

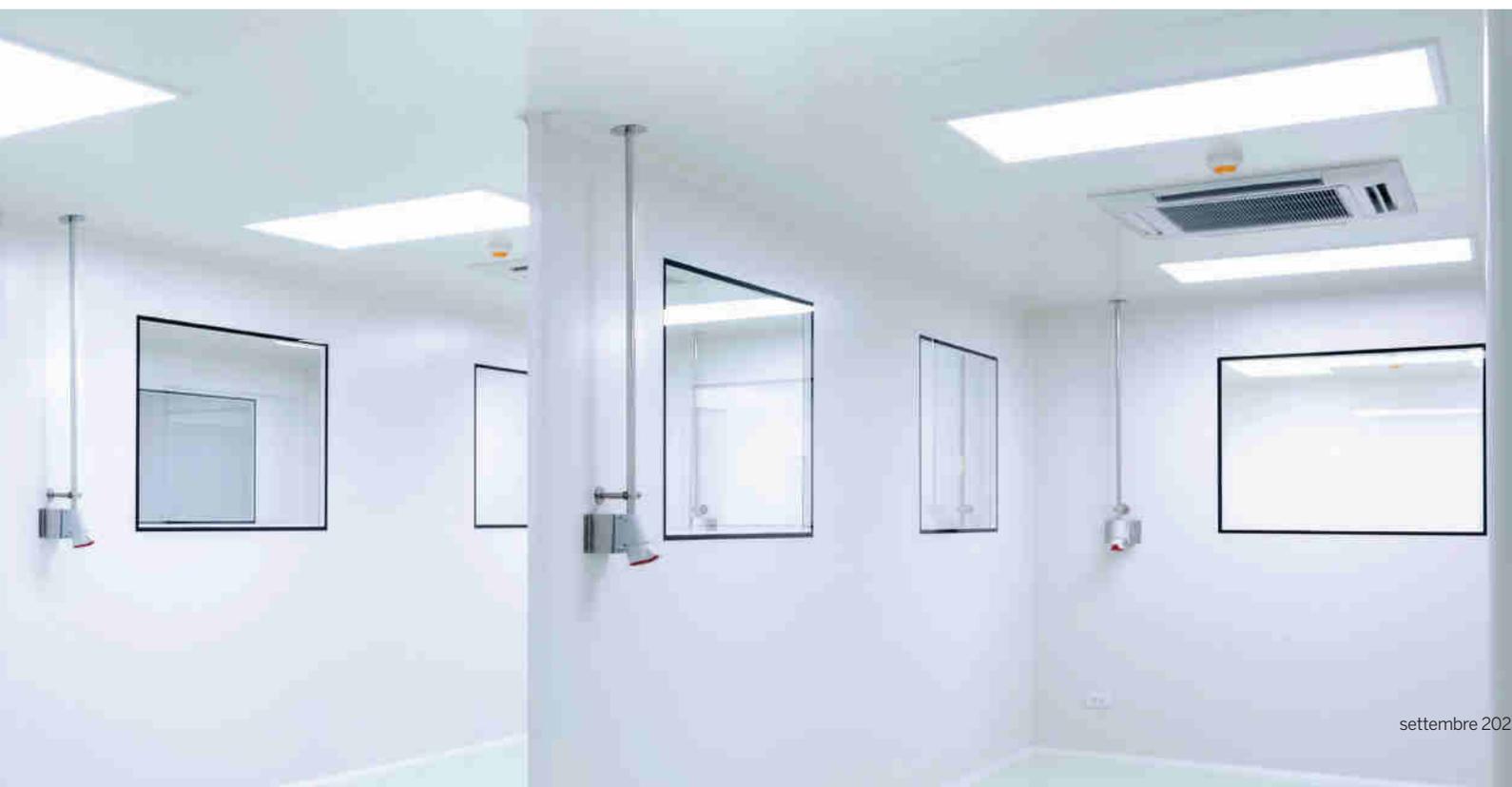
# Gli impianti di ventilazione contro il rischio biologico nelle strutture sanitarie

## L'importanza degli impianti di ventilazione e condizionamento d'aria all'interno degli ospedali in epoca post-Covid

### INTRODUZIONE

Nella seconda metà del 2020, in risposta agli effetti della pandemia, il CNETO (Centro Nazionale per l'Edilizia e la Tecnica Ospedaliera) e l'AiCARR (Associazione italiana Condizionamento dell'Aria Riscaldamento e Refrigerazione) hanno avviato una partnership volta a studiare e approfondire il tema della resilienza delle strutture sanitarie con particolare interesse nel-

la relazione tra gli impianti di ventilazione e condizionamento e la qualità dell'aria interna negli ambienti a rischio biologico. L'obiettivo è quello di rendere più sicuri i nuovi ospedali e quelli esistenti mettendo insieme competenze cliniche e impiantistiche per suggerire idee, prassi progettuali e argomenti di riflessione che possano essere utili a chi si occupa di progettazione sanitaria.



## IL RISCHIO BIOLOGICO NEGLI AMBIENTI SANITARI

La presenza di microrganismi, e in particolare il nuovo ceppo di virus SARS-CoV-2, è stata riscontrata nei nostri ambienti di vita e lavoro negli ultimi 3 anni causando un'infezione pandemica gravissima che ha avuto effetti disastrosi sulla popolazione a livello mondiale.

In realtà, il tema del rischio biologico era ben noto anche prima dell'evento pandemico e si basava principalmente sulla prevenzione dei potenziali rischi generati all'interno delle strutture sanitarie nei confronti dei pazienti ed ha costituito da sempre un tema di preoccupazione da parte degli Igienisti sanitari che si sono quindi concentrati maggiormente sugli aspetti di salvaguardia dei pazienti da possibili contaminanti presenti o generati dall'ambiente o dagli operatori sanitari. È noto infatti che l'esposizione ad agenti biologici (microrganismi, colture cellulari ed endoparassiti umani) può provocare patologie di natura infettiva, allergica, tossica e cancerogena [1] e ciò è maggiormente significativo per gli esseri umani che si trovano in condizioni fisiche precarie quali sono i pazienti in regime di ricovero o in trattamento sanitario.

Questo approccio è profondamente mutato con l'arrivo della pandemia ed ha costretto le figure professionali in campo (igienisti, progettisti architettonici ed impiantisti) a rivedere le loro conoscenze e a studiare nuove strategie per contenere l'azione dei contaminanti e ridurre la diffusione. Per avere corretti riferimenti, giova ricordare le evidenze scientifiche che si sono consolidate in questi tre anni sulla natura, le caratteristiche e i comportamenti del virus SARS-CoV-2 (e delle sue varianti) e ritenerle come paradigma di altre possibili future pandemie dovute a virus ad oggi sconosciuti, ma comunque trasmissibili per via aerea e agenti sulle vie respiratorie.

È evidente che gli igienisti dovranno comunque fornire ai progettisti un corretto aggiornamento sui comportamenti e vitalità del virus e/o del potenziale nemico, in altre parole fornire una ipotetica analisi del rischio che si ritiene di dover in futuro affrontare e su cui tarare e/o adeguare le possibili risposte impiantistiche.

Dalle conoscenze sulla recente pandemia sappiamo che: produttori del virus sono gli umani che respirando, tossendo, parlando e cantando emettono goccioline (droplets) e aerosol;

- le goccioline, più pesanti, tendono in parte a ricadere sulle superfici piane in pochi minuti, le più fini si mescolano all'aerosol;
- l'aerosol tende a diffondersi nell'ambiente e a farsi trasportare da occasionali correnti d'aria;
- la sopravvivenza del virus varia da poche ore nell'aria e fino a circa 75 ore su alcune superfici lisce quali acciaio e plastica;
- i tempi d'infezione sono stati definiti in circa 15 minuti di co-presenza
- in ambienti chiusi e poco areati tra soggetti infetti e sani.

Le evidenze scientifiche mostrano che la concentrazione di carica virale aumenta con la diminuzione delle dimensioni delle goccioline (da droplet ad aerosol) e che la via aerea è rilevante per il contagio in ambienti chiusi se le concentrazioni sono elevate, le distanze tra soggetti contaminati e non, sono ravvicinate e, come già detto, i tempi di esposizione superano i 15 minuti.

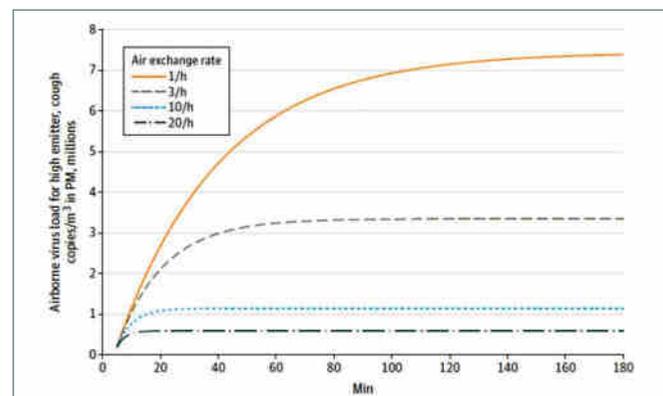
Ne consegue che negli ambienti confinati la diluizione della concentrazione, attuata per mezzo di impianti di ventilazione meccanica che immettono aria pulita esterna ed estraggono quella contaminata interna in quantità predeterminate, riduce il rischio di contaminazione (fig. 1).

La figura 1 riporta la variazione della carica virale nel tempo in un ambiente chiuso di 50 m<sup>3</sup>. La concentrazione è stata stimata mediante una simulazione riferita ad un paziente che si presume abbia una alta carica virale e che tossisca con intermittenza di 30 secondi.

Le curve rappresentano la situazione con differenti ricambi di aria/ora. Come è possibile osservare, all'aumentare del numero di ricambi d'aria la curva della carica batterica per 1 vol/h continua a crescere anche dopo 60 min, si stabilizza per 3 ricambi/ora e rimane sempre molto bassa e contenuta per ricambi maggiori.

Occorre precisare che la ventilazione meccanica nell'ospedale è una presenza piuttosto diffusa particolarmente per alcuni reparti specialistici protetti dalla legge sull'accreditamento delle strutture ospedaliere che obbliga al ricambio forzato con un elevato numero di ricambi/ora. Nulla, invece, è prescritto per i reparti di degenza e per il Pronto Soccorso che, così come ha mostrato la pandemia, sono ambienti di frontiera contro l'insorgere di infezioni legate ad ipotetici o reali virus.

Infatti, i reparti di diagnostica e cura occupano normalmente grandi piastre in cui è assicurata la presenza di necessari ricambi forzati d'aria, mentre le degenze sono poste in corpi in linea o similari finestrati dove, nelle realizzazioni più recenti sono realizzati impianti



■ Figura 1 – Variazione nel tempo della carica virale (JAMA – Journal of American Medical Association – 27 luglio 2020)

misti misti aria-acqua (con aria neutra e con circa 2 vol/h di tasso di ricambio) mentre, in ospedali più obsoleti, sono ancora presenti impianti ad acqua dove il ricambio metabolico è affidato alle finestre, praticamente senza possibilità di governo e controllo.

