

Cristiano Vergani
Responsabile R & S
Deparia Engineering S.r.l.
Email: cristiano.vergani@deparia.com

La qualità dell'aria a bordo delle navi civili e militari

L'ambiente navale, caratterizzato da spazi ristretti ed elevati indici di affollamento, è di frequente soggetto a notevoli problemi di cattiva qualità dell'aria. Per una migliore tutela della salute e del comfort del personale marittimo e dei passeggeri, è necessario mettere in atto specifici accorgimenti di progettazione degli impianti di condizionamento dell'aria ed una serie di misure preventive.

Nell'ambiente navale, a causa dei volumi ridotti, dell'elevato indice di affollamento, delle condizioni ambientali e delle particolari caratteristiche degli impianti di condizionamento dell'aria, i problemi causati da una cattiva qualità dell'aria possono assumere un rilievo particolarmente accentuato. A volte, le conseguenze possono assumere un'entità rilevante, con episodi da vera e propria emergenza sanitaria. Più di frequente, le conseguenze sono meno eclatanti, ma non per questo meno gravi: il personale e i passeggeri sono costretti a convivere con livelli inaccettabili di inquinanti chimici e biologici, con ripercussioni più o meno sensibili in termini di benessere e di salute. Infatti, la qualità dell'aria incide direttamente sul comportamento delle persone, modificando il livello di attenzione, il rendimento, la capacità di concentrazione. In sintesi, una cattiva qualità dell'aria determina, oltre ad una diminuzione del comfort ed ad un incremento del rischio di contrarre patologie, una sensibile diminuzione nella qualità delle prestazioni individuali e collettive. Tale diminuzione può assumere una diversa importanza in relazione alle specifiche situazioni: ad esempio, in un normale ambito di lavoro generico, può comportare principalmente delle conseguenze di ordine funzionale (scarso rendimento, disaffezione, assenteismo). In ambiti più critici, come quelli legati ad attività che richiedono un elevato livello d'attenzione (attività di manovra, di sorveglianza, di supporto alla vita, conduzione di processi pericolosi) le conseguenze, oltre al decadimento prestazionale, potrebbero essere letali o addirittura catastrofiche. La nave, oltre a costituire un mezzo di trasporto collettivo, concentra in sé gran parte delle ambientazioni tipiche delle comunità umane: sulle grandi navi ritroviamo ambienti alberghieri, di

spettacolo, sanitari, di lavoro e di servizio (i più diversi, come uffici, cucine, lavanderie, officine) e così via, ognuno con le proprie specifiche particolarità. Si comprende quindi, quanto sia complesso affrontare il tema della qualità dell'aria in ambito navale, in particolare sui mezzi militari, dove le condizioni legate alla tipologia di nave, alla destinazione d'uso e all'ambito operativo, possono portare a situazioni particolarmente critiche. Sui mezzi navali militari, la qualità dell'aria è un argomento di primo piano in relazione al rischio di contaminazione proveniente da agenti esterni (rischio Nucleare, Batteriologico, Chimico). Per questo motivo, sono state sviluppate numerose difese efficaci per impedire l'ingresso degli agenti nocivi esterni nelle strutture e negli impianti di trattamento dell'aria. Poco invece è stato fatto per prevenire le contaminazioni causate da fonti interne (bio-effluenti rilasciati dal personale, esalazioni provenienti da materiali costruttivi, di arredo o utilizzati per lavorazioni interne, esalazioni da depositi di materiali nocivi o maleodoranti, contaminanti da proliferazioni batteriche e fungine, polveri ambientali, sporcizia depositata nelle condotte di ventilazione ecc.). Del tutto particolari, sono poi gli aspetti relativi alla qualità dell'aria dei mezzi sommergibili e sottomarini, dove, per periodi tempo più o meno prolungati, è necessario rinunciare completamente alla ventilazione con aria esterna.

Il problema della qualità dell'aria in ambito navale

Escludendo le problematiche di ordine operativo-militare, che esulano dalla nostra trattazione (situazioni di belligeranza o di attacco terroristico con agenti NBC), il livello di qualità dell'aria a bordo è determinato da tre fattori concomitanti:

- il flusso positivo di massa delle fonti di contaminazione, interne ed esterne,
- il flusso negativo di massa degli apparati di sequestro o degradazione dei contaminanti,
- la portata di aria esterna decontaminata di ricambio a scopo di diluizione.

L'interazione di questi tre fattori determina il livello di concentrazione dei contaminanti ambientali in sospensione nell'aria interna. Tali contaminanti, che possono avere natura fisico-chimica assai diversa (polveri, gas, vapori, microrganismi) formano una miscela eterogenea che può assumere caratteristiche differenti (composizione, variabilità della concentrazione nel tempo e nello spazio) in relazione alla tipologia dei locali, cioè alla natura delle fonti ed alle caratteristiche dell'impianto di ventilazione o condizionamento dell'aria. L'esposizione a questa miscela di inquinanti comporta quindi una serie di

conseguenze a carico delle persone e degli equipaggiamenti ospitati all'interno degli ambienti confinati.

Lo scenario generale si può sinteticamente suddividere in quattro classi di ambiente:

- ambienti di servizio e di deposito;
- ambienti operativi;
- ambienti dedicati all'alloggiamento del personale e alle attività non operative;
- ambienti speciali con esigenze particolari di qualità dell'aria (locali sanitari – sala chirurgica, confinamento infettivi; locali ad alta densità di apparecchiature sensibili – elaborazione dati)

In letteratura esistono pochi lavori di riferimento specifici sulla qualità dell'aria in ambito navale: in genere, per indice di affollamento e ricambi d'aria raccomandati, si considerano gli ambienti navali sovrapponibili agli ambienti dei mezzi di trasporto collettivo in genere, per i quali esiste ampia disponibilità di dati.

