

Gli aerei sono sempre più affollati, mentre la ventilazione è peggiorata e il comfort dei passeggeri è molto diminuito: esaminiamo le cause principali e le conseguenze di questo problema.

## La qualità dell'aria a bordo degli aerei

di Cristiano Vergani

*Da tempo il personale di volo lamenta una pessima qualità dell'aria negli aerei, denunciando pesanti conseguenze in termini di malessere, fino a configurare una vera e propria sindrome professionale. Purtroppo, negli ultimi anni la situazione appare ulteriormente peggiorata, mettendo a dura prova anche il comfort e la salute dei passeggeri.*

La rivoluzione portata dalle compagnie *low-cost* ha trasformato il volo in un fenomeno di massa: nel volgere di pochi anni il mondo è diventato molto più piccolo, non più solamente per un'élite di viaggiatori e di uomini d'affari, ma per un grandissimo numero di persone che trova conveniente usare l'aereo anche solo per un fine settimana di svago o di shopping. Questo fatto ha comportato una modificazione generale negli allestimenti interni degli aeromobili, anche per le Compagnie tradizionali. Infatti, è diventato evidente che i profitti si fanno solo trasportando pochi super ricchi a tariffe elevatissime, oppure una grande massa di persone a tariffe dai margini molto contenuti. Gli allestimenti "intermedi" stanno quindi scomparendo, a vantaggio di quelli estremi, sempre più esasperati. Ad esempio, il passo tra una fila di sedili e l'altra (*pitch*) nella classe economica è passato dai 86-91 cm degli anni '90 ai 79-81 cm dei primi anni 2000, per arrivare al limite odierno di circa 71 cm. Anche la larghezza dei sedili è andata riducendosi, fino a valori incredibilmente inferiori a 44 cm. Questo significa naturalmente un affollamento sempre maggiore (ed un elevato livello di stress per i passeggeri), mentre gli impianti di ventilazione sono rimasti gli stessi. Per di più, il repentino aumento del costo del carburante sta creando uno stato di grave tensione finanziaria in tutti i vettori, ed i piloti si trovano spesso nella necessità di ridurre il più possibile i consumi, compresi quelli dovuti all'impianto di ventilazione, che non sono affatto trascurabili.

## **La ventilazione sugli aerei di linea**

I moderni aerei passeggeri possiedono un impianto di ventilazione complesso, che assolve una serie di funzioni essenziali per il comfort e la sicurezza del volo: oltre al ricambio d'aria ed al mantenimento delle opportune condizioni termoigrometriche, esso è in grado di regolare in modo automatico il livello di pressurizzazione della cabina al variare della quota di volo. L'aria necessaria ad alimentare l'impianto non proviene direttamente dall'esterno, ma è prelevata per spillamento dai compressori dei turboreattori. Si tratta quindi di aria compressa ad elevata temperatura (30 bar a 650°C e 2 bar a 200°C, rispettivamente nello stadio terminale e nello stadio intermedio dei compressori, dove sono presenti i punti di prelievo). Un sistema di valvole, in prossimità del reattore, regola e miscela i flussi prelevati in modo da regolare portata, pressione e temperatura dell'aria in base all'impiego prevalente in un determinato momento (quest'aria è utilizzata anche per il sistema di scongelamento del ghiaccio sulle ali e per alimentare l'impianto generale pneumatico di bordo, che aziona vari servizi). Se l'aereo si trova ad un'elevata quota di crociera, il flusso destinato all'impianto di ventilazione viene innanzi tutto fatto passare da appositi reattori catalitici, per eliminare l'eccesso di ozono atmosferico, altrimenti è direttamente condotto alle unità principali di trattamento dell'aria, situate nella stiva in vicinanza degli attacchi alari. In queste unità la temperatura e la pressione dell'aria sono opportunamente regolate per la distribuzione in cabina, attraverso un sistema di condotte ramificato lungo la carlinga dell'aereo. Nelle unità si effettua una miscelazione al 50% con aria interna filtrata di ripresa, quindi l'impianto opera costantemente in condizioni di parziale ricircolo. L'umidità non è controllata: l'aria esterna immessa ne è praticamente priva ( $UR < 5\%$ ). Il vapore acqueo presente deriva solo dalla respirazione degli occupanti e dalle operazioni di cucina di bordo, ma si tratta di quantità del tutto insufficienti a garantire un livello adeguato di umidità relativa.

## **Esiste un problema di qualità dell'aria sui voli di linea ?**

Da una ventina di anni ad oggi, si assiste ad un crescendo di lamentele sulla qualità dell'aria a bordo degli aerei passeggeri, sia da parte del personale di volo, sia da parte dei passeggeri. Negli Stati Uniti ed in Europa sono state avviate numerose proteste organizzate dalle organizzazioni sindacali di piloti ed assistenti di volo, che lamentano numerosi malesseri (mal di testa, nausea, disturbi neurologici e carico del sistema respiratorio). Diverse organizzazioni per la difesa dei consumatori raccolgono e diffondono

le proteste di molti passeggeri, che riguardano varie patologie correlate al sovraffollamento ed alla riduzione degli spazi (aumento dello stress, rischio di trombosi venosa agli arti inferiori sui voli a lungo raggio ecc.) e sintomi più direttamente legati al peggioramento della qualità dell'aria, come secchezza delle mucose con irritazioni oculari, nasali e della gola, allergie, fastidio da odori molesti, facilità di contagio da raffreddore ed influenza.

Le compagnie aeree in genere tendono a minimizzare il problema, mentre le case costruttrici degli aerei, pressate dal diffondersi dell'allarme, hanno diffuso le specifiche degli impianti di ventilazione, vantando la filtrazione dell'aria di ricircolo con filtri ad altissima efficienza (HEPA) e valori di rinnovo dell'aria in volo compresi tra i 15 e i 20 ricambi/ora. Dal punto di vista storico, bisogna però rilevare che tutte queste lamentele sono iniziate in coincidenza con un importante cambiamento nella tecnologia degli impianti: nella generazione precedente di aerei passeggeri, fino alla fine degli anni '70, la ventilazione si effettuava con grandi volumi di aria esterna, senza ricircolo. Ciò era dovuto alla struttura dei motori a reazione allora utilizzati, poco efficienti, rumorosi e con molti difetti, ma che permettevano facilmente di utilizzare aria a volontà senza penalizzazione sui consumi di carburante. I turboreattori di nuova generazione, invece, pur essendo delle macchine estremamente evolute ed efficienti, permettono l'utilizzo di aria proveniente dallo stadio di compressione solo a scapito di una certa quota di potenza sottratta alle turbine, il che comporta un sensibile aumento dei consumi di carburante. Un altro aspetto da non sottovalutare, legato al prelievo dell'aria dai compressori, è legato alla possibile distribuzione di vapori di lubrificante o di liquido idraulico in pressione, per usura degli elementi di tenuta. Si tratta di un evento clamoroso in caso di rottura di una guarnizione, con la vaporizzazione e la diffusione del liquido (a causa delle alte temperature) sotto forma di un fumo denso e soffocante, ed il conseguente atterraggio d'emergenza immediato: il più delle volte, però, si hanno solo dei piccoli trafileggi per usura, che possono protrarsi indefinitamente prima di attirare l'attenzione dei manutentori, avvelenando per lunghi periodi di tempo il personale di volo ed i passeggeri. A questo problema gli esperti fanno risalire gran parte delle lamentele raccolte tra gli utenti di alcuni particolari aerei, noti per essere particolarmente maleodoranti ed inospitali, alcuni dei quali hanno subito, in seguito, incidenti da "fumo a bordo". E' da rimarcare che i lubrificanti ed i fluidi idraulici usati sugli aerei contengono numerosi ed abbondanti additivi pericolosi, tra i quali alcuni composti organo-fosforati neurotossici (chimicamente affini agli insetticidi e ad alcuni agenti usati nelle armi chimiche).

Quello che le compagnie omettono di dire, è che con il progressivo aumento dei costi del

petrolio, sono molto diminuite le scorte di sicurezza del carburante previste per le manovre di emergenza, specialmente sui voli di lunga durata. I piloti, giustamente preoccupati di mantenere un buon margine di sicurezza per gli imprevisti, tendono ad economizzare i consumi di volo, con vari espedienti. A volte, non possono evitare di ridurre la portata di ventilazione in volo, ma, ancora più di frequente, evitano di tenere accesi i motori durante le eventuali lunghe attese per avere pista libera per il decollo, oppure per interventi straordinari di manutenzione a passeggeri già imbarcati, come a volte purtroppo accade. Questo è proprio il caso più pericoloso per la qualità dell'aria, perché la ventilazione può cessare del tutto per periodi anche di ore, con i passeggeri a bordo sotto stress perché esasperati dall'attesa (quindi producendo una maggiore quantità di anidride carbonica e di bioeffluenti). Il personale di bordo in genere provvede a mantenere aperti i portelli di imbarco, ma la circolazione naturale dell'aria in queste condizioni è quasi inesistente rispetto al fabbisogno. Una volta partiti, per ripristinare delle condizioni confortevoli serve un lungo periodo di tempo (alcuni studi hanno rilevato che, nonostante i tassi di ricambio denunciati dai costruttori degli aerei, servono più di tre ore di volo per ricambiare completamente l'aria della cabina di molti aeromobili). In queste condizioni, al di là del disagio dovuto alla scarsa ventilazione (stress termico, abnorme aumento dell'anidride carbonica ecc.) il rischio maggiore è legato all'eventuale presenza di uno o più passeggeri affetti da una malattia trasmissibile per via aerogena, come raffreddore, influenza o tubercolosi: starnuti e colpi di tosse possono in breve saturare l'ambiente di un aerosol infetto che non è possibile disperdere o filtrare, causando un elevatissimo rischio di contagio generalizzato.

### **Possibili rimedi**

Nonostante le posizioni ufficiali tendenti a minimizzare il problema, i costruttori di aerei sono assolutamente consapevoli dell'esistenza di un problema relativo alla qualità dell'aria interna. Infatti, investono costantemente molte risorse in lavoro di progettazione, di ricerca e di verifica delle prestazioni degli impianti di ventilazione, anche perché si tratta di un importante argomento correlato alla sicurezza anti-terrorismo (basti pensare alla possibilità disperdere delle tossine o degli agenti infettanti su un volo di linea) ed anche perché vi sono ampi margini di miglioramento nell'efficienza energetica del sistema, a tutto vantaggio dei consumi di carburante.

Gli impianti di nuova generazione prevedono l'impiego di filtri ad ampio spettro sull'aria di

ricircolo, in grado di abbattere efficacemente anche sostanze tossiche ed inquinanti sotto forma di gas. Sono in sperimentazione diverse soluzioni basate sui filtri per gas già ampiamente utilizzati in ambito militare, a base di varie miscele di carboni attivi e di catalizzatori. Per l'inattivazione rapida delle cariche infettanti è invece prevista l'installazione di lampade a raggi ultravioletti nei condotti e nelle unità di trattamento. Un ruolo molto importante, per la prevenzione della diffusione accidentale o dolosa di sostanze tossiche od infettanti, sarà riservata all'abbondante utilizzo di sensori, in grado non solo di rilevare la presenza dei contaminanti, ma di identificarli con precisione in modo da intervenire nel modo più efficace possibile sulla regolazione dell'impianto per contrastarne la diffusione. Ad esempio, sarà possibile variare la quota di ricircolo e la portata istantanea di aria esterna in base alla strategia più efficace di eliminazione di un particolare contaminante, oppure segnalare agli occupanti la necessità immediata di ricorrere alle mascherine di emergenza in caso di rilevazione di un rischio di elevata entità. Nell'attesa della comparsa di questi nuovi impianti sugli aerei di tutti i giorni, la cosa più prudente da fare, prima di pianificare un volo, è quella di informarsi molto bene sfruttando l'esperienza dei viaggiatori precedenti: su Internet sono disponibili dei siti molto accurati che, basandosi sulle testimonianze degli utenti, sono in grado di segnalare le compagnie da evitare per notoria trascuratezza del comfort e della salute dei passeggeri ed addirittura i singoli aerei o i singoli posti di un determinato aereo da scartare accuratamente al momento della prenotazione.

**Siti di approfondimento su Internet**

<http://www.boeing.com/commercial/cabinair/index.html> Pagina dedicata alla descrizione degli impianti di ventilazione sugli aerei Boeing

<http://www.suffocatingtraveler.com/> Sito dedicato al problema della cattiva qualità dell'aria sui voli di linea

<http://www.seatexpert.com/index.html> Guida alla scelta del sedile migliore da prenotare, con la mappa della disposizione dei sedili di molti aerei di 59 compagnie diverse



**Figura 1**

Classe Executive (sopra) e classe Economy di un moderno Boeing 777 a confronto: nello stesso spazio trova posto più del triplo dei passeggeri, ma la portata di ventilazione rimane la stessa (in alcuni allestimenti è addirittura inferiore). In volo la differenza è ben avvertibile, ma non drammatica. Quando l'apparecchio è a terra, se l'attesa si protrae un po' troppo, i motori vengono spenti e con essi la ventilazione. Qualche compagnia in questi casi affitta un carrello generatore di appoggio, qualche altra invece no, con le immaginabili conseguenze.

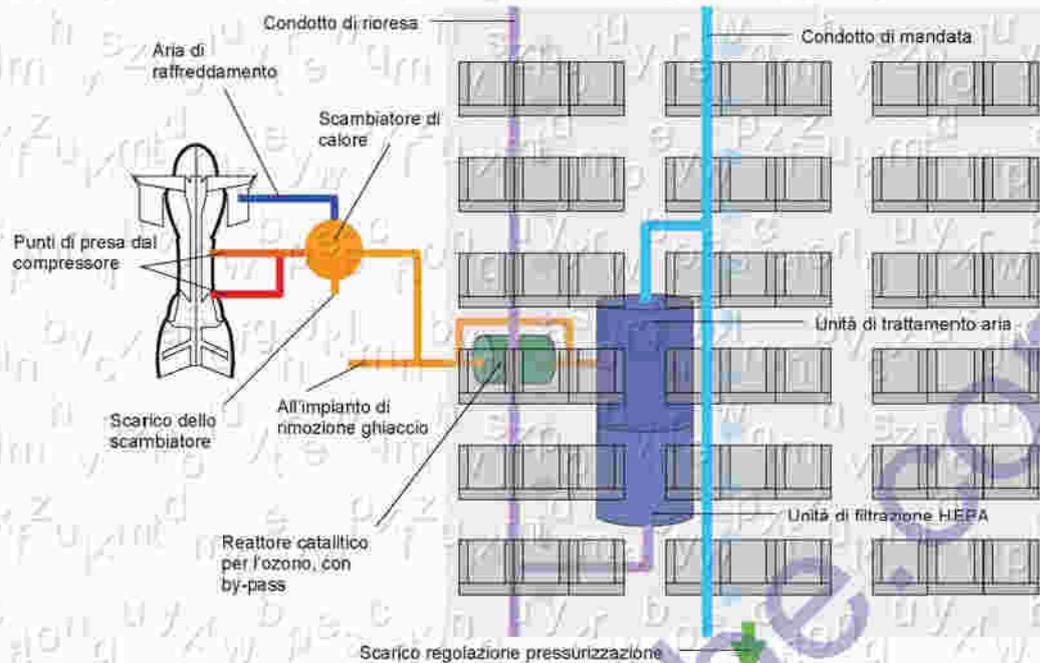


Figura 2

L'aria esterna per la ventilazione viene prelevata dai compressori dei turboreattori. Se necessario, viene depurata dall'ozono, quindi miscelata al 50% con aria di riciclaggio filtrata (con filtri per particelle, i gas e gli odori non vengono filtrati), trattata termicamente e diffusa nella cabina. In genere esistono almeno due impianti gemelli, alimentati da due diversi motori. Una apposita valvola di scarico regola la sovrappressione interna, in modo da mantenere una pressurizzazione minima, nel peggiore dei casi, corrispondente a circa 2500 m di quota.