## LA PROGETTAZIONE DELLE STRUTTURE OSPEDALIERI ESISTENTI E NUOVE

Il Gruppo di Lavoro di CNETO, con la collaborazione di AiCARR ha raggiunto un primo obiettivo fornendo alcune indicazioni di base da utilizzare nelle nuove progettazioni di impianti in strutture ospedaliere alla luce dell'esperienza pandemica da Covid-19.

I temi affrontati hanno riguardato:

- l'analisi dello stato di fatto in campo in materia di qualità dell'aria indoor e sviluppi nella ricerca di indicatori specifici nel settore;
- la revisione delle conoscenze nella progettazione e gestione degli impianti di ventilazione e condizionamento nelle strutture sanitarie pre-pandemia;
- gli sviluppi della normativa in materia di requisiti impiantistici nelle strutture sanitarie;
- i requisiti di riferimento per la ventilazione in 2 aree ospedaliere di maggiore diffusione e interesse attualmente non normati: pronto Soccorso/DEA e Degenze;
- sostenibilità ambientale ed economica alla luce della crisi energetica.

In questo ambito meta-progettuale si sono individuati due filoni di intervento, ovvero:

- progettazioni di aggiornamento/rinnovo parziale di strutture esistenti;
- progettazioni di nuove strutture ospedaliere

Nel primo caso sono state prese in considerazione le linee guida emanate durante la fase di emergenza pandemica quali quelle pubblicate nel 2020 da AiCARR, da REHVA (Federazione europea delle associazioni sul Condizionamento dell'Aria, Riscaldamento e Refrigerazione), dall'Istituto Superiore della sanità e dal CNI (Consiglio nazionale degli Ingegneri) [2, 3, 4, 5] che illustrano gli interventi raccomandati per adattare, ove possibile, gli HVAC a servizio di reparti di degenza esistenti alle esigenze di qualità e quantità d'aria necessarie per contenere e contrastare le concentrazioni di virus tipo il SARS-CoV-2 nell'ambiente costruito.

In riferimento ai documenti sopra richiamati va detto che, non potendo intervenire sull'architettura complessiva degli impianti HVAC esistenti, notoriamente caratterizzati da una intrinseca rigidità strutturale oltre che dimensionale, è stato possibile trarre indicazioni utili e valide solo per la progettazione di interventi urgenti e tampone.

A parere dei colleghi degli Uffici Tecnici, che hanno vissuto dall'interno la realtà pandemica, per gli impianti esistenti, ancorché di recentissima realizzazione, l'ostacolo principale è proprio stato rappresentato dalla mancanza di flessibilità delle componenti impiantistiche e dalla indisponibilità di spazi e ambienti ove poter allocare le attrezzature adottate in emergenza (ventilatori di estrazione, sistemi di filtrazione, separazione dei flussi ecc.).

Per le nuove costruzioni invece, non esistendo ancora indicazioni progettuali specifiche, CNETO e AiCARR hanno avviato un percorso di collaborazione finalizzato alla ricerca e allo studio dei processi di progresso tecnologico in atto e allo sviluppo della cultura sulla nuova progettazione e gestione della componente impiantistica delle strutture sanitarie.

Secondo uno studio AGENAS (Agenzia nazionale per i servizi sanitari regionali) il 63 % delle strutture ospedaliere pubbliche italiane ha oltre 40 anni e la percentuale aumenta fino al 70% per le regioni centro-meridionali. Nella maggior parte dei casi sono strutture non in linea con, gli attuali standard di cura e di hospitality, né tantomeno con le attuali disposizioni normative in materia di rischio clinico e sicurezza: basti pensare alle criticità che sono emerse in molte strutture ospedaliere all'entrata in vigore delle NTC 2008-NTC 2018 o alla regola tecnica di prevenzione incendi introdotta dal DM 2015 così come alle linee guida sulla legionella del Ministero della Salute. [6]

È emersa ormai da tempo, e a maggior ragione durante la pandemia, la convinzione che si rende necessaria una politica preventiva di dismissioni e costruzione di nuovi ospedali cercando di individuare tra le strutture esistenti quelle in grado di consentire una rapida conversione all'emergenza senza generalizzare gli interventi su più strutture con lavori frammentati ed emergenziali che comportano risultati scadenti e un enorme spreco di denaro pubblico. È quindi opportuno suggerire ai progettisti architettonico-funzionali, responsabili della progettazione di nuove strutture ospedaliere e dei layout dell'edificio alcune corrette e concrete informazioni o raccomandazioni concettuali sulle architetture impiantistiche di benessere e ventilazione da tenere in considerazione sin dall'inizio della progettazione in ottica della riduzione del rischio biologico e della diffusione di nuove infezioni trasmissibili per via aerea. Un nuovo ospedale dovrà garantire maggiore sicurezza di fronte all'insorgere di una nuova pandemia. Tale sicurezza può essere conseguita intervenendo sui layout delle aree pubbliche e di cura, per esempio attraverso la separazione dei flussi e la riduzione al minimo degli affollamenti nelle zone di attesa o mediante impianti più performanti e materiali e apparecchiature antibatterici e antivirali come quelli ad attivazione fotosensibile.

Il costo di gestione e manutenzione di una struttura sanitaria non consente la possibilità di avere ospedali dormienti che possano essere attivati in caso di future emergenze, il disegno delle zone sani-

tarie dovrà prevedere aree di cura rigidamente separate dal punto di vista dei flussi e degli accessi con le restanti aree limitrofe che possano essere convertite in reparti infettivi autonomi e indipendenti. In queste aree, per far fronte all'emergenza, saranno previsti posti letto che possano essere facilmente trasformabili in posti di terapia sub-intensiva se non intensiva.

In merito al lay-out delle terapie intensive, infatti, di solito sono previsti open space che consentono una più facile gestione dei pazienti da un numero ridotto di personale. L'evento pandemico ha chiaramente indicato come sia preferibile l'isolamento dei pazienti. Allora la scelta di progettare queste aree indicate alla riconversione con degenze dotate di spazi filtro consente un'agevole conversione funzionale a terapia intensiva singola. Tutto ciò dovrà essere accompagnato dalla predisposizione di sistemi di monitoraggio e controllo del paziente da remoto più spinti, unitamente ad un'impiantistica dedicata che consenta di invertire in sicurezza il regime di pressione dell'aria ambiente al fine di ridurre drasticamente i rischi per paziente infetto e operatore. [6]

Molti ricorderanno come il tema della diversificazione dei flussi sia stato un cavallo di battaglia degli Igienisti e degli ingegneri ospedalieri fino agli anni 2000, quando tra i progettisti architettonici si era diffusa l'idea che una loro rigida suddivisione limitasse la libertà nella scelta dei lay-out. Ovviamente questo concetto vale prevalentemente nelle aree a maggior rischio di diffusione di contaminanti da aerotrasportati (sale operatorie, terapie intensive, centrali di sterilizzazione, blocchi parto ecc).

Nelle degenze la diversificazione dei flussi è possibile solo nelle strutture a corpo quintuplo mentre in quelle tradizionali a corpo triplo può solo limitarsi ai percorsi verticali come, per esempio, avviene nell' Ospedale S. Carlo di Milano.

Per quanto riguarda la possibilità di trasformare le stanze di degenza in subintensive tout court effettuando l'inversione delle pressioni con manovre di semplice esecuzione, occorre ricordare che oltre ad essere sconsigliate dalle Linee Guida dell'Aicarr sugli ambienti a contaminazione controllata [7], deve comunque essere previsto un filtro e installato un sistema di regolazione che consenta a personale adeguatamente formato di gestire tali modifiche secondo necessità anche mediante l'introduzione di un sistema di automazione e controllo che garantisca la tracciabilità delle manovre effettuate.

La quantità delle portate di aria di rinnovo al fine di ridurre il rischio di contaminazione è un tema alla base della ricerca di diversi ricercatori alcuni dei quali sono riportati in bibliografia. [8, 9].

Va ricordato che ad oggi non esiste in Italia una disposizione legislativa che prescriva l'obbligo dei ricambi d'aria nelle degenze. Non ne parlano né il DPR 47/97, né le leggi regionali di applicazione. La scelta del numero di ricambi è lasciata ai progettisti che, considerando le Norme UNI 10339, si è ormai quasi uniformemente assestata sui 2-3 vol/h.

Riteniamo quindi di poter affermare che:

- gli edifici sanitari esistenti privi di impianti di ventilazione meccanica devono essere ritenuti pericolosi per l'incolumità di pazienti, operatori e visitatori;
- gli edifici sanitari esistenti privi di impianti di ventilazione meccanica devono essere ritenuti pericolosi per l'incolumità di pazienti, operatori e visitatori;
- la Stazione Appaltante deve definire se tutto il nuovo o ristrutturando nosocomio debba essere progettato con la capacità di adattarsi rapidamente alla richiesta di elevate quantità e qualità dell'aria, capacità che definiamo "resilienza" ad eventuali condizioni di infezione da agenti patogeni aero-trasportati (virus, batteri o protozoi). Ovvero, se questa resilienza debba in particolare e più opportunamente limitarsi ad alcuni reparti di degenza, ad alcuni letti o blocchi di Terapia Intensiva e sub intensiva, a parte del Pronto Soccorso e degli ambienti di Osservazione Breve Intensiva, in sostanza ad una sola parte funzionale dello stesso, definendone quantità e analisi del rischio;
- la progettazione degli impianti di ventilazione, in particolare per reparti rispondenti a esigenze pandemiche, richiede una strettissima collaborazione tra Responsabili degli Uffici Tecnici, progettisti del lay-out e degli impianti e igienisti, per correttamente definire gli spazi tecnici necessari, la loro collocazione, i limiti delle predisposizioni, la sostenibilità dei costi di costruzione, di gestione e di conversione quando necessario, e infine di manutenzione in attesa degli eventi;
- non è sufficiente prevedere la ventilazione meccanica degli ambienti, ma occorre anche adottare strategie di distribuzione dell'aria in ambiente perché la sua non corretta circolazione può comprometterne l'efficacia e, in tal caso, diventare potenzialmente peggiorativa;
- la necessità di segregare delle aree sanitarie per limitare la propagazione del contagio impone la realizzazione di impianti di ventilazione "flessibili" ovvero meno estesi di quanto sia stato fatto in passato (ad es. blocchi di degenze anche su più piani con una unità di trattamento dell'aria a servizio di tutta l'area), dotati di sistemi di filtrazione in mandata e in espulsione almeno la loro predisposizione e a pressione differenziali variabili;
- fino a oggi i calcoli per il dimensionamento degli impianti per il benessere si basano sui disperdimenti/rientrate di calore attraverso l'involucro, sui carichi endogeni e sull'affollamento. Questo ha portato al consolidato valore di 2 vol/h come tasso di ventilazione di una degenza da due posti letto, mentre, secondo la normativa nelle Terapie Intensive il tasso minimo di immissione di aria esterna è di 6 vol/h e di 15 vol/h nelle Sale Operatorie.

I moderni edifici sono dotati di involucri performanti contro le dispersioni/ rientrate termiche e, quindi, i carichi esterni ed interni nel-

le degenze destinate a ospitare pazienti infetti, diventano ininfluenti per il calcolo in quanto, l'immissione di aria pulita sarà definito funzione del tempo di ricambio dell'aria in quell'ambiente per contenere, se non eliminare, i rischi di trasmissione per via aerea di infezioni ed eventuali eccessive e pericolose concentrazioni di O<sub>2</sub> dovute alla presenza di ventilatori artificiali. Nei nuovi ospedali che dovranno far fronte a qualsiasi infezione pandemica, non potranno essere considerati accettabili impianti di climatizzazione del tipo con terminali ad

acqua (tipo radiatori e ventilconvettori) e, se possibile, misti aria primaria e acqua, inoltre l'aria immessa dovrà essere sempre di rinnovo e pulita e non di ricircolo, che è un efficiente veicolo di diffusione e concentrazione di infezioni, se non opportunamente progettato.

## GLI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE POST PANDEMICI

Nella progettazione di una struttura sanitaria in grado di affrontare l'emergenza di una nuova emergenza pandemica, il fabbisogno di una elevata ed efficace ventilazione forzata è una esigenza imprescindibile, pertanto, la progettazione impiantistica deve trovare un difficile equilibrio di sostenibilità tra le esigenze di:

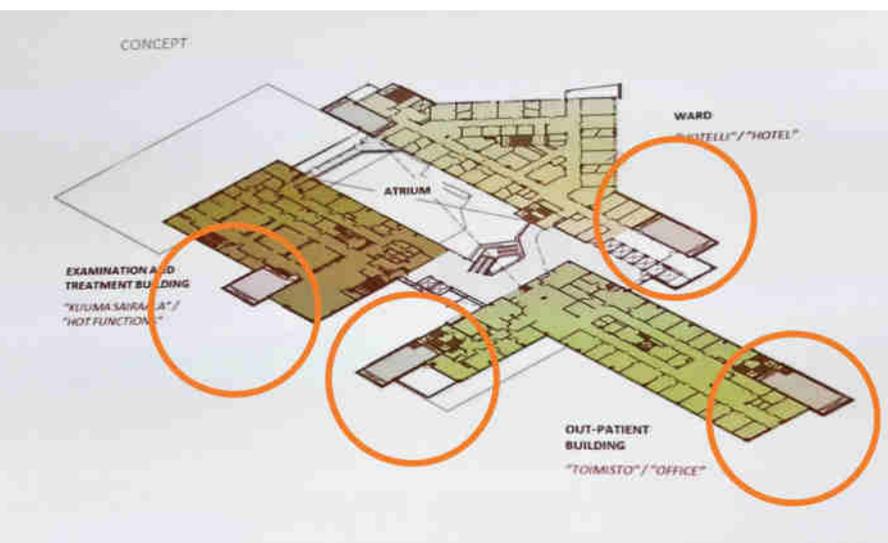
- contenute portate d'aria per fronteggiare i fabbisogni climatico e metabolico del reparto in modalità standard;
- elevate portate d'aria in modalità emergenza epidemica e/o pandemica;
- adeguata pulizia dell'aria immessa ed espulsa;
- facile gestione delle sovra pressioni;
- adozione di sistemi di automazione e controllo degli impianti che ne consentano il monitoraggio, in modo da limitare al massimo i costi di gestione tra una pandemia e la eventuale successiva.

Gli elevatissimi costi sanitari e umani della recente pandemia hanno messo in luce la necessità di effettuare una profonda valutazione dei rischi ed una attenta analisi della fragilità delle strutture sanitarie, ma non crediamo che sia compito dei progettisti di impianti stabilire il punto di equilibrio tra la curva dei costi di realizzazione e gestione di impianti adeguati ad affrontare una pandemia e quella della spesa sanitaria derivante da impianti non adeguati.

Gli impianti HVAC sono notoriamente ingombranti e poco flessibili e quasi sempre costretti in spazi angusti che non consentono né facili modifiche, né il loro potenziamento.

L'esigenza di flessibilità nella gestione degli HVAC post pandemia (ovvero consentire variazioni significative delle portate, delle pressioni differenziali, delle riprese ecc.) per consentire i cambi di destinazione d'uso imposti, in particolare nelle aree di degenza, dettate dall'emergenza suggerisce con forza la progettazione di ospedali con reparti indipendenti dotati di locali tecnici dedicati e adiacenti ove collocare l'UTA a servizio di quel singolo reparto. Ciò consentirebbe:

- la produzione di aria di ventilazione e climatizzazione in prossimità dell'area da servire;
- facili interventi di conversione e di manutenzione senza il coinvolgimento degli altri compartimenti in quanto il doppio regime di funzionamento reparto standard/reparto infetto viene più fa-



■ Figura 2: Le torri tecnologiche in pianta



■ Figura 3: Torri tecnologiche in ospedale

ilmente risolto con una unità di trattamento dell'aria dedicata e prossima a portata variabile e o multizona;

- di non avere corridoi intasati da grandi condotte aerauliche di difficile installazione e gestione che devono raggiungere il reparto in questione da centrali di trattamento remote e consentire un diverso funzionamento;
- di limitare il necessario sovradimensionamento o sdoppiamento delle condotte dell'aria all'interno dei singoli reparti ipotizzati come convertibili, senza coinvolgere il resto dell'ospedale;
- la creazione di ampi filtri di separazione tra reparti, secondo uno schema del tipo illustrato in figura 2 declinabile secondo creatività anche su più piani creando le così dette torri tecnologiche (fig.3) lasciando i tetti dell'ospedale liberi per giardini pensili, percorsi vita, altre attività.