Esistono alcune situazioni tipiche che si possono riscontrare frequentemente sulle navi, legate a fenomeni di ripresa di emissioni ad alta concentrazione di inquinanti: infatti, in uno spazio molto ridotto si ritrovano numerosi scarichi in atmosfera (rilascio di prodotti di combustione, sfiati di depositi di acque nere o di carburanti) a breve distanza dalle prese d'aria esterna per la ventilazione. Nonostante l'osservanza di precise regole tecniche, che specificano quota relativa, distanza e direzionalità dei vari punti di emissione e di presa, è frequente la possibilità di momentanei o prolungati fenomeni di rientro degli inquinanti espulsi. Si tratta di eventi che si possono fortemente accentuare durante i periodi di stazionamento nei porti, quando numerose navi sono ormeggiate a breve distanza le une dalle altre, a volte con i generatori elettrici a pieno servizio per garantire l'erogazione dell'energia alle varie utilità di bordo.

Problemi frequenti	Incidenza sulla qualità dell'aria			Valori di riferimento			
	Ambienti di lavoro non industriali	Ambienti di uso collettivo	Mezzi di trasporto collettivo	T°C	UR %	Vel.m/s	
Discomfort microclimatico	●●	●●	●●●	Inverno	20-21	30-40	0,15-0,20
				Estate	25-26	50-60	0,15-0,18
Discomfort olfattivo	●●	●●	●●●	1,4-0,6 Decipol			
				Valori inferiori alla soglia olfattiva delle singole sostanze coinvolte.			
CO2 in eccesso	●●	●●●	●●●	≤500 ppm			
Fumo di tabacco	●●●	●●●	●●●	PM n.d.*; VOC n.d.*			
Polverosità	●●	●●	●●●	Vedi Tabella 2			
Sostanze Organiche Volatili	●●	●●	●●●	In mancanza di limiti specifici, osservare valori inferiori alle soglie stabilite per gli ambienti di lavoro (TLV-USA, MAK, RDT, AQG-OMS). Per i cancerogeni riconosciuti (vedi lista pubblicata dallo IARC) non esiste un limite inferiore di sicurezza: le fonti devono essere eliminate o ridotte al minimo possibile. Vedi inoltre Tabella 2			
Contaminanti biologici (muffe, lieviti, batteri)	●●	●●	●●●	< 100 UFC/ m ³			

Tabella 1 – Incidenza dei problemi di qualità dell'aria in diverse categorie di ambienti collettivi

I principali problemi legati alla qualità dell'aria assumono un'importanza relativa differente in base alla categoria ambientale coinvolta, mentre i parametri di riferimento sono comuni ai vari ambienti. I mezzi di trasporto collettivo (ai quali possiamo assimilare le navi) rappresentano l'insieme di ambienti più critico. Per i parametri legati al comfort valgono le indicazioni riportate dalle norme UNI 10339 e UNI 13779. Per il discomfort olfattivo vedi ad es. Report 11 del doc. EUR 14449 EN. L'elenco completo degli agenti biologici classificati come pericolosi per l'uomo (batteri, funghi, virus) è reperibile nell'allegato XI del D.M. 12 novembre 1999.

*In base a quanto stabilito dall'articolo 51 della legge 16 gennaio 2003, n. 3, è possibile rinviare solo le locali espressioni e le prelievi per i fumatori, averti caratteristiche e calcolate fissate dal DPCM 23 dicembre 2003. Il fumo di tabacco fa parte delle sostanze ufficialmente dichiarate cancerogene dallo IARC, per le quali non esiste limite di esposizione considerato sicuro.

Inquinanti e valori limite di riferimento

Per determinare il livello di qualità dell'aria, è impossibile riferirsi a tutti i possibili inquinanti presenti, stimabili in centinaia di molecole differenti. Per questo motivo, ci si deve riferire ad inquinanti cosiddetti *marker*, cioè ognuno rappresentativo di una ben determinata classe, ben identificata per tipologia chimico-fisica ed effetti sulla salute e sull'ambiente. Gli inquinanti riportati in Tabella 2 rappresentano il riferimento più aggiornato reperibile nella normativa italiana per quanto riguarda l'inquinamento indoor. E' allo studio l'inserimento di valori limite per quanto riguarda i contaminanti biologici. Un possibile dato di adozione è quello riportato in Tabella 1 ($< 100 \text{ UFC/m}^3$).

Inquinante	Tempo di esposizione	Valore limite di concentrazione in aria	
		$\mu\text{g/m}^3$	ppm
CO	8 ore	10000 ^a	9
Particolato PM10	anno	40 ^a	-
PM 2,5	anno	15 ^a	-
Totale	anno	100 ^b	-
Ozono	8 ore	120 ^b	0,06
COV (Composti Organici Volatili) totali	-	400 ^c	-

^a DM n.60 02/04/2002 (dopo il 01/01/2010 il valore sarà ridotto al 50 %).

^b WHO AQG 2000

^c NOR (NHD)(1990).

Tabella 2 – valori limite raccomandati di concentrazione per inquinanti indoor

I livelli di CO, Particolato Totale, Ozono e COV rappresentano i livelli di riferimento che non devono essere superati, grazie all'azione dell'impianto di trattamento dell'aria: in presenza di altri inquinanti specifici noti, l'impianto in funzione dovