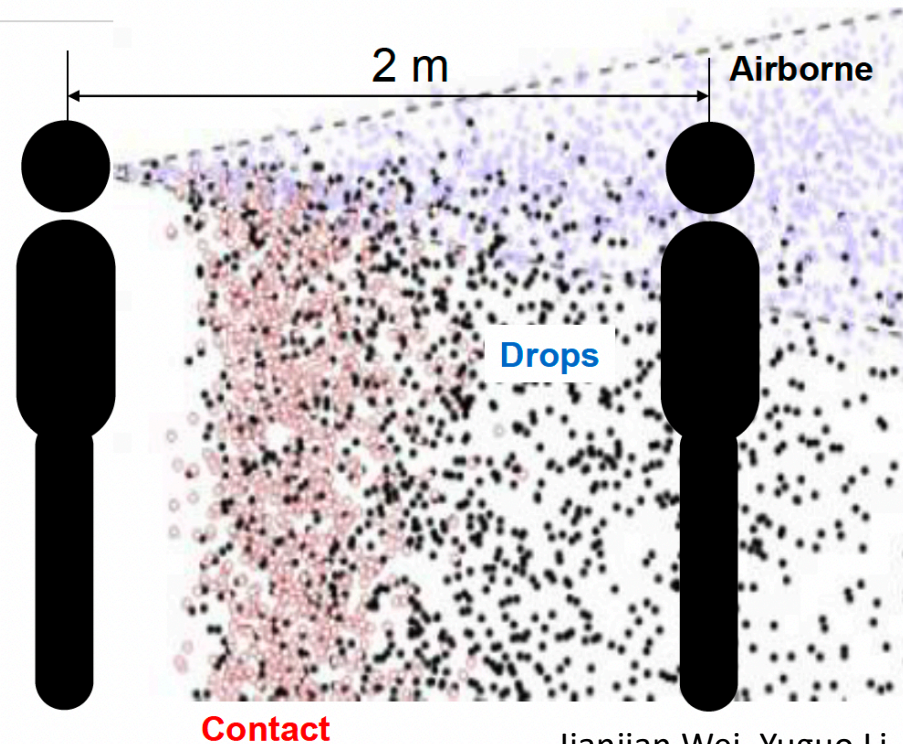
Le modalità di contagio sono molteplici, tuttavia tra queste vi è la possibile trasmissione tramite inalazione di aerosol infetto. L'aerosol infetto è costituito dalla parte più leggera della miscela espirata ed espettorata e viene trasportato in aria seguendo i moti della stessa, siano questi causati da differenze di temperature o causati dall'azione di vento o degli impianti.

In particolare, si evidenzia come l'aerosol infetto possa essere veicolato attraverso le canalizzazioni dell'aria.



Conclusion

- The safety distance of 2 m between people, regarding the risk of COVID-19 infection, is a myth
- The Mode of Transmission through Airborne Particles (Aerosols) is possible, because the virus remains viable and infectious for at least 3 hours.
- These particles, remain in suspension, follow the internal flows and their deposition rate is residual.



Jianjian Wei, Yuguo Li,

## concetti base: infettività nel tempo

L'aerosol oggetto di attenzione proviene da persone infettive e può quindi contenere una carica infettiva.

a partire dal momento in cui il virus entra nell'aria ha inizio un processo di decadimento della sua capacità infettante, la cui durata può variare da qualche minuto a parecchie ore, a seconda del substrato di trasporto (goccioline o particolato) o della superficie su cui va a deporsi nonché delle condizioni dell'aria;

## concetti base

### Sintomatici e Asintomatici:

- Un soggetto infettivo e sintomatico non è considerato come possibile causa di contagio in ambienti comuni in quanto si ritengono efficaci le azioni finalizzate a prevenirne l'accesso.
- Un soggetto asintomatico non può essere funzionalmente distinto dagli altri soggetti: di conseguenza quella che può essere considerata sorgente infettiva non può essere localizzata all'interno degli ambienti in quanto avrà un comportamento non differente dal comportamento di tutti gli altri occupanti.

## concetti base

### Il rischio contagio: definizione di contatto

Il rischio contagio per un soggetto sano dipende dalla coesistenza di tre fattori:

- la predisposizione individuale;
- la presenza di una carica infettante;
- un tempo sufficiente di esposizione.

i tre fattori non sono indipendenti, OMS parla di tempi di esposizione per un soggetto mediamente sano dell'ordine di 15 minuti a una distanza di un metro ovvero in presenza di carica infettiva confrontabile con quella emanata da un infettivo.

## concetti base

### Il ruolo dell'aria esterna.

In condizioni normali l'aria esterna presenta dal punto di vista della presenza di aerosol infetto un rischio di contagio che viene ritenuto trascurabile.

Questo è vero a meno di situazioni particolari legate ad applicazioni specifiche e/o problemi di posizionamento della presa dell'aria esterna.

si può fare riferimento ad applicazioni speciali ove è esplicitamente prevista la presenza di aerosol infetto in espulsione (es. reparti COVID negli ospedali). In tal caso si adottano ovviamente misure efficaci (filtrazione assoluta delle espulsioni, distanziamento delle prese d'aria di altri impianti).

## concetti base

### I sistemi di abbattimento.

I sistemi di abbattimento dell'aerosol potenzialmente infetto possono essere molteplici e possono avere effetti e indicazioni applicative differenti.

L'unica soluzione che ad oggi può essere certificabile da un punto di vista quantitativo e quindi utilizzata in un contesto di progettazione è la filtrazione meccanica realizzata tramite filtri ad altissima efficienza ( classificati HEPA – High Efficiency Particulate Air [Filter] secondo EN 1882) all'interno di condotte dell'aria o delle unità di trattamento.

Tale tipologia di filtrazione è riconosciuta come affidabile e in grado di abbattere con efficienze superiori al 99,97% il particolato con dimensione di riferimento 0,3  $\mu\text{m}$  (1mm=1000  $\mu\text{m}$ ).

# THE RELATIVE SIZE OF PARTICLES

From the COVID-19 pandemic to the U.S. West Coast wildfires, some of the biggest threats now are also the most microscopic.

A particle needs to be 10 microns ( $\mu\text{m}$ ) or less before it can be inhaled into your respiratory tract. But just how small are these specks?

Here's a look at the relative sizes of some familiar particles  $\blacktriangleright$

HUMAN HAIR 50-180 $\mu\text{m}$   $\blacktriangleright$   
FOR SCALE

FINE BEACH SAND 90 $\mu\text{m}$   $\blacktriangleright$

GRAIN OF SALT 60 $\mu\text{m}$   $\blacktriangleright$

WHITE BLOOD CELL 25 $\mu\text{m}$   $\blacktriangleright$

GRAIN OF POLLEN 15 $\mu\text{m}$   $\blacktriangleright$

DUST PARTICLE (PM<sub>10</sub>) <10 $\mu\text{m}$   $\blacktriangleright$

RED BLOOD CELL 7-8 $\mu\text{m}$   $\blacktriangleright$

RESPIRATORY DROPLETS 5-10 $\mu\text{m}$   $\blacktriangleright$

DUST PARTICLE (PM<sub>2.5</sub>) 2.5 $\mu\text{m}$   $\blacktriangleright$

BACTERIUM 1-3 $\mu\text{m}$   $\blacktriangleright$

WILDFIRE SMOKE 0.4-0.7 $\mu\text{m}$   $\blacktriangleright$

CORONAVIRUS 0.1-0.5 $\mu\text{m}$   $\blacktriangleright$

T4 BACTERIOPHAGE 0.225 $\mu\text{m}$   $\blacktriangleright$

ZIKA VIRUS 0.045 $\mu\text{m}$   $\blacktriangleright$



Pollen can trigger allergic reactions and hay fever—which 1 in 5 Americans experience every year.  
Source: Harvard Health

The visibility limits for what the naked eye can see hovers around 10-40 $\mu\text{m}$ .



Respiratory droplets have the potential to carry smaller particles within them, such as dust or coronavirus.



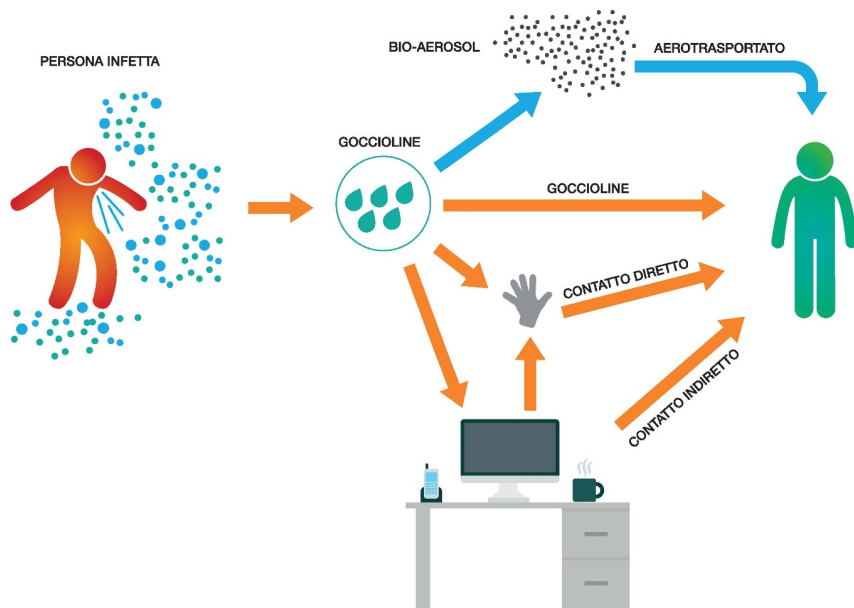
Wildfire smoke can persist in the air for several days, and even months.

**SOURCES** Clearstream, Daniel Lovreby, EPA, Financial Times, News Medical, Science Direct, SCMP, Susan Sokolowski, Petroclear, U.S. Dept. of Energy  
**COLLABORATORS** RESEARCH • WRITING Carmen Ang, Iman Ghosn | DESIGN • ART DIRECTION Harrison Schell



/visualcapitalist 
 /visualcapitalist 
 @visualcap 
 @visualcap 
 visualcapitalist.com

[https://www.visualcapitalist.com/wp-content/uploads/2020/10/RelativeSizeofParticles-Infographic-1920px\\_v8.jpg](https://www.visualcapitalist.com/wp-content/uploads/2020/10/RelativeSizeofParticles-Infographic-1920px_v8.jpg)



Fonte: AiCARR – Gli impianti e la diffusione del SARS-CoV-2 nei luoghi di lavoro

## COVID-19 cosa cambia?

I meccanismi di contagio sono tre e ad essi sono associati gli elementi di prevenzione:

### 1. inalazione droplet per contatto diretto

distanziamento sociale - mascherine

### 2. contatto con superfici infette

frequenti pulizie delle superfici e lavaggio delle mani

### 3. inalazione di aerosol infetto

dislocamento dell'aerosol dalla zona occupata, diluizione con aria priva di virus (ovvero esterna o ricircolata con filtrazione HEPA)

*Gli impianti hanno un ruolo attivo nella minimizzazione del tipo di contagio del terzo tipo e solo indirettamente delle altre due modalità (trasformazione delle goccioline del droplet in aerosol aerotrasportato, risollevarimento di particolato infetto dal pavimento da parte di correnti d'aria)*



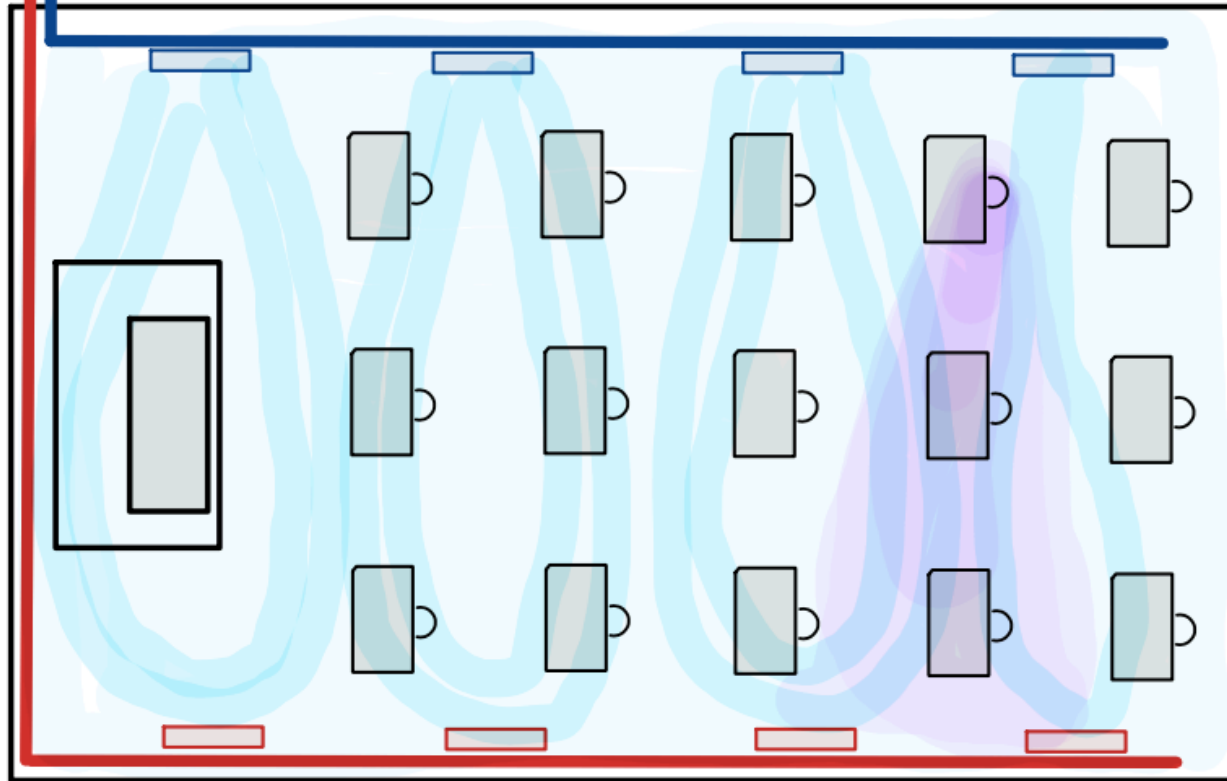
*Dinamica di contaminazione in assenza di ventilazione*



Esempio 1: Aula scolastica in assenza di ventilazione

L'assenza di ventilazione non tutela in alcun modo ma affida la diluizione ai soli trasferimenti di portata dovuti a rientri d'aria non controllati e non programmabili.

*Dinamica di contaminazione in presenza di un soggetto infettante*



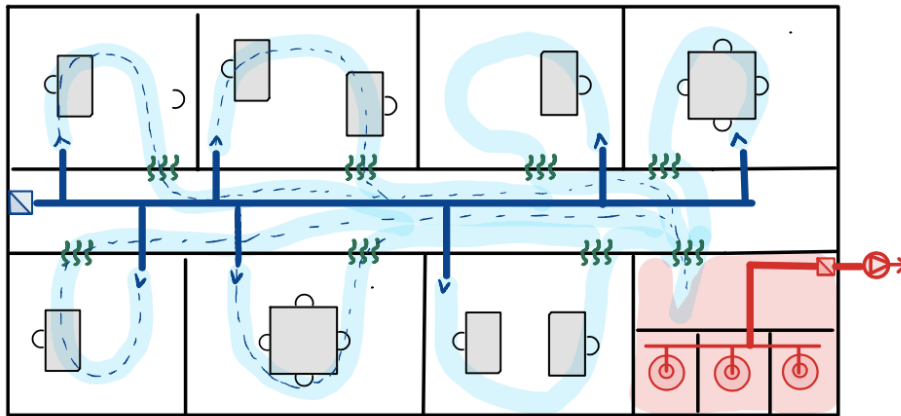
Esempio 1: Aula scolastica

La presenza di ventilazione garantisce l'effetto di diluizione continua e di ripristino della qualità dell'aria in tempi ragionevoli

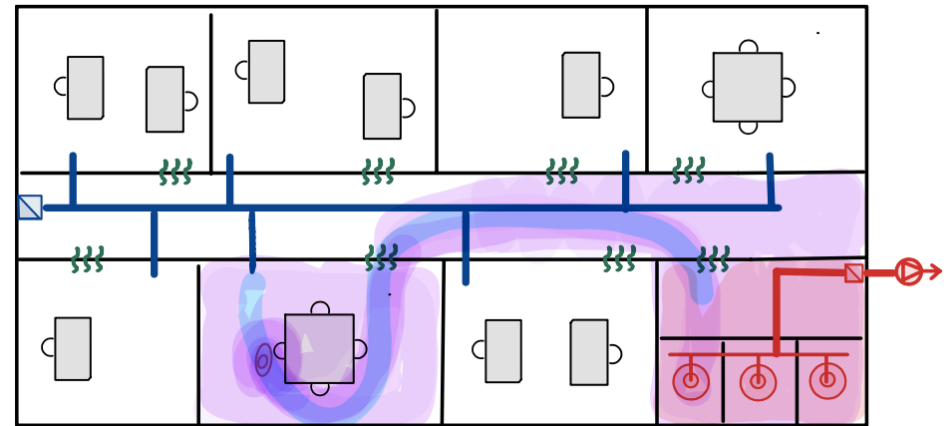
## Esempio 2: Uffici con trasferimento.

L'aria di trasferimento è causa di contaminazione tra zone differenti.

Caso tipico: uffici con aria primaria, griglie di transito ed estrazione dai servizi



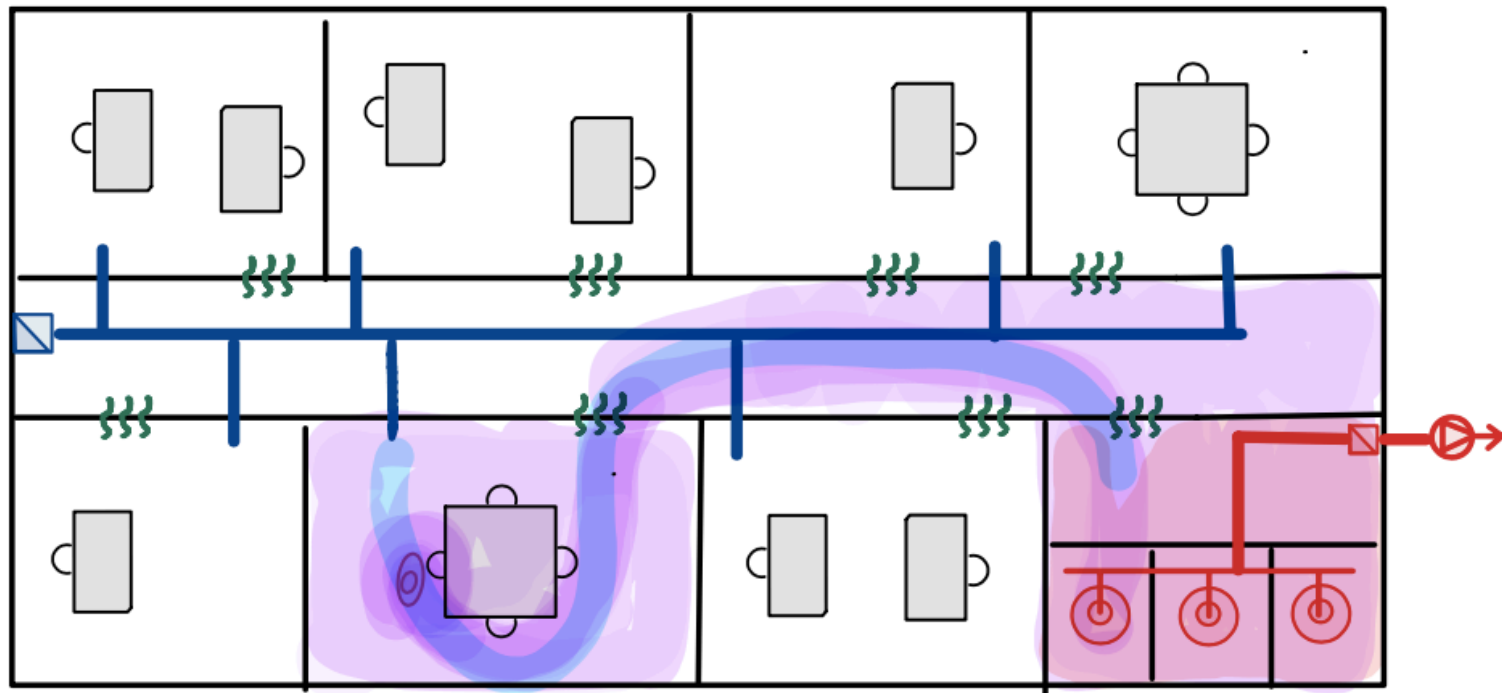
Cross Contamination dovuta a aria di trasferimento



Esempio 2:

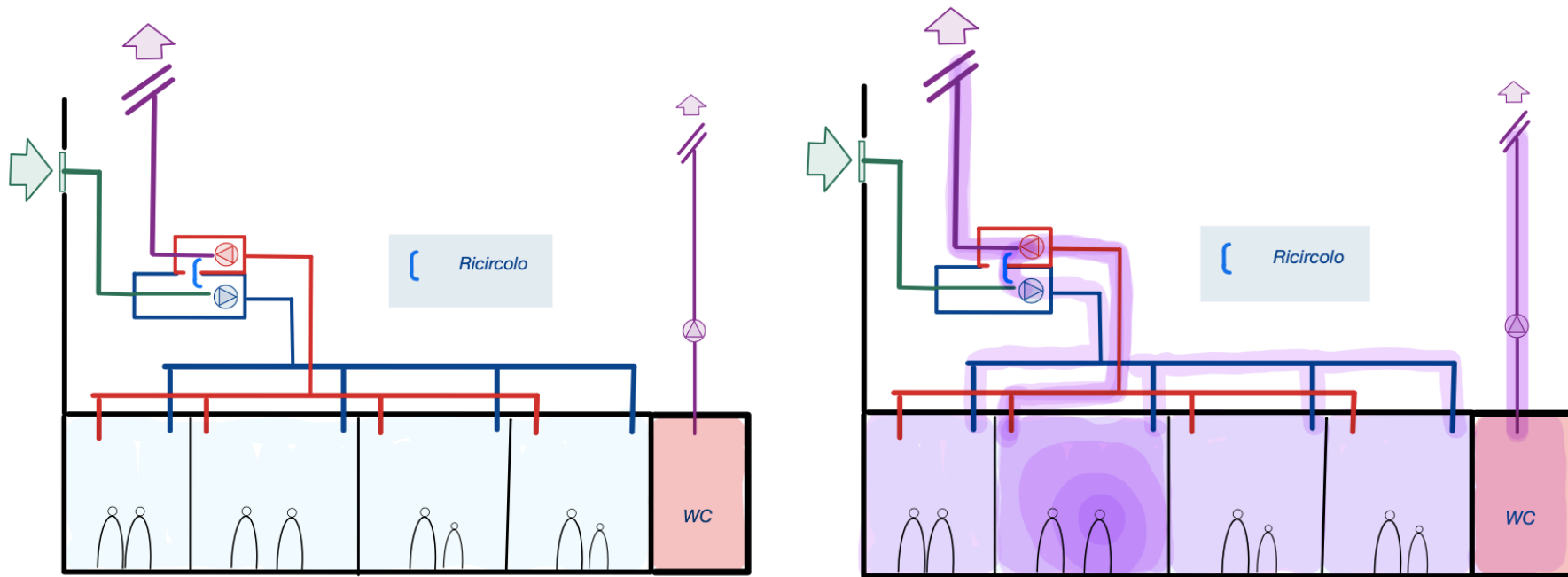
L'aria di trasferimento è causa di contaminazione tra zone differenti.

*Cross Contamination dovuta a aria di trasferimento*



### Esempio 3: Uffici, impianto multizona con ricircolo

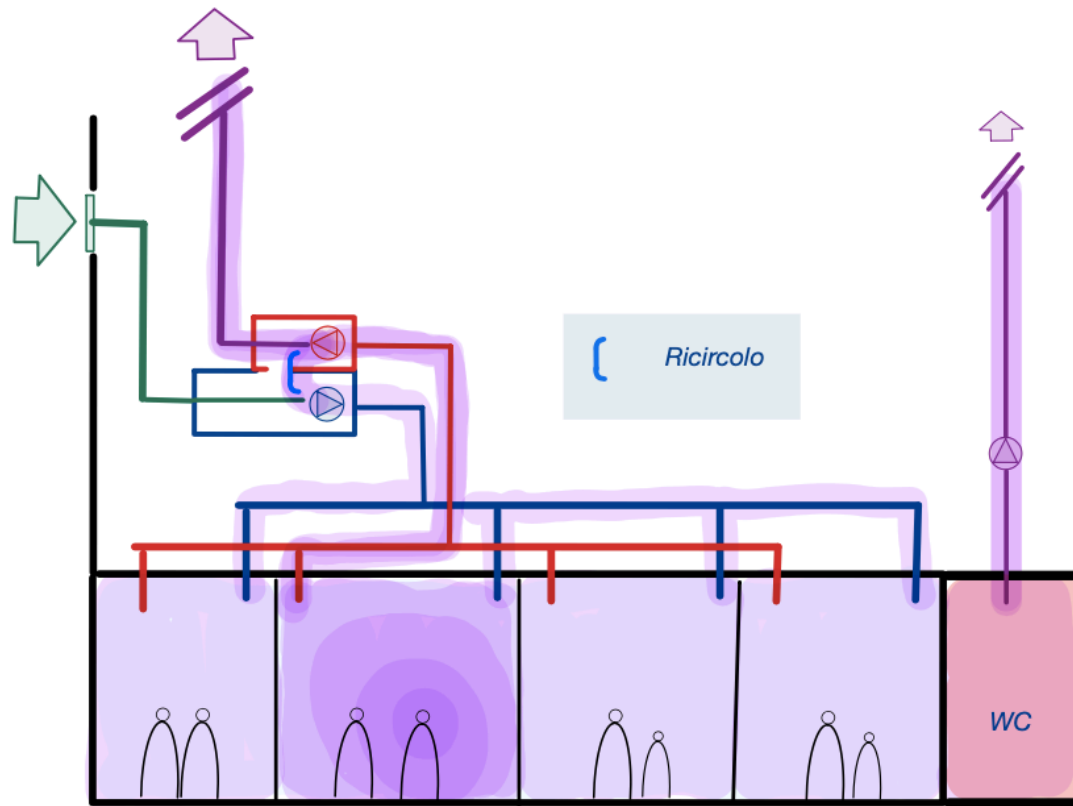
La presenza di ricircolo è fonte di possibile contaminazione incrociata



*Impianto multizona con ricircolo: dinamica di contaminazione incrociata*

Esempio 3:

La presenza di ricircolo è fonte di possibile contaminazione incrociata

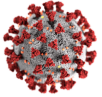


*Impianto multizona con ricircolo: dinamica di contaminazione incrociata*

# Gerarchia delle strategie di controllo



**A queste strategie va associata la somministrazione di un vaccino quando disponibile**



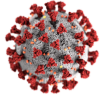
## L'approccio prescrittivo e le tabelle da norma.

La progettazione impiantistica viene al giorno d'oggi realizzata per gran parte in termini di applicazione di norme di natura prescrittiva. Tali norme riportano tutte le situazioni a casi di riferimento per i quali le grandezze impiantistiche vengono fornite da tabelle. (esempio: UNI 10339-1995)

La pandemia ha sottoposto all'attenzione dei progettisti una serie di situazioni per le quali le condizioni più critiche di funzionamento non sono più assimilabili alle casistiche esistenti:

NB: sarebbe molto comodo poter disporre di una tabella aggiornata riportante la portata per persona in presenza di infetti oppure la portata in termini di ricambi/ora di aria esterna o trattata con filtri HEPA, ma ciò non è possibile nell'immediato.



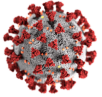


## COVID-19: cosa cambia?

L'approccio generale della qualità dell'aria prevede la definizione per ciascun contaminante di soglie (intese come limiti di concentrazione) correlate ai tempi di esposizione. Tali soglie vengono definite dalle autorità sanitarie nazionali o internazionali. Nel caso del COVID-19 tali soglie ancora non esistono in quanto:

- Esiste un rischio che si può considerare accettabile?
- Non si possono condurre test in quanto dovrebbero essere condotti su umani;
- La specie è nuova e non vi sono dati storici.

In assenza di una soglia di riferimento e in assenza di una certezza della presenza, numero e posizione di eventuali soggetti infettivi i modelli che predittivi della probabilità di contagio sviluppati in passato per altre tipologie di malattie infettive sono applicabili ma ancora non possono dare risposte esaustive in quanto mancano uno o più di uno dei dati di ingresso fondamentali.



## Come si controlla la concentrazione di un contaminante qualsiasi?

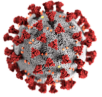
Questo tipo di approccio risulta dalla applicazione di semplici modelli matematici che richiedono, per ogni analisi di qualità dell'aria:

- a) la definizione di un contaminante ritenuto critico (es: CO<sub>2</sub> per ambienti a occupazione umana)
- b) la possibilità di quantificare la portata di contaminante immessa in ambiente dalle sorgenti interne (es. tasso di emissione di CO<sub>2</sub> per persona a seconda della attività svolta)
- c) la quantità di quello specifico contaminante in ingresso con l'aria immessa, sia questa esterna o filtrata: con le corrette unità di misura questo dato è fornito dal prodotto:

$$(\text{portata d'aria}) \times (\text{concentrazione nell'aria immessa})$$

- d) una concentrazione di riferimento da perseguire all'interno dell'ambiente controllato.

L'applicazione di bilanci di massa utilizzando queste informazioni in una serie di casistiche di riferimento ha consentito di pervenire ad un approccio prescrittivo semplice da applicare e semplice da verificare (ovvero: tabelle!)



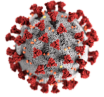
## COVID-19 perché è diverso?

Per quanto riguarda la contestualizzazione di queste metodologie al rischio di contagio per malattie aerotrasmesse la ricerca scientifica ha messo a disposizione nel tempo una serie di strumenti che sono stati richiamati e rideclinati sulle specificità del Covid-19 in pubblicazioni recenti e implementati anche in tool di calcolo che possono essere liberamente utilizzati, quale quello sviluppato da REHVA.

Tali strumenti uniti alla conoscenza degli aspetti impiantistici consentono di elaborare le informazioni legate ai punti a), e c) e di creare una correlazione tra queste informazioni e un parametro definito come percentuale di rischio di contagio da parte di un soggetto sano, tuttavia:

il punto b) non è risolto: non è nota a priori la presenza e il numero di infettivi, inoltre sarebbe anche fondamentale conoscere la posizione della sorgente;

nemmeno il punto d) è risolto: non è stato ad oggi deciso il valore di concentrazione correlato a una soglia di rischio ritenuta accettabile.

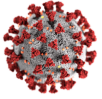


## COVID-19 come ci si regola?

Per quanto riguarda il punto b) - presenza e numero di infettivi, funziona il «come se» ovvero si ipotizza che ci sia un numero noto di infettivi ed è possibile analizzare alcuni scenari partendo da quel dato.

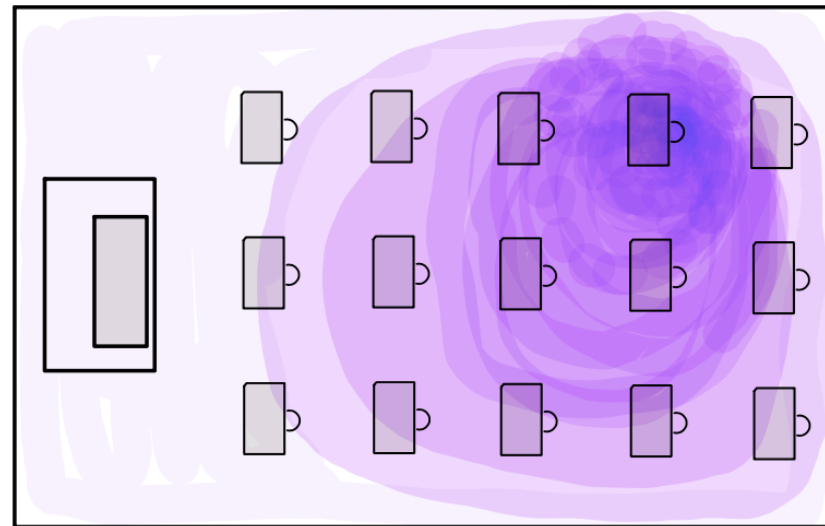
Per quanto riguarda il punto d) – soglia di rischio da perseguire, in assenza di un riferimento chiaro e autorevole\* la progettazione impiantistica non potrà fornire che proposte migliorative e una serie di ottimizzazioni atte a minimizzare il parametro di rischio riducendo ogni possibile inefficienza, prevenendo contaminazioni incrociate tra zone o ambienti diversi e massimizzando l'azione di asportazione dell'aerosol potenzialmente infetto dal volume occupato.

*\*La scelta di questa soglia non è una scelta impiantistica e sarà una scelta unicamente dettata da criteri di tipo medico o energetico, ci si aspetta una soluzione mediata tra esigenze diverse e con pesi differenti dei vari aspetti.*

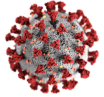


In attesa che arrivino regole precise e facilmente applicabili è meglio non fare nulla?

*Dinamica di contaminazione in assenza di ventilazione*



**Non è meglio.**



## COVID-19 un'ipotesi per la progettazione\*.

Ciò che risulta sin da subito perseguibile per tutti gli impianti esistenti e nuovi è l'impiego dei modelli di valutazione del rischio per stabilire la correlazione tra il numero di infettivi e livello del rischio.

Sarà quindi possibile definire in seguito anche **ad impianto realizzato**, delle regole di limitazione all'accesso e/o al numero massimo di persone ammesse legate a valutazioni di ordine statistico (es. percentuale di infetti asintomatici nella popolazione di una certa area) e a valori di riferimento di rischio accettabile una volta che l'autorità si sarà espressa.

Un approccio di questo tipo può consentire ai progettisti di continuare la propria attività rimandando la caratterizzazione prestazionale riguardo al tema Covid dei sistemi a quando verranno emanati i riferimenti.

*(NB. le considerazioni riportate sono considerazioni personali del Relatore)*

## COVID-19 cosa cambia da subito?

quel che si può fare è definire una serie di possibili interventi “migliorativi” della prestazione del sistema in termini di:

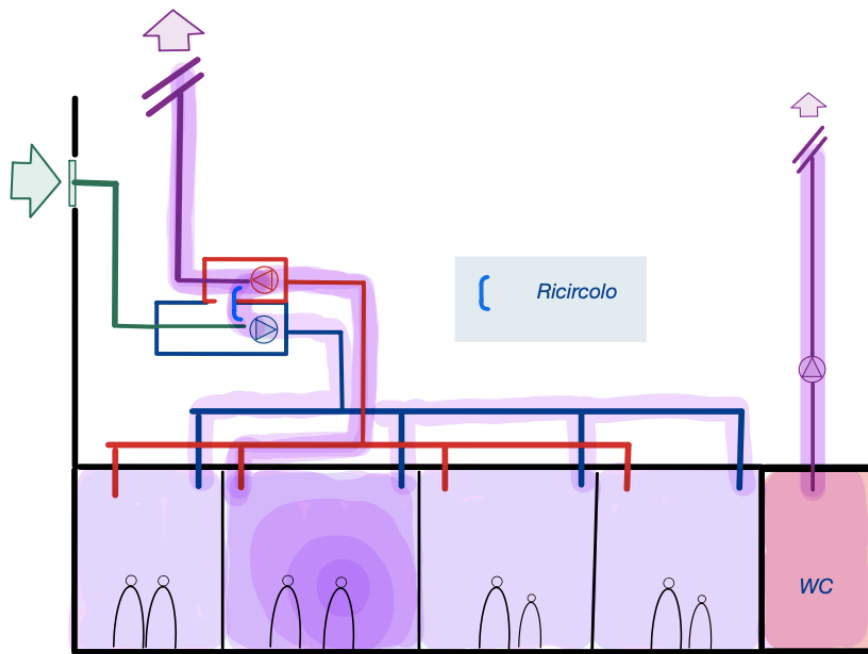
1. aumento dell’effetto di diluizione;
2. minimizzazione dei tempi di esposizione in caso di presenza di infetti;
3. minimizzazione del rischio di contaminazione incrociata tra ambienti differenti.

Questi requisiti migliorativi hanno in generale portato all’adozione per gli impianti esistenti, dei seguenti interventi:

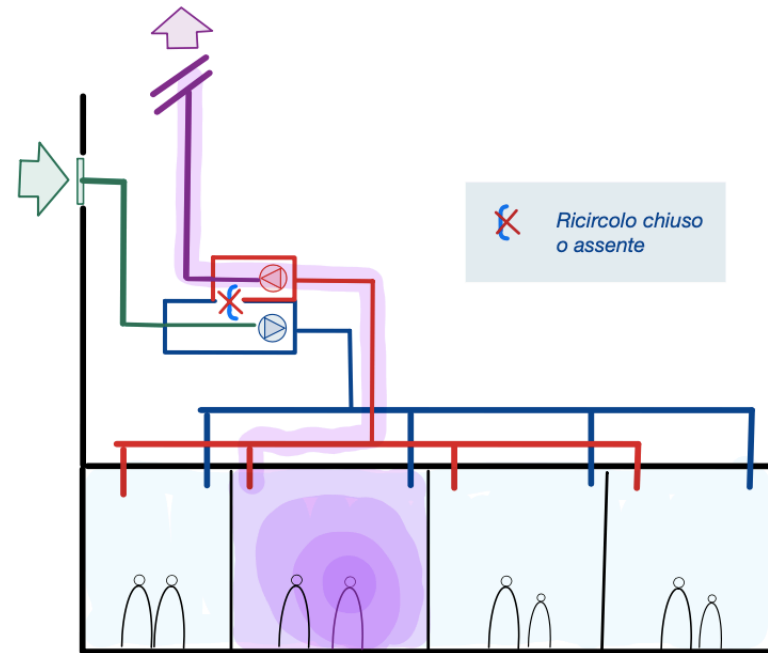
1. -Massimizzazione della quantità di aria esterna introdotta negli ambienti;
2. -Esclusione di ogni forma di ricircolo tra ambienti differenti, incluso il possibile ricircolo legato ad alcune tipologie di recuperatori, per i quali i flussi d’aria espulsa e di rinnovo non risultano intrinsecamente separati.

### Esempio 3: Uffici, Impianto multizona: Eliminazione del ricircolo

In assenza di ricircolo e con un buon bilanciamento è possibile contenere il contagio e al contempo ridurre il rischio localmente: a pari portata il costo è legato al costo di trattamento dell'aria esterna.



*Impianto multizona con ricircolo: dinamica di contaminazione incrociata*



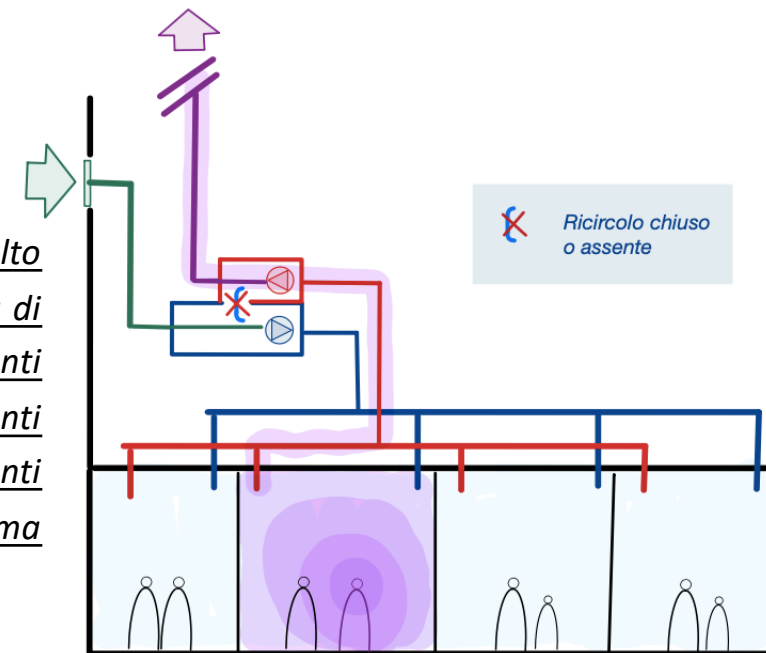
*Impianto multizona senza ricircolo a tutta aria esterna: presenza di soggetto infettante*



### Esempio 3:

In assenza di ricircolo e con un buon bilanciamento è possibile contenere il contagio e al contempo ridurre il rischio localmente: a pari portata il costo è legato al costo di trattamento dell'aria esterna.

Dal punto di vista energetico tali interventi risultano molto impattanti e non si ritengono a lungo sostenibili: in un'ottica di progettazione (e non di adeguamento in emergenza di impianti esistenti), si renderà necessaria l'adozione di misure equivalenti che potrebbero essere differenti caso per caso (impianti differenti) o situazione per situazione (stesso impianto ma diverse stagioni).



Impianto multizona senza ricircolo a tutta aria esterna: presenza di soggetto infettante

## Equivalenza prestazionale.

Si persegue quindi, secondo un principio di equivalenza prestazionale, l'adozione di strategie che hanno il medesimo effetto ma che sono energeticamente meno impattanti:

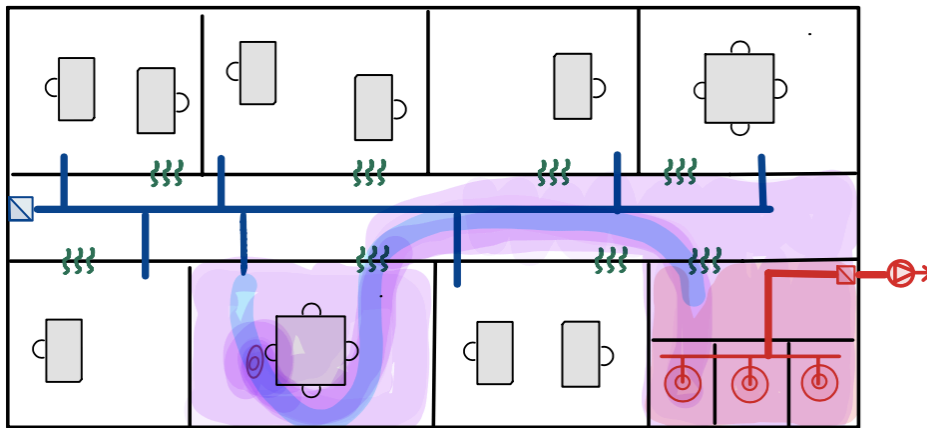
1. Miglioramento delle strategie di diffusione e di ripresa dell'aria con rinnovata attenzione ai fenomeni di trasferimento dell'aria:
  1. Tra zone differenti del medesimo ambiente – es. posizionamento dei punti di ripresa.
  2. Tra ambienti differenti, dovuti a strategie pre-covid – (es riprese dai servizi) o a MANCATO BILANCIAMENTO.
2. Introduzione in mandata di sistemi di abbattimento consolidati e accettati dalla normativa (es. filtrazione HEPA) in attesa che altri sistemi vengano riconosciuti come certificabili quantitativamente (radiazione UV-C, ossidazione fotocatalitica, ionizzazione negativa dell'aria).

Per quanto riguarda le modalità di immissione dell'aria si può far ricorso al concetto di efficienza di ventilazione e alle tecniche consolidate e riferite alle modalità a miscelazione e al dislocamento.

3. In generale si ritorna ad una attenzione alla prestazione del sistema intesa come effetto finale della combinazione di tutti i fattori (edificio, impianto, attività, procedure comportamentali etc.)

## I rischi legati all'aria di trasferimento

*Cross Contamination dovuta a aria di trasferimento*



Il trasferimento viene utilizzato in molte applicazioni al fine di ottimizzare l'utilizzo di aria esterna.

Esso viene consentito al fine di ventilare i locali a qualità dell'aria inferiore tramite aria richiamata da ambienti nei quali l'aria è mediamente ugualmente pulita oppure più pulita.

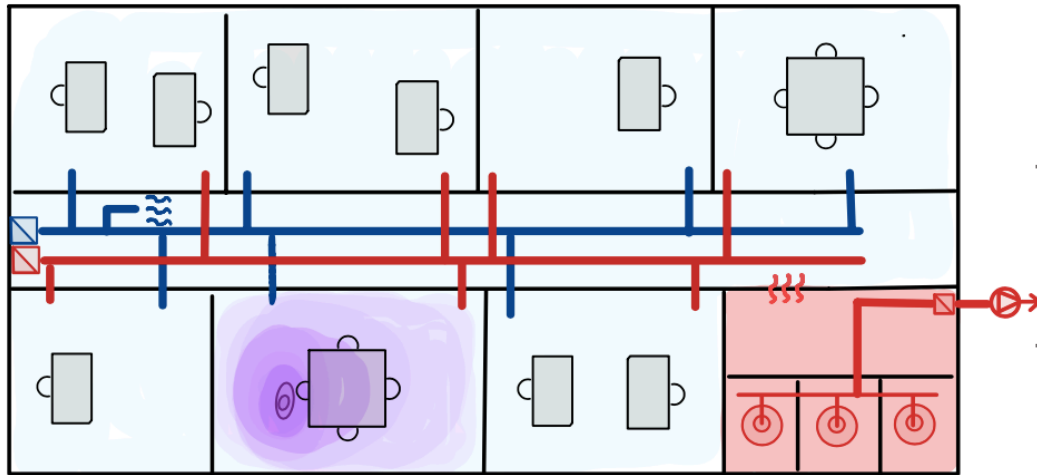
Il trasferimento avviene grazie alle differenti pressioni a cui i diversi locali si possono trovare.

Il posizionamento di un estrattore in un locale cieco attiva il trasferimento dagli ambienti prospicienti.

La presenza di un infetto si traduce in un intrinseco aumento del rischio in tutti i locali posti a valle rispetto al flusso del trasferimento.

## I rischi legati all'aria di trasferimento

Separazione dinamica tra gli ambienti tramite bilanciamento mandata-ripresa

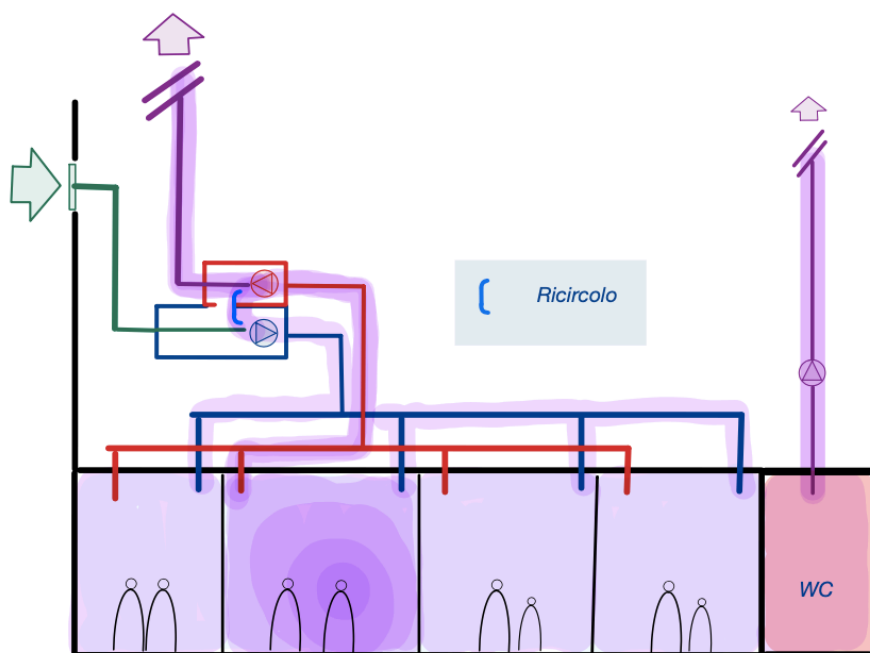


Un ambiente realizzato seguendo le sensibilità rafforzate dall'evento pandemico potrebbe essere realizzato come in figura:

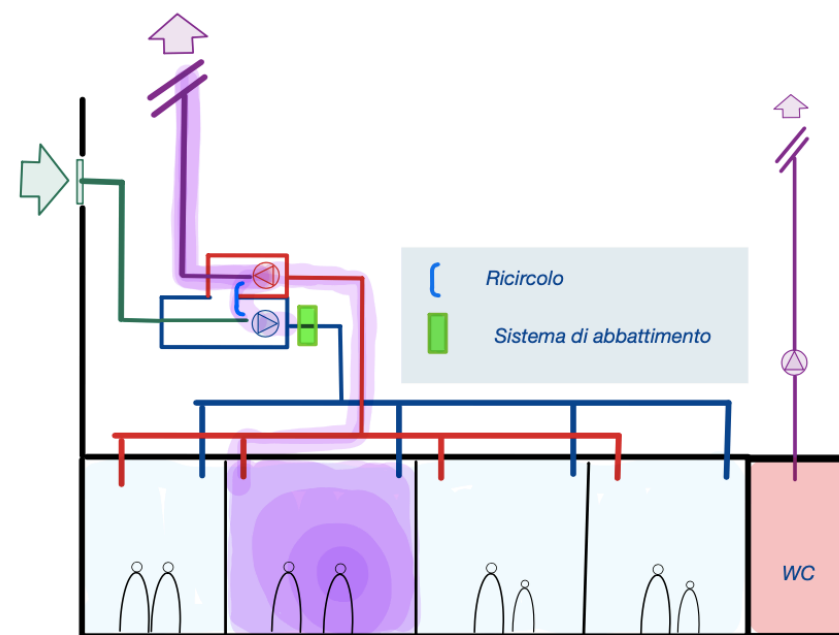
- Ogni singolo locale viene servito di bocchette di mandata e di ripresa, facendo attenzione a mantenere pari portata in modo da non creare differenze di pressione tra locali differenti.
- Il corridoio perde il ruolo di elemento di transito, le griglie di transito nelle porte vengono eliminate;
- L'aria di compensazione della portata estratta dai servizi viene immessa direttamente nel corridoio, in modo da mantenere lo stesso a pressione neutra e, contemporaneamente, i servizi in depressione.

## Sistemi di abbattimento

Esempio - Uffici, Impianto multizona: L'adozione di un efficiente sistema di abbattimento può prevenire la diffusione mantenendo il ricircolo. Il costo è nella aumentata potenza di ventilazione per via dalle perdite di carico aggiuntive.



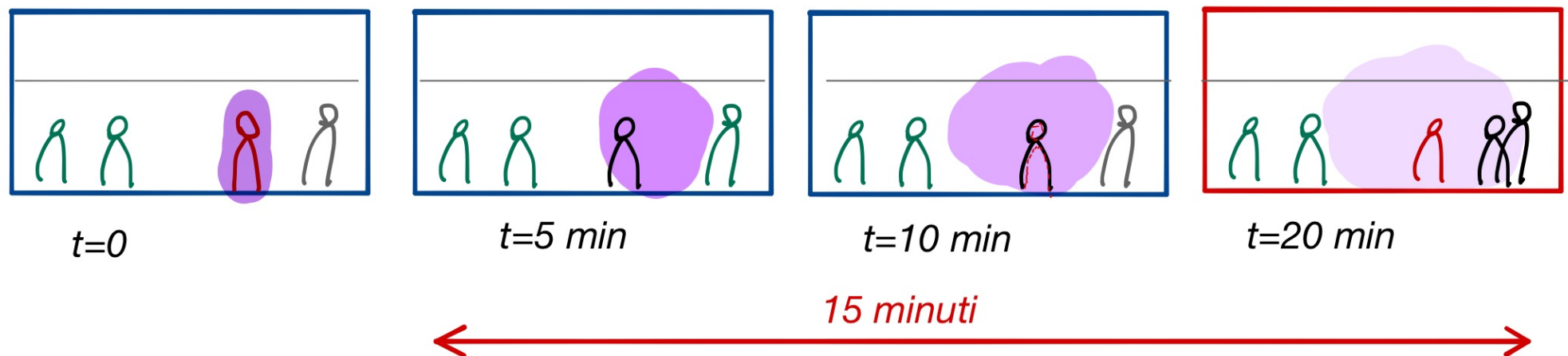
*Impianto multizona con ricircolo: dinamica di contaminazione incrociata*

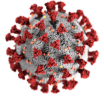


*Impianto multizona con ricircolo e abbattimento in mandata*

## Strategie di diffusione dell'aria – caso di riferimento IMPIANTO SPENTO

*Impianto spento*





## Strategie di diffusione dell'aria - MISCELAZIONE

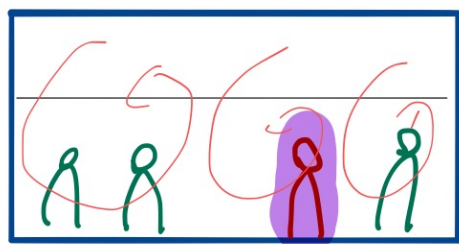
Per questo tipo di impianti i diffusori vengono generalmente disposti in alto e posizionati in modo da:

- areare uniformemente tutta la superficie in pianta servita coinvolgendo anche la massa d'aria che sta al di sopra della zona occupata (stabilita fino a 1,8 m dal pavimento);
- garantire che il lancio verticale sia sufficiente a far raggiungere dall'aria immessa il volume occupato in modo omogeneo, sia quando immessa fredda, sia quando immessa calda.

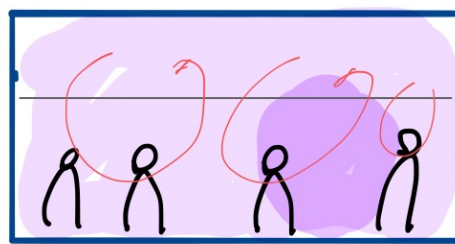
## Strategie di diffusione dell'aria - MISCELAZIONE

Miscelazione

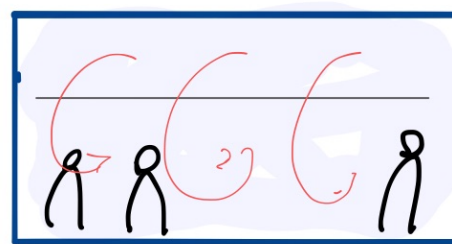
Impianto acceso



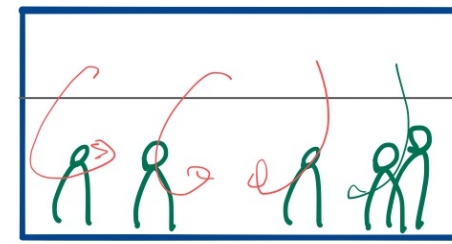
$t=0$



$t=5 \text{ min}$



$t=10 \text{ min}$



$t=20 \text{ min}$



## Strategie di diffusione dell'aria - DISLOCAMENTO

immissione dal basso e a bassa velocità di aria fredda (e quindi più pesante).

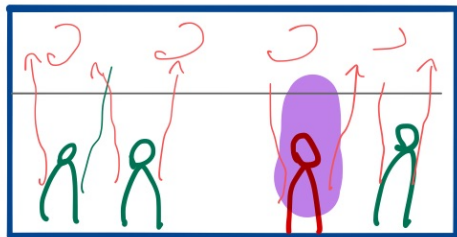
L'aria immessa alimenta dal basso i fenomeni di convezione naturale che si innescano in corrispondenza delle sorgenti termiche (che nel caso di persone sono anche quelle potenzialmente contaminanti).

La contaminazione può essere veicolata rapidamente verso l'alto rendendo privilegiata l'intera parte occupata dei locali.

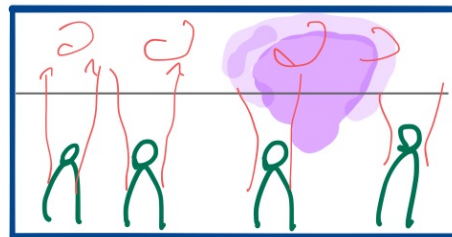
*in tal caso occorre evitare ogni causa di ricircolazione verso la zona bassa di aria contaminata (a meno che non si preveda una efficace forma di abbattimento della carica infettiva sull'aria ricircolata).*

## Strategie di diffusione dell'aria DISLOCAMENTO

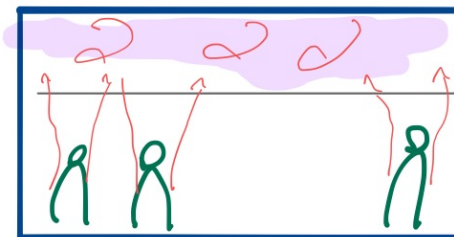
*Dislocamento Impianto acceso*



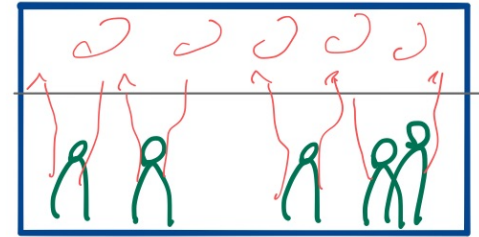
*t=0*



*t=5 min*



*t=10 min*



*t=20 min*

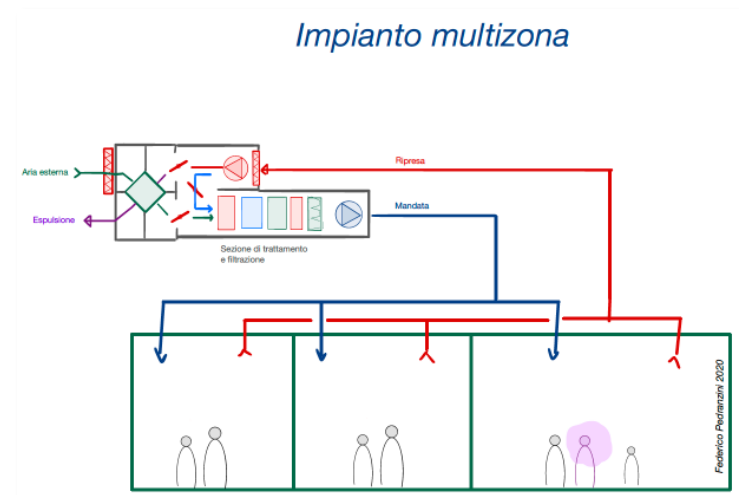
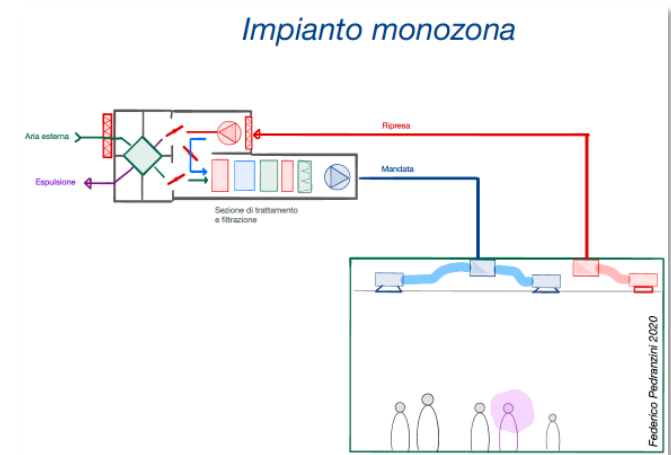
## Recuperatori

Il trafilamento causato dal recuperatore è di fatto assimilabile al ricircolo e va considerato nello stesso modo.

Come il ricircolo risulta critico soltanto nei sistemi multizona a causa della possibile contaminazione incrociata tra ambienti differenti veicolata dalla movimentazione dell'aria da parte dell'impianto.

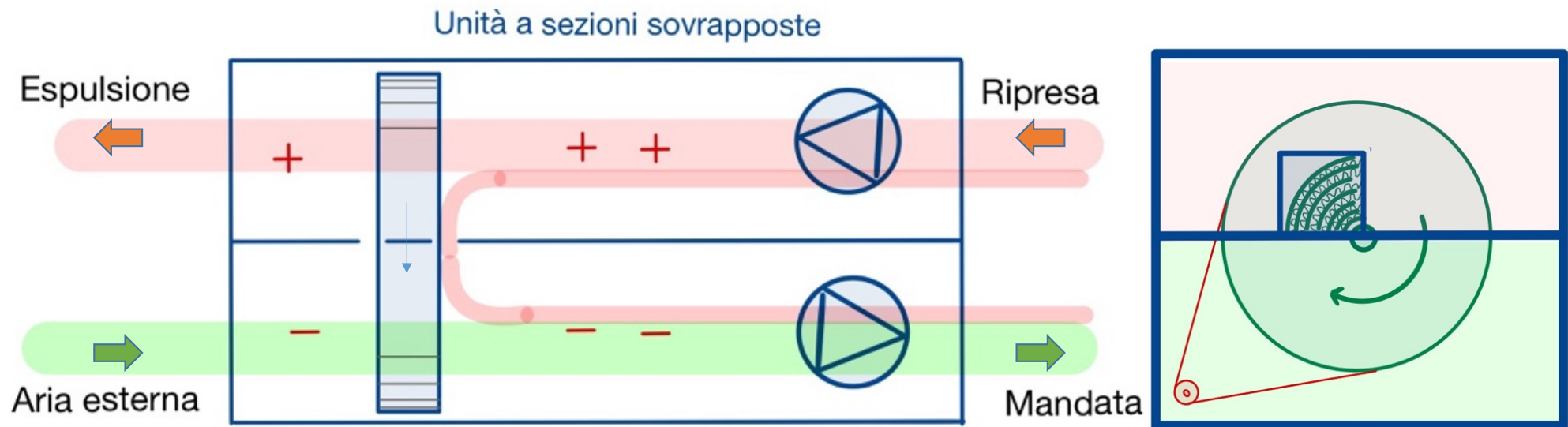
In particolare, i Recuperatori Rotativi possono essere soggetti a trafilamento: in certi casi la soluzione più semplice (ed energeticamente penalizzante) consiste nel fermare la rotazione e stabilire una tenuta meccanica tra i due flussi.

Una soluzione più complessa (ma perseguibile in fase di progetto) che consente il funzionamento del recuperatore deriva da un corretto posizionamento dei ventilatori.



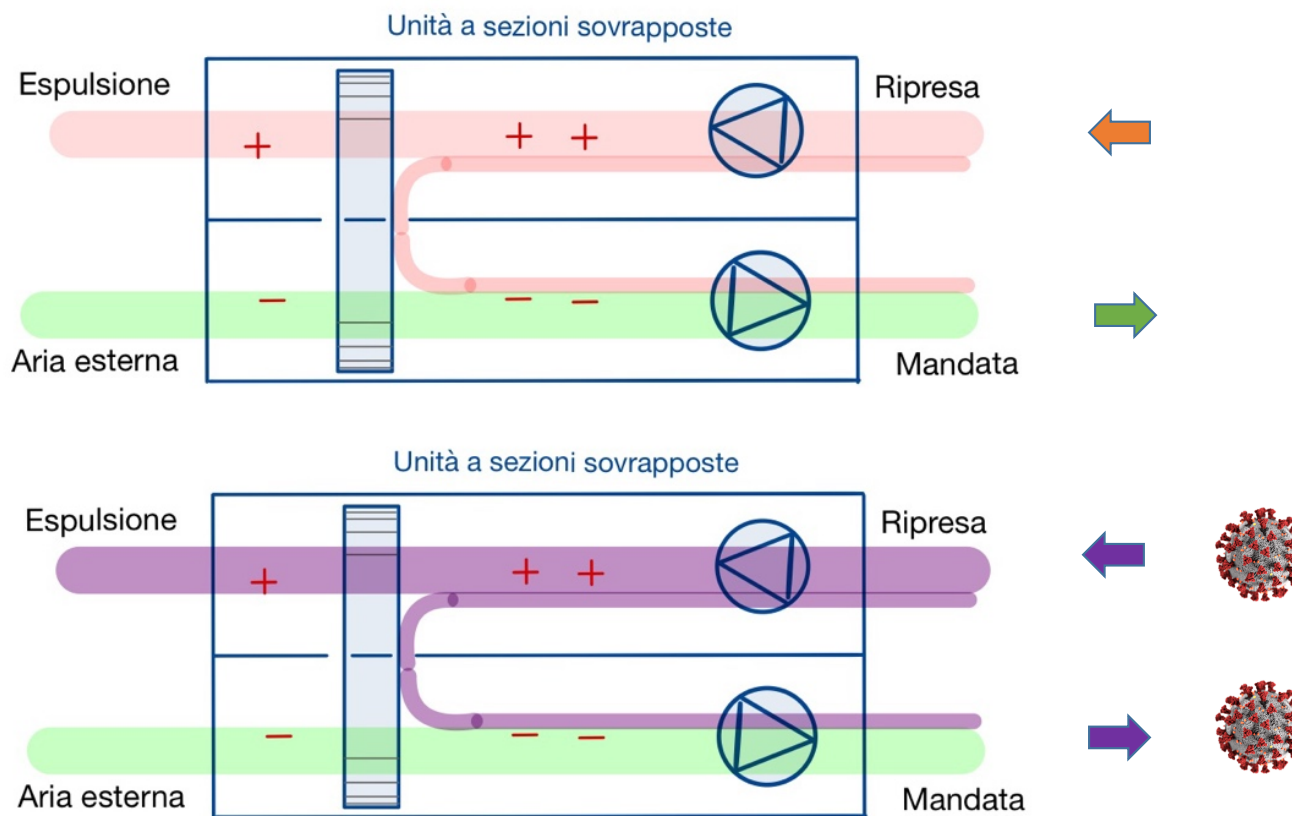
Federico Pedranzini – Politecnico di Milano - Aicarr

