

Cristiano Vergani
Responsabile R & D
Deparia Engineering S.r.l.
E-mail: cristiano.vergani@deparia.com

SARS e trattamento dell'aria: le soluzioni da adottare nei luoghi di degenza

Il confinamento dei pazienti infettati da malattie virali respiratorie contagiose richiede l'osservanza scrupolosa di una serie di norme precauzionali: un impianto di trattamento dell'aria inadeguato può tuttavia vanificare ogni prudenza ed esporre il personale e gli altri pazienti a gravi rischi di contaminazione.

Le cronache di questi giorni riportano cifre da bollettino di guerra: mentre in molti Paesi (tra cui L'Italia) si cerca di mettere in atto ogni possibile misura di difesa e di prevenzione, la polmonite atipica imperversa fuori controllo nella Cina meridionale, con centinaia di nuovi pazienti ricoverati ogni settimana. Le normali strutture sanitarie della zona sono ormai prossime al collasso, e le autorità cinesi hanno disposto l'utilizzo degli ospedali e dei medici militari. Per fare fronte all'emergenza, è stata avviata in tutta fretta la costruzione di nuove strutture prefabbricate per il ricovero dei malati. Queste strutture, come tutti i reparti destinati ad accogliere pazienti altamente infettivi, devono rispondere ad alcuni specifici accorgimenti impiantistici per il trattamento dell'aria, le cui particolarità andremo qui di seguito ad esaminare.

Gli impianti di ventilazione rivestono un ruolo fondamentale per evitare la propagazione degli agenti infettivi nei luoghi di degenza: l'agente apparentemente responsabile della polmonite atipica è un Coronavirus, molto simile a quello responsabile del banale raffreddore, e le modalità di trasmissione della malattia sono molto simili. Il contagio può

facilmente avvenire per via aerogena, attraverso l'aerosol respiratorio emesso dal paziente, specialmente durante colpi di tosse o starnuti. Per questo motivo, in questa sede ci occuperemo delle misure di prevenzione del contagio aerogeno, che coinvolgono direttamente gli impianti di condizionamento dell'aria.

Raccomandazioni contenute nelle linee guida dell'OMS

L'Organizzazione Mondiale della Sanità raccomanda, in sintesi, di seguire le seguenti regole fondamentali per il ricovero di pazienti potenzialmente ammalati di SARS (Severe Acute Respiratory Syndrome):

- i sospetti casi di SARS devono essere isolati e ricoverati come di seguito, in ordine di preferenza:
 1. camere in pressione negativa con porta chiusa;
 2. camere singole con bagno;
 3. aree separate con impianto di trattamento aria e bagni indipendenti.
- Nelle camere dove non è disponibile un impianto di ventilazione indipendente, occorre disattivare l'impianto di condizionamento centralizzato (se presente) ed aprire le finestre (evitare le camere con finestre che si affacciano su luoghi di passaggio);
- è raccomandato l'utilizzo di ogni tipo di barriera utile a prevenire la diffusione di aerosol o goccioline emessi dal paziente, sia per via aerogena, sia per contatto.

Particolare attenzione deve essere rivolta ad evitare le basse temperature: il virus responsabile della SARS si è dimostrato sensibile al calore (è inattivato rapidamente oltre i 56°C) ma molto resistente a temperature relativamente basse (oltre tre settimane a 4°C, per un tempo indefinito a 0°C). Per questo si deve evitare il raffrescamento artificiale dell'aria nei locali a rischio, mentre è raccomandata una adeguata ventilazione meccanica

in grado di asportare velocemente dagli ambienti ogni traccia di aerosol infetto.

Aspirazione localizzata dell'aria

Per evitare la possibile dispersione di aerosol infetto da parte del paziente, si dovrà preferibilmente ricorrere a sistemi di contenimento formati da tende o cappe, dotate di sistemi di aspirazione. Nel caso della SARS, sono state spesso adottate delle speciali tute di confinamento totale, utili anche alla somministrazione di ossigeno, una misura terapeutica essenziale in pazienti con una ossigenazione compromessa da estesi danni polmonari.

Nella metodologia più comune di confinamento, il letto del paziente può essere interamente circondato da cortine in materiale plastico, raccordate, per mezzo di una apertura alla sommità, con un impianto di estrazione dell'aria centralizzato: oppure, nelle immediate prossimità del paziente, si può installare una cappa aspirante in grado di rimuovere efficacemente l'aerosol. Quest'ultima soluzione è adottata di rado, perchè richiede elevate velocità dell'aria (circa 3 m/s a bordo cappa) per ottenere una buona resa di captazione, con evidenti problemi di comfort acustico e termico.

Esistono in commercio delle unità autonome per l'aspirazione dell'aria dai mezzi di contenimento, dotate di filtri ad altissima efficienza, che permettono il ricircolo direttamente in ambiente.

L'impianto di ventilazione

I dispositivi di aspirazione localizzata non sono sufficienti ad assicurare un adeguato livello di decontaminazione dell'ambiente: ad essi deve essere abbinato un impianto di ventilazione che assicuri un adeguato ricambio dell'aria.

Nelle aree a rischio più elevato (degenza, trattamento terapeutico) è preferibile ventilare utilizzando un impianto dedicato, per evitare ogni possibile rischio di trasferimento di patogeni verso le aree indenni. L'aria è presa direttamente all'esterno, trattata

termicamente e immessa in ambiente. L'aria ambientale contaminata viene poi ripresa, filtrata ad alta efficienza ed espulsa direttamente all'esterno. Nelle zone a rischio meno elevato, in genere le aree di servizio che circondano le zone a rischio, è possibile utilizzare il normale impianto di ventilazione centralizzato, osservando però una regola fondamentale: mantenere sempre un gradiente di pressione negativa tra le due zone, in modo da contrastare qualunque trafileggiamento accidentale di aria potenzialmente infetta. Esiste una sola eccezione, che riguarda gli ambienti in cui i pazienti possono essere esposti essi stessi a rischi di infezione durante manovre di tipo chirurgico: questi ambienti devono essere posti a pressione positiva rispetto a quelli circostanti.

Per assicurare un adeguato livello di decontaminazione, i volumi di ricambio devono essere elevati (almeno 12 ricambi/ora). A volte, specialmente quando si devono affrontare delle ristrutturazioni o degli adattamenti a nuovo uso di locali esistenti, può essere difficoltoso ottenere dagli impianti dei volumi di ricambio consistenti: in tal caso è possibile ricorrere anche al ricircolo parziale con filtrazione ad alta efficienza, fino al 50% dei volumi complessivi necessari. La quota di ricircolo può essere ottenuta anche grazie ad apparecchi portatili autonomi, dotati di proprio ventilatore e di filtri ad alta efficienza. Alcuni modelli sono dotati anche di lampade sterilizzatrici a raggi ultravioletti. Poiché la collocazione di questi apparecchi in ambiente è molto critica, occorre posizionarli accuratamente: una volta controllata l'omogeneità della circolazione d'aria, essi non dovranno più essere spostati. Per questo motivo, è preferibile optare per i modelli da installazione a soffitto (ideali per collocazione), escludendo le esecuzioni carrellate.

Naturalmente, un ricambio di elevata entità può risultare del tutto inutile se applicato in modo irrazionale: in particolare, si devono evitare fenomeni di cortocircuito tra mandata e ripresa ed eventuali "percorsi preferenziali" che possono portare a sacche di stagnazione. Idealmente, l'aria dovrebbe essere immessa nella zona più lontana dal paziente, attraversare uniformemente l'intero locale miscelandosi all'aria ambientale e, infine, essere ripresa in prossimità del paziente. In questo modo, si otterrebbe un efficace effetto

di "lavaggio" progressivo, dalle zone più pulite verso quelle più contaminate. In realtà, una cattiva disposizione delle bocchette di mandata o di ripresa, unitamente alla presenza di arredi e mobili in posizione sfavorevole, potrebbero portare a pericolose inefficienze di questo meccanismo. Per questo motivo, oltre ad una corretta progettazione, è buona norma ricorrere ad accurati controlli in fase di collaudo. L'utilizzo di un generatore di fumo portatile potrà essere di grande aiuto per verificare il grado di miscelazione tra aria immessa e aria ambiente, nonché l'assenza delle temute sacche di stagnazione.

Come ottenere un differenziale di pressione efficace

In teoria, per mantenere un flusso d'aria costante da un ambiente all'altro è sufficiente una differenza di pressione molto piccola: per ottenerla, è sufficiente assegnare alla estrazione una portata di circa il 10% superiore rispetto a quella riservata alla immissione. In alcuni casi, per assicurare una differenza di pressione sufficiente, si dovrà procedere alla sigillatura di eventuali vie di fuga presenti (infissi, scarichi idraulici privi di sifone ecc.).

Le porte dovranno essere dotate di un sistema di ritorno automatico, in modo da ridurre il tempo di apertura al minimo indispensabile. Alcuni sistemi di regolazione sono in grado di compensare l'apertura aumentando automaticamente la portata di estrazione per il tempo necessario. La presenza di una anticamera può aumentare il grado di sicurezza contro una possibile fuga di aerosol infetto. L'anticamera può essere a sua volta ventilata, oppure no: l'importante è mantenere comunque il gradiente di pressione negativo tra camera e ambienti circostanti.

Sistemi di controllo e monitoraggio della pressione differenziale

A porte chiuse, con l'impianto di ventilazione in funzione, è possibile verificare la presenza o meno dei flussi d'aria generati dalle differenze di pressione: anche in questo caso, l'impiego di un generatore portatile di fumo può essere molto utile. Indirizzando il fumo

verso la fessura di base delle porte, lo si dovrà vedere rapidamente aspirato al di là della soglia se dovesse rimanere stazionario o se avesse difficoltà ad essere aspirato, sicuramente occorrerà intervenire sullo sbilanciamento delle portate e/o sulla tenuta del locale per ripristinare il necessario livello di depressione.

Il valore di pressione negativa può essere mantenuto costantemente sotto controllo per mezzo di appositi manometri elettronici differenziali, dotati di un segnale di allarme in caso di avaria o insufficienza del sistema.

L'allarme può scattare anche in caso di apertura troppo prolungata della porta d'ingresso.

Un aspetto critico è rappresentato dalla collocazione del sensore di pressione: la posizione ideale è nelle immediate vicinanze della fessura alla base della porta. Molti sensori vengono erroneamente collocati in prossimità del manometro, solitamente installato nel terzo superiore della porta. Può succedere che, a causa di particolari flussi d'aria in ambiente, la pressione differenziale appaia correttamente negativa a questa quota, mentre in realtà a quota più bassa potrebbe assumere valori indifferenti o positivi.

Sceita dei filtri

L'aerosol emesso dai pazienti possiede delle caratteristiche ben definite dal punto di vista della filtrazione: è formato da goccioline, caratterizzate da un diametro compreso tra 1 e 10 micron. L'abbattimento di questo tipo di contaminante non è un compito difficile per un filtro di classe HEPA, cioè caratterizzato per definizione da una efficienza di captazione del 99,97% su particelle del diametro di almeno 3 micron. Questo tipo di filtro è universalmente usato in ambito sanitario, per le sue caratteristiche di efficienza e praticità. Può essere efficacemente impiegato sia per la filtrazione dell'aria eventualmente ricircolata in ambiente, sia per la decontaminazione dell'aria di scarico prima dell'espulsione all'esterno. Nel caso (molto frequente, viste le portate in gioco) sia presente un recuperatore di calore prima dell'espulsione, si dovrà sempre installare un filtro ad alta efficienza prima del recuperatore stesso, in modo che al suo interno possa

transitare dell'aria sicuramente decontaminata. In questo modo si eviteranno possibili incidenti dovuti al frequente danneggiamento della superficie di scambio termico. In pratica, se correttamente installati, questi filtri possono far scendere la conta delle particelle più grandi di un micron al di sotto della soglia di sensibilità dei normali strumenti di misura. Per ottenere i risultati attesi, è però necessario porre grande attenzione in sede di progettazione e per quanto riguarda gli aspetti relativi alla manutenzione. Il filtro HEPA deve sempre essere preceduto da prefiltri "sacrificiali" ad alta efficienza: la sua vita operativa può essere estesa anche di 10 volte grazie a questo accorgimento. Due prefiltri in serie dotati di una efficienza strumentale intorno al 90% possono ampiamente ripagare il loro costo proteggendo il successivo filtro HEPA dalla polvere grossolana. I gruppi di filtrazione devono sempre e comunque lavorare in depressione: i telai portafiltro devono essere a perfetta tenuta e periodicamente controllati nella loro integrità. I filtri più moderni possiedono una tenuta periferica in gel, dalle ottime caratteristiche sigillanti. In presenza di guarnizioni in gomma, è necessario provvedere alla loro sostituzione contemporaneamente al filtro. Il personale addetto alla manutenzione deve essere adeguatamente protetto con tute integrali e respiratori a pressione; i filtri esauriti devono essere accuratamente disposti in contenitori sigillati ed avviati all'incenerimento, preferibilmente ad un inceneritore situato internamente alla struttura sanitaria. Ad ogni sostituzione, l'efficacia dei filtri deve essere testata con apposita strumentazione (generatore portatile di aerosol e contaparticelle laser).

Precauzioni per l'espulsione dell'aria all'esterno

In caso di avaria ai dispositivi di filtrazione, negli ambienti interni esistono vari ordini di barriera che possono contrastare una diffusione degli agenti patogeni: una eventuale dispersione di contaminanti verso l'esterno potrebbe invece assumere connotati catastrofici. Per questo motivo, i condotti di emissione dovranno terminare con dei veri e propri camini, posizionati il più lontano possibile da prese d'aria e da zone frequentate da

persone o animali. Inoltre, per evitare il rischio di un possibile rientro nell'edificio di eventuali contaminanti espulsi, i camini dovranno essere prolungati in modo da fuoriuscire dalla zona di turbolenza provocata dai venti che lambiscono la costruzione. Uno stadio supplementare di filtrazione HEPA prima dell'espulsione può essere eventualmente impiegato in sostituzione delle misure precedenti.

Siti di consultazione su internet:

Hospital Infection Control Guidance for Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS):

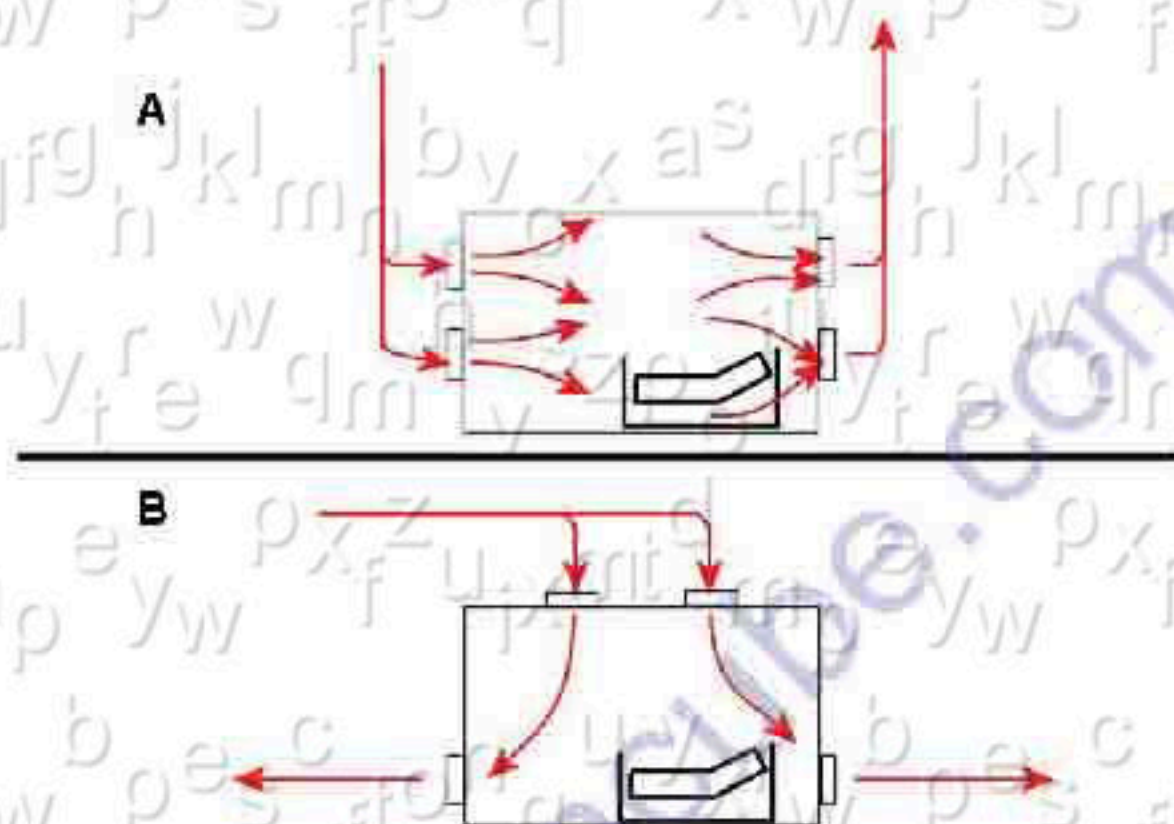
<http://www.who.int/csr/sars/infectioncontrol/en/>

First data on stability and resistance of SARS coronavirus compiled by members of WHO laboratory network:

http://www.who.int/csr/sars/survival_2003_05_04/en/index.html

Attenzione alla temperatura!

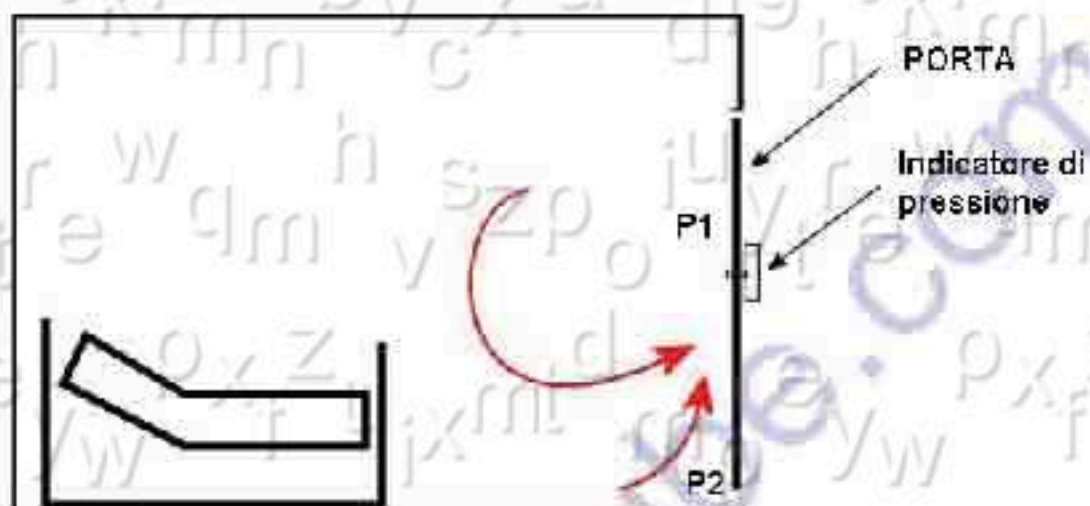
Alcuni dati rilasciati dall'Organizzazione Mondiale della Sanità rivelano che l'agente responsabile della SARS è molto resistente alle basse temperature (resiste per un tempo indefinito a 0°C, almeno 21 giorni a 4°C), mentre comincia ad inattivarsi intorno ai 37°C e viene rapidamente distrutto oltre i 56°C. Ciò significa che, potenzialmente, gli impianti di refrigerazione dell'aria, se contaminati, potrebbero albergare e diffondere il virus. Per questo motivo, negli impianti di trattamento dell'aria installati in locali dove sono ospitati pazienti potenzialmente affetti da SARS devono assolutamente essere evitate le basse temperature. Quindi, niente condizionamento estivo nelle strutture a rischio, a meno di adottare a monte delle batterie di scambio termico (o comunque delle zone "fredde") un complesso ultrafiltrante di provata e sicura efficacia. Vista invece la termolabilità del virus, si suppone che il riscaldamento invernale possa aiutare a ridurre o a eliminare la carica infettante. Purtroppo i dati a disposizione sono ancora incompleti: mancano ad esempio le indicazioni sulla sensibilità del virus al variare della umidità relativa e all'irraggiamento con raggi ultravioletti. Una volta in possesso dei parametri utili, sarà possibile dimensionare dei plenum, da inserire negli impianti di trattamento dell'aria, in cui creare le condizioni di temperatura, umidità e irraggiamento UVC incompatibili con la sopravvivenza del virus. I laboratori dell'OMS sono al lavoro per definire in tempi brevi tutti i fattori legati alla sopravvivenza del Coronavirus in ambiente.



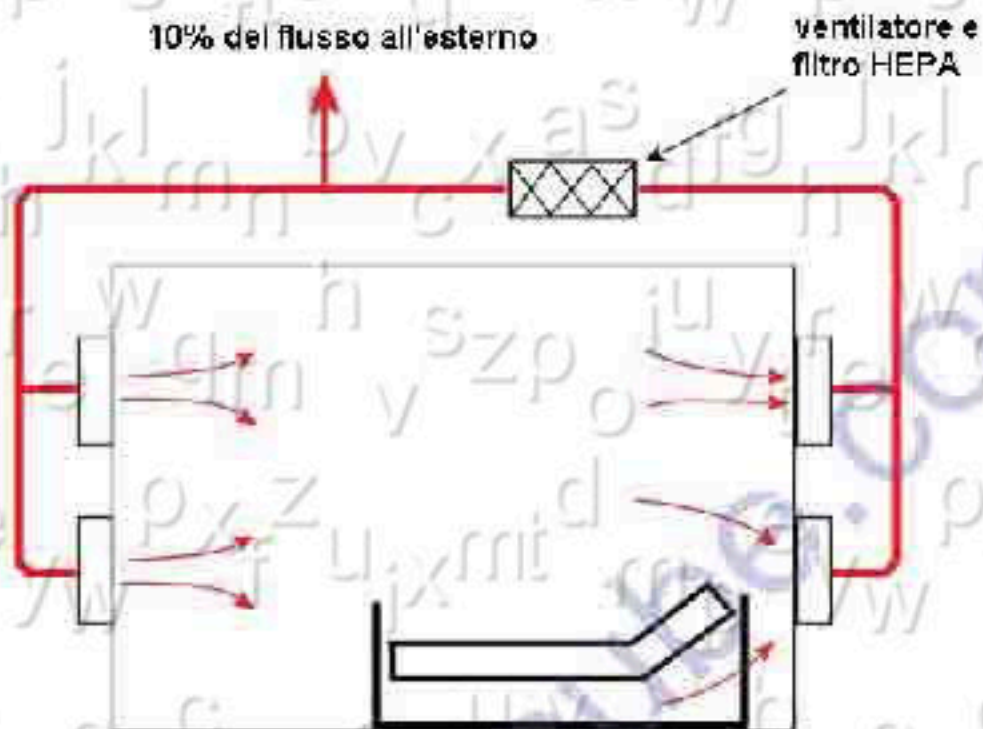
I cortocircuiti tra aria immessa e aria ripresa devono essere accuratamente evitati: possiamo qui vedere due configurazioni consigliate allo scopo. Dovendo immettere aria ad una temperatura sensibilmente inferiore a quella ambiente, si dovrà preferire la soluzione B.



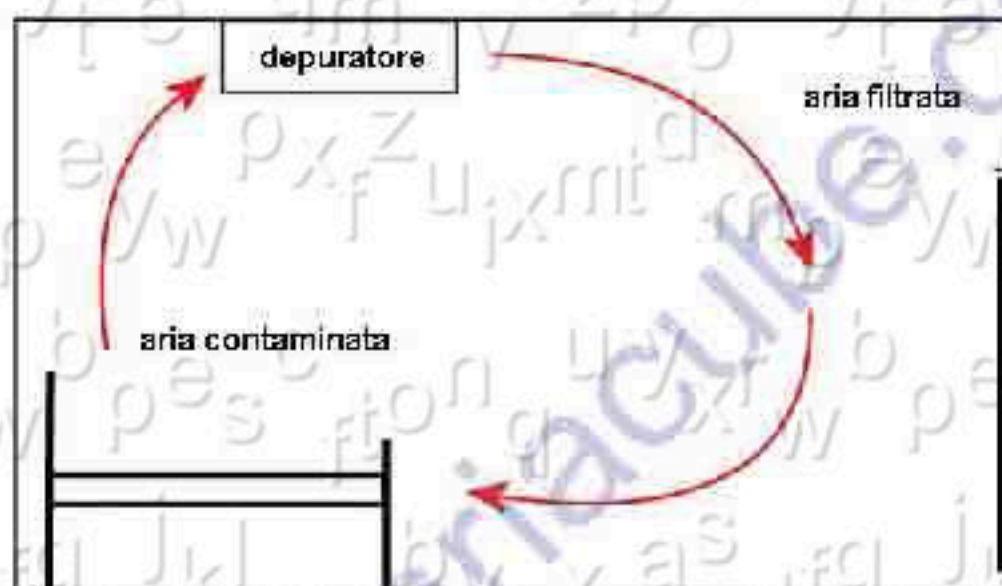
Per verificare la presenza di una corretta pressione negativa all'interno della stanza di degenza, è possibile utilizzare un piccolo generatore di fumo, come indicato in figura. Il fumo dovrà essere trascinato rapidamente sotto la soglia. E' indicato anche il corretto posizionamento dell'anemometro per verificare la velocità dell'aria nella fessura sotto la porta.



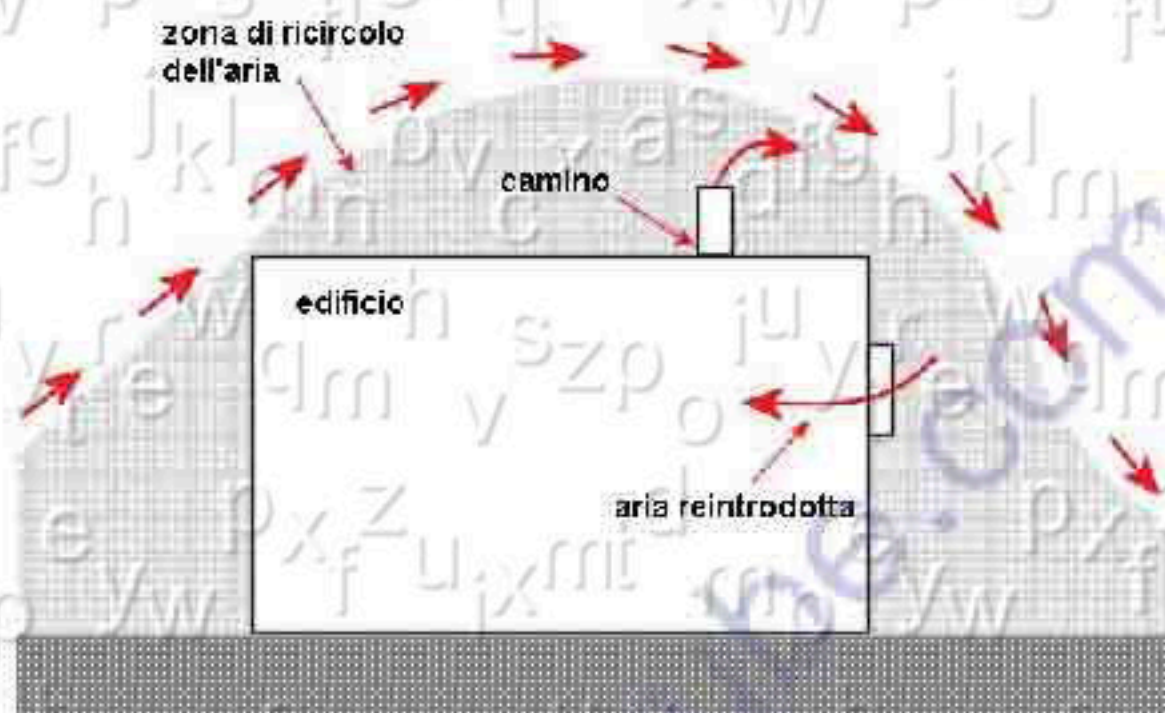
E' possibile monitorare continuamente la differenza di pressione per mezzo di appositi strumenti dotati di allarme: la sonda di rilevazione della pressione dovrà essere posizionata nelle vicinanze del punto P2. Alcuni strumenti possiedono invece una sonda integrata (pos. P1), più soggetta a fluttuazioni nella misura dovuti alla movimentazione ambientale dell'aria.



La tipologia di impianto generalmente adottata consiste in una unità ventilante canalizzata, dotata di filtro di classe HEPA. Il 10% della portata di mandata viene deviata all'esterno, consentendo così alla portata di aspirazione di prevalere nella misura sufficiente a mantenere la pressione negativa desiderata. I volumi di ricambio necessari sono decisamente elevati (oltre 12 ricambi/ora).



In molti casi, è possibile ridurre il numero dei ricambi/ora necessari aggiungendo un depuratore d'aria a ricircolo che permetta di compensare la portata ridotta. Si dovrà utilizzare un apparecchio dotato di filtro HEPA, posizionato al centro del terzo di soffitto più vicino al paziente. Questa soluzione è spesso adottata nei casi in cui si debbano riservare agli infettivi camere di degenza in origine destinate ad altro impiego. La compensazione massima raggiungibile è pari al 50% della portata totale (6 ricambi da ottenere dall'impianto canalizzato, più 6 ricambi effettuati a ricircolo dal depuratore).



Un rischio frequentemente sottovalutato nei reparti riservati agli infettivi, è rappresentato dalla possibile reintroduzione dell'aria scaricata all'esterno: in particolare, i camini di espulsione dovrebbero essere prolungati al di fuori della zona di probabile ricircolo che circonda l'edificio.