La ratio di un simile sistema di integrazione tra architettura e impianti è la flessibilità, infatti, è più facile percorrere grandi organismi edilizi con relativamente piccole tubazioni idroniche al posto delle grandi condotte dell'aria.

Le torri dovrebbero essere possibilmente posizionate in posizione baricentrica rispetto alle aree servite in modo tale da agevolare la distribuzione delle canalizzazioni. Questo potrebbe comportare la riduzione degli spazi necessari nei controsoffitti.

La realizzazione di torri impiantistiche deve tenere conto delle esigenze manutentive e dell'accessibilità agli impianti da parte dei preposti alla manutenzione senza l'ingresso o l'attraversamento delle aree sanitarie.

Ove una simile configurazione non fosse possibile è comunque necessario, per i reparti convertibili prevedere:

- sempre impianti dedicati a tutt'aria a portata variabile con una progettazione delle reti di distribuzione dell'aria il più possibile modulare e a servizio di aree omogenee, con portate, regolazioni e qualità dell'aria rispondenti alle esigenze individuate; La realizzazione di torri impiantistiche deve tenere conto delle esigenze manutentive e dell'accessibilità agli impianti da parte dei preposti

o, per problemi di finanziamento, lasciare gli spazi per prevedere, in caso di necessità, le modifiche necessarie, quali:

- l'installazione di ventilatori e reti di estrazione aggiuntivi, predisposizioni per l'introduzione di filtri assoluti con canister, alimentazioni elettriche e allarmi, necessarie in emergenza in modo da poter modificare il regime delle pressioni;
- la possibilità, per i responsabili sanitari delle aree, di avere sotto controllo lo stato delle pressioni attraverso sistemi di controllo semplici ma chiari (ad es. segnali ottici come quelli utilizzati per gli allarmi antincendio);
- le bocchette di ripresa in alto e sopra la testa di ciascun paziente;

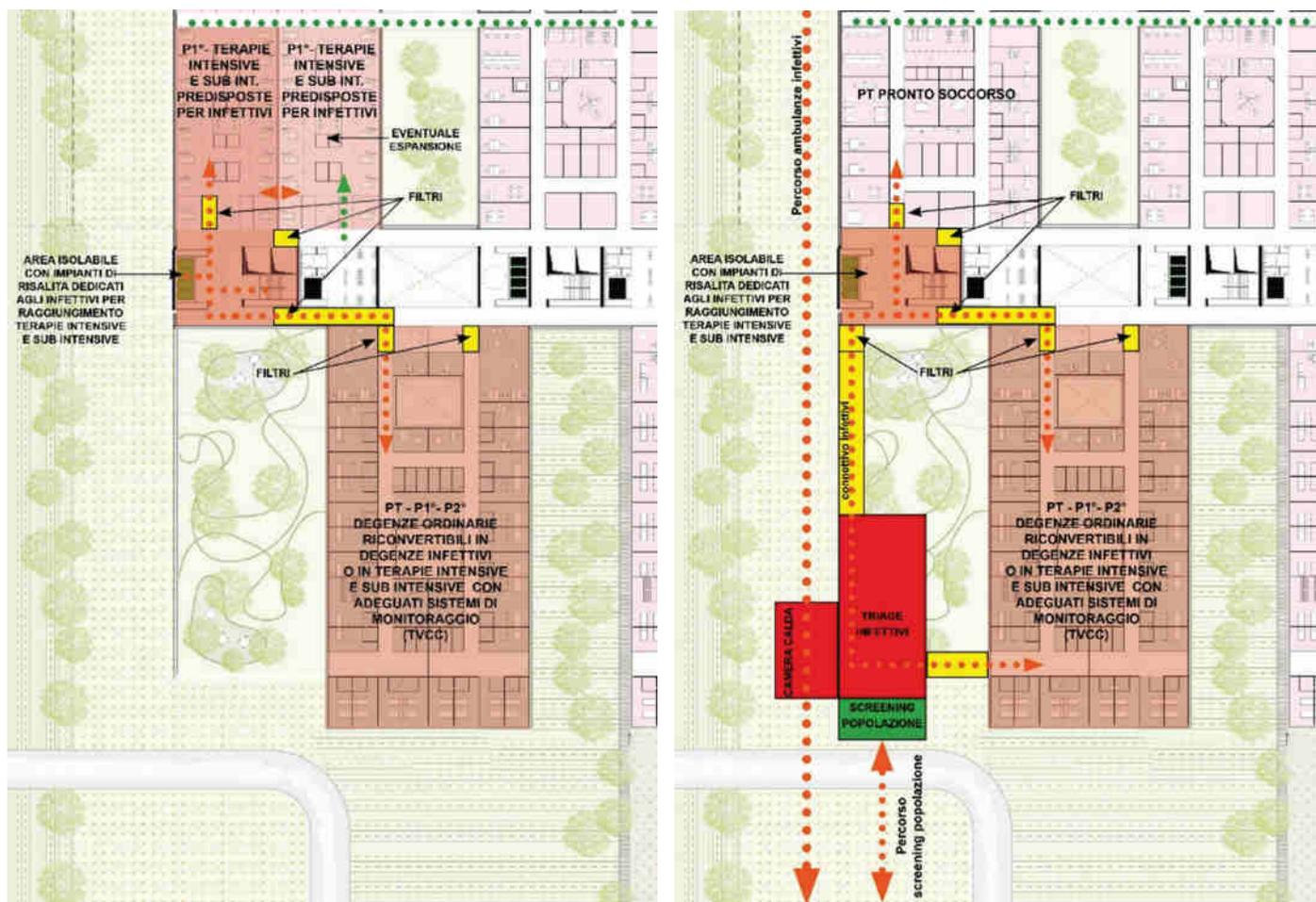
- una centrale e una rete di distribuzione dell'O<sub>2</sub> di dimensioni
- maggiorate o comunque rapidamente incrementabile.

I suggerimenti per la progettazione sono quindi così riassumibili:

- a. per le degenze indifferenziate da non convertire in futuro per un "Attacco Virale" (AV) il riferimento di ventilazione rimane quello derivante dal calcolo tradizionale con i ricambi determinati dai l/h persona dell'UNI 10339, in leggera sovrappressione e centrale di trattamento dell'aria anche remota a servizio di più reparti;
- b. per le degenze indifferenziate da convertire per "AV", dovrà essere disponibile una UTA di mandata e ripresa a portata variabile e dedicata con la portata di aria pulita necessaria per ridurre sia la carica virale prodotta o introdotta in ambiente, sia la saturazione di O<sub>2</sub> a livello di non pericolosità per visitatori e operatori, sia il mantenimento in depressione dell'ambiente previsto infetto; portata che deve comunque potersi ridurre, per ragioni economiche e di sostenibilità, al valore e alla configurazione di cui al punto precedente nei periodi di durante i quali l'ospedale non è in condizioni di emergenza pandemica. Pertanto sarà necessario valutare la convenienza a realizzare sin da subito l'impianto o progettare comunque gli spazi necessari per la sua eseguibilità a posteriori e solo in caso di necessità (Figura 4);
- c. si sconsiglia di realizzare ex novo tutte le degenze indifferenziate da convertire in letti di terapia intensiva infetti, poiché la richiesta minima di aria esterna è di sei vol/h e il carico termico strumentale endogeno è valutato in circa 40 W/m<sup>2</sup>. Questo determinerebbe un sovradimensionamento non sostenibile anche analizzando la componentistica elettrica necessaria e la sua classe di sicurezza;
- d. per le terapie intensive e sub intensive e per il pronto soccorso da utilizzare in caso di un "AV" il riferimento per la ventilazione sarà almeno quello previsto dalla normativa vigente, sempre che sia di qualità e quantità sufficiente alla diluizione e all'inversione delle pressioni in ambiente.
- e. ai fini della sostenibilità ed efficacia potrebbe essere consigliabile l'installazione di un sistema di misura e monitoraggio delle cariche inquinanti in modo da modificare in automatico le portate dell'aria di ventilazione, ma il progetto architettonico dovrebbe consentire di trattare come reparti autonomi quei letti di terapia intensiva e sub intensiva e l'area del Pronto Soccorso come reparti autonomi serviti da UTA dedicate di mandata e ripresa.

Per i casi c) e d) le camere, generalmente dimensionate per accogliere 2 p.l. (posti letto), dovrebbero essere riconvertite ad uso singolo oppure ogni letto potrebbe essere confinato all'interno di una tenda a biocontenimento, attrezzabile in caso di necessità.

In testa al reparto, si introducono dei filtri sanitari, che agendo sulla differenza di pressione dell'impianto ad aria (sovrappressioni e depressioni), consentano di ottenere pressioni invertibili.



■ Figura 4 – Esempio di segregazione di una parte di ospedale da destinare alle emergenze pandemiche [6]

Per le Sale Operatorie, tenuto conto delle prescrizioni espresse dalla UNI 11425, dovrà essere possibile isolare dal blocco operativo una o più sale che dovranno avere UTA dedicate di mandata e ripresa e in questo caso sarà l'analisi del rischio sanitario a definire se dovranno funzionare in pressione positiva, come da norma, o negativa per non diffondere l'infezione.

In ogni caso l'aria immessa ed espulsa da ambienti "Covid/AV" dovrà essere pulita, ovvero soggetta a filtrazione spinta tipo HEPA.

### LA DISTRIBUZIONE DELL'ARIA E GLI SPAZI TECNICI

In ogni caso per i nuovi reparti di degenza trasformabili per "AV" e per le terapie intensive si raccomanda di distribuire l'aria in modo che il lavaggio della stanza sia completo, con poca turbolenza e il più possibile unidirezionale dalla mandata a soffitto posta ai piedi del letto, alla bocchetta di ripresa posizionata a livello pavimento dietro la testata del letto stesso in modo da confinare al massimo la possibile sorgente.

Pertanto, in configurazione "AV", come detto in precedenza, le camere saranno preferibilmente singole o se a più letti questi dovranno venir separati da box trasparenti a tutta altezza e ogni box dovrà avere con il suo sistema di mandata e ripresa per evitare l'incrociarsi delle infezioni.