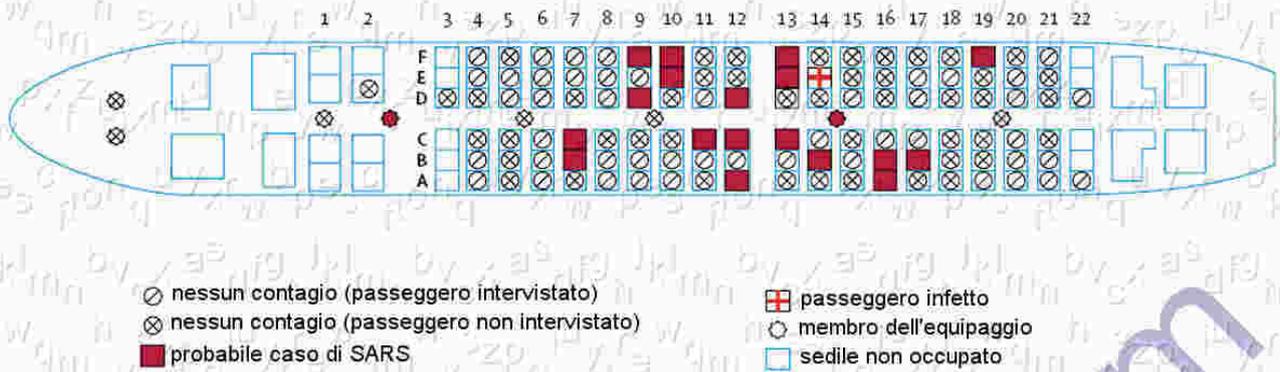
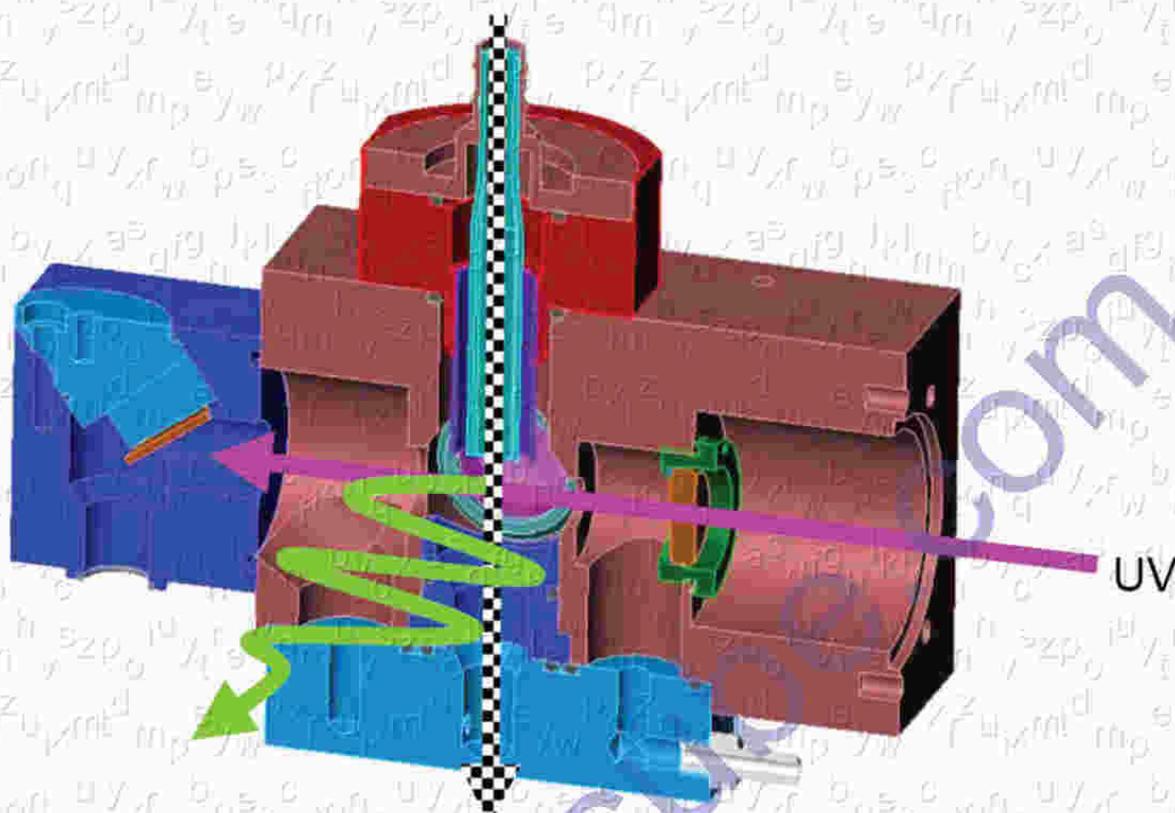


Figura 3

Diagramma dei contagi di SARS (polmonite da coronavirus) causate dalla presenza di un passeggero infetto su un volo Hong Kong – Pechino, della durata di 3 ore, il 15 marzo del 2003, uno dei cinque casi documentati su voli di linea. La trasmissione di virus influenzale, molto più diffusa, è stata studiata in tre casi: in uno di questi, il 75% dei passeggeri è stato contagiato durante una sosta forzata di tre ore sulla pista, con impianto di ventilazione spento.

**Figura 4**

Gli impianti di ventilazione per aerei saranno governati, nel prossimo futuro, da sensori molto sofisticati per la rilevazione e l'identificazione immediata dei contaminanti. Nell'immagine un contaparticelle / spettrofotometro a fluorescenza stimolata da laser ad ultravioletti. Questo strumento è in grado di determinare in tempo reale la concentrazione e la natura fisico-chimica-biologica del particolato in sospensione nell'aria.