## Recuperatori Rotativi: principio di funzionamento

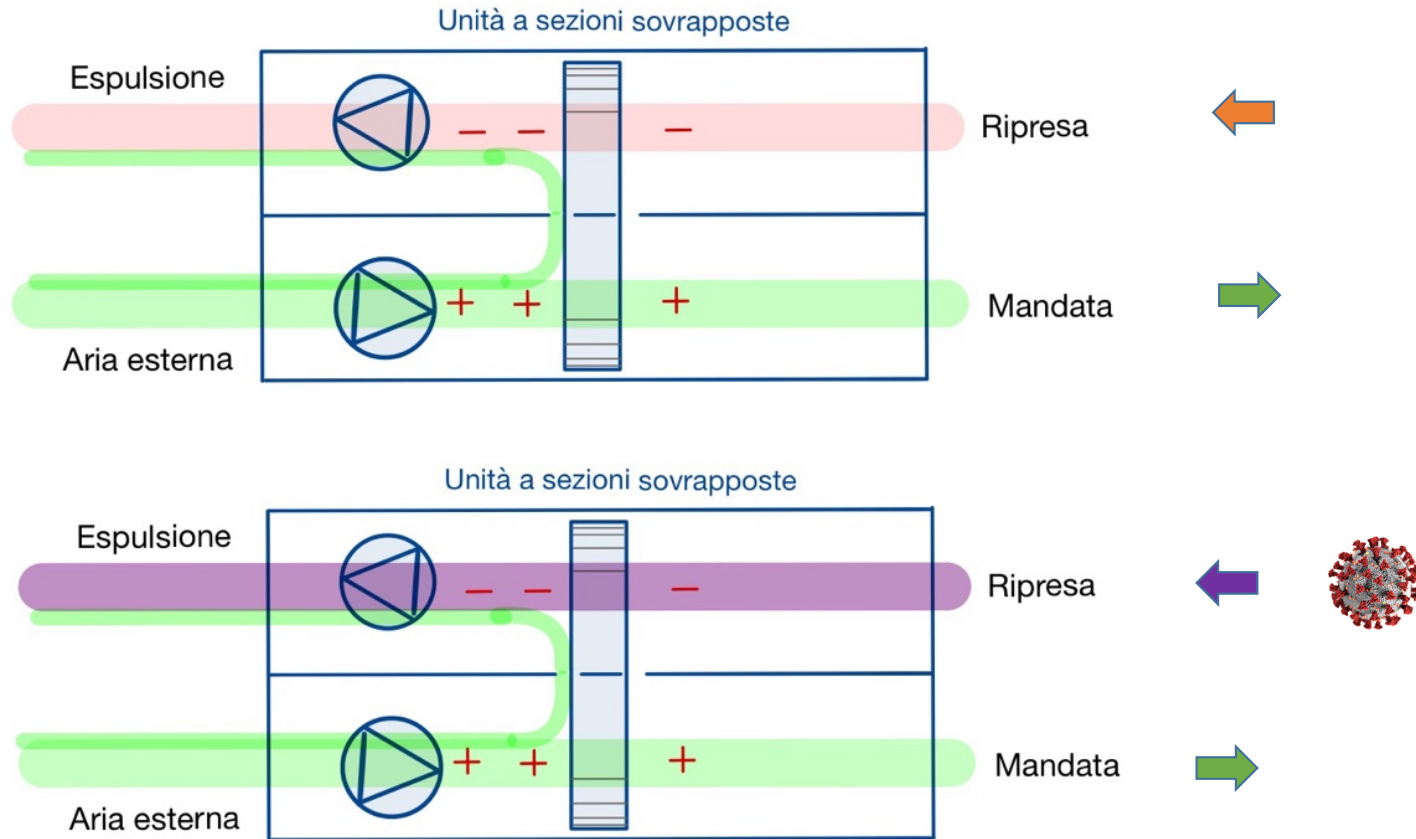


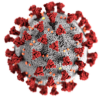
*Il trafilamento attraverso la mancanza di tenuta dei recuperatori rotativi può avvenire solo se i ventilatori sono posizionati tra il recuperatore e l'ambiente. Tale soluzione è una soluzione piuttosto frequente.*

## Recuperatori Rotativi: criticità legata al Covid



## Recuperatori Rotativi: soluzione di tipo funzionale





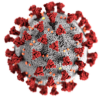
## ULTERIORI ELEMENTI DI ATTENZIONE

Ci sono alcuni aspetti degli impianti che vengono spesso trascurati ma che possono essere all'origine di problematiche legate a costi energetici, mancate prestazioni, fino anche a rendere l'impianto stesso un elemento di accrescimento del rischio. Tali aspetti **NON POSSONO ESSERE CONSIDERATI DI DETTAGLIO**:

**Manutenzione.** Il tema della manutenzione è sostanziale e ampiamente trascurato. Si rimanda a documenti specifici.

**Tenuta delle reti.** La mancanza di tenuta implica la perdita di aria trattata, la possibilità di mettere in pressione i controsoffitti, difficoltà nelle attività di bilanciamento nonché l'immissione in ambiente di contaminanti presenti negli spazi di transito di canali a pressione negativa.

**Bilanciamento.** Nessun impianto nasce bilanciato. Le attività di bilanciamento sono necessarie in tutti gli impianti, e in particolare in quelli concepiti a portata costante ove non vi è una apposita regolazione della portata ambiente per ambiente. Il mancato coordinamento di mandate e riprese può essere causa di trasferimenti d'aria non voluti.

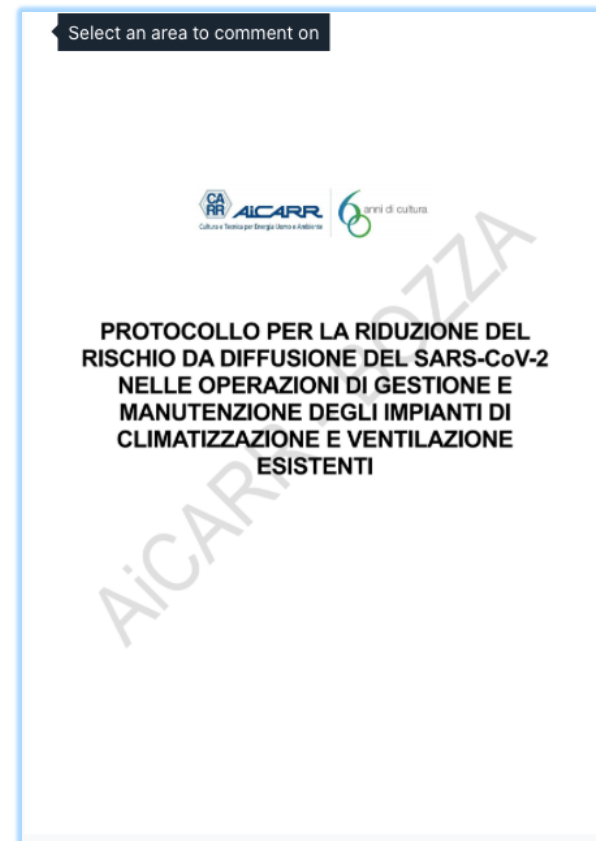
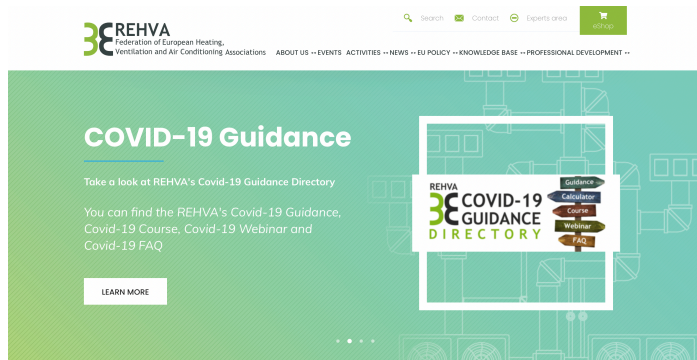


## PROGETTAZIONE. come cambia? cambia?

In generale ci si muoverà nella direzione di introdurre dei criteri aggiuntivi che consentano di :

- privilegiare le soluzioni modulabili, ovvero soluzioni che consentono l'innalzamento degli standard prestazionali in situazioni di emergenza (come ad esempio in caso di pandemia) ma che consentono in tempi normali un funzionamento a regime controllato ed equivalente a quello pre-Covid.
- privilegiare soluzioni che in assenza di covid consentono un efficientamento del sistema (ad esempio l'estensione a tutti gli impianti che non sono predisposti di una modalità di funzionamento free-cooling a tutta aria esterna da utilizzarsi proficuamente nelle mezze stagioni.
- Privilegiare soluzioni caratterizzate da una maggiore flessibilità di utilizzo e di implementazione di modalità di funzionamento differenti a seconda del contesto e degli aspetti climatici







## Bibliografia

WHO-2019- nCoV-Contact Tracing - 2021.1

OSHA – 2020 Guidance on Preparing Workplaces for COVID-19

REHVA COVID-19 guidance document – November 2020

L. Morawska, D. K. Milton - It Is Time to Address Airborne Transmission of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19)

Jianjian Wei, Yuguo Li, Enhanced spread of expiratory droplets by turbulence in a cough jet, Building and Environment, Volume 93, Part 2, 2015,

AICARR - Protocollo per la riduzione del rischio da diffusione del SARS-CoV2-19 mediante gli impianti di climatizzazione e ventilazione esistenti 2020

Wells WF. - Airborne contagion and air hygiene: an ecological study of droplet infections. Cambridge (MA): Harvard University Press; 1955.

Riley RL. - Airborne infection. Am J Med 1974;57:466-75.

Gammaitoni, L., Nucci, M.C., 1997. - Using a mathematical model to evaluate the efficacy of TB control measures. Emerg. Infect. Dis. 335–342.

M.Vio - Gli impianti di climatizzazione e il rischio di contagio Aicarr Journal 61 – 2020

G. Buonanno, L. Stabile, L. Morawska,- Estimation of airborne viral emission: Quanta emission rate of SARS-CoV-2 for infection risk assessment, Environment International, Volume 141, 2020

A.Cavallini, F. Busato, F. Pregliasco Remarks on the air recirculation in HVAC systems during the SARS-CoV-2 outbreak: the case of all-air ducted plants AiCARR Journal / Vol 63, n. 4, 50 - 55, 2020

REHVA Calculator - <https://www.rehva.eu/covid19-ventilation-calculator>

*Il presente documento è il risultato di una libera e personale interpretazione dell'autore. Le fonti esterne (di immagini, materiali, schemi, idee, ecc.) sono state opportunamente citate, dove note. Immagini e disegni sono originali nella maggior parte dei casi e si ricollegano a concetti e definizioni di senso comune. Nel caso che qualche diritto di autore sia stato involontariamente leso, si prega di contattare l'autore della presentazione, al fine di risolvere ogni possibile conflitto.*