Ricordiamo, infine, che l'efficacia e l'efficienza della ventilazione dipende da molti fattori, quali:

- numero, tipo e posizione dei diffusori,
- numero, tipo e posizione dei diffusori;
- numero e posizione delle riprese, (come ha tristemente ricordato una delle prime ricerche che studiò il diffondersi della infezione Covid-19 in un ristorante cinese; [10])
- numero dei ricambi ora, posizione delle eventuali sorgenti calde interne, posizione ostacolante degli arredi, tipo e capacità di filtri.

Nella progettazione della nuova edilizia ospedaliera, al di là delle considerazioni fatte precedentemente, è comunque fondamentale fissare l'altezza interna interpiano dell'edificio che consenta almeno

1 m disponibile nel controsoffitto ovunque o, comunque, nel compartimento destinato alla sua riconfigurazione in quanto questi ambienti richiedono tassativamente:

- elevati tassi di ventilazione e una loro consistente possibile variazione;
- la gestione delle sovrappressioni;
- una particolare cura della distribuzione dei flussi d'aria di mandata e di ripresa in ambiente;
- una elevata possibilità di manutenzione e sanificazione delle condotte;
- una elevata filtrazione dell'aria immessa ed espulsa;
- più ampi e frequenti cavedi.

Di conseguenza è necessario che il progettista architettonico possieda nel proprio bagaglio culturale un'idea attendibile delle dimensioni necessarie per detti locali tecnici diffusi, in modo da poterli prevedere nella sua ipotesi di progetto sostanzialmente in modo corretto.

Per l'ipotesi di fabbisogno di superfici tecniche per soluzioni diffuse, si ricorda che la norma UNI-EN 16798-3 [11] dà alcune utili indicazioni in merito al fabbisogno minimo del locale in funzione della dimensione della centrale di trattamento dell'aria così come alla superficie necessaria per le unità di trattamento dell'aria.

## CONCLUSIONI

La tragedia determinata dalla pandemia dal Covid-19 e il tributo di vite umane pagato dal nostro Paese, ha dimostrato la fragilità delle nostre strutture ospedaliere e, come conseguenza, ha indotto direttori sanitari, igienisti e progettisti a rivedere le loro conoscenze e a studiare nuove strategie per contenere l'azione dei contaminanti e ridurre la diffusione.

Nonostante che, a distanza di tre anni dall'inizio della Pandemia siano state rese disponibili risorse ingenti per l'adeguamento delle strutture sanitarie e la realizzazione di una rete di cure territoriali quali gli Ospedali di Comunità, l'impegno di Università ed organismi di normazione, non ha ancora prodotto risultati in termini di parametri e indicazioni da utilizzare nella progettazione dei nuovi impianti.

In questo articolo è stato presentato lo stato dell'arte dello studio che CNETO ed AiCARR stanno portando avanti sul tema della resilienza delle strutture sanitarie con particolare interesse nella relazione tra gli impianti di ventilazione e condizionamento e la qualità dell'aria interna negli ambienti a rischio biologico.

Le attività di studio e collaborazione tecnica stanno proseguendo con l'obiettivo di rendere disponibili informazioni utili ai progettisti per progettare in sicurezza tutti quegli ambienti sanitari per i quali non esistono fonti normativa di riferimento.

## Gli autori **SUSANNA AZZINI**

*Libera professionista*

## **FRANCESCO RUGGIERO**

*Manen S.p.A.*

## Bibliografia

- [1] INAIL - Documento tecnico sulla possibile rimodulazione delle misure di contenimento del contagio da SARS-CoV-2 nei luoghi di lavoro e strategie di prevenzione – Aprile 2020
- [2] AiCARR - Posizione di AiCARR sul funzionamento degli impianti di climatizzazione durante l'emergenza SARS-CoV2-19 - Aprile 2020
- [3] REHVA - REHVA COVID-19 How to operate and use building services in order to prevent the spread of the coronavirus disease (COVID-19) virus (SARS-CoV-2) in workplaces -Aprile 2020
- [4] Istituto Superiore della Sanità - Rapporto ISS Covid-19 Indicazione ad interim per la prevenzione e gestione degli ambienti indoor in relazione alla trasmissione dell'infezione da virus SARS-CoV-2 – n.5/2020
- [5] CNI - Covid-19: documento di orientamento gestione impianti trattamento aria – Aprile 2020
- [6] G. Calace, A. Luperto, F. Ruggiero, N. Sannito - I nuovi ospedali per le emergenze pandemiche -Progettare per la sanità n°3/2021
- [7] AiCARR - IX GUIDA AiCARR - Edifici Ospedalieri: ventilazione e condizionamento a contaminazione controllata – 2022
- [8] W. Whyte, N. Lenegan, T. Eaton -Calculation of airborne cleanliness and air supply rate for non-unidirectional airflow cleanrooms -European Journal of Parenteral & Pharmaceutical Sciences 2016
- [9] G. Buonanno, L. Stabile, L. Morawska – Estimation of airborne virale mission: Quanta emission rate of SARS-CoV- 2 for infection risk assessment – Environment International Journal 141 2020
- [10] Kui-Biao Li's Lab - COVID-19 Outbreak Associated with Air Conditioning in Restaurant, Guangzhou, China,- Emerging Infectious Diseases 26 Aprile 2020
- [11] UNI EN 16798-3:2018 Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 3: Per gli edifici non residenziali - Requisiti prestazionali per i sistemi di ventilazione e di condizionamento degli ambienti (Moduli M5-1, M5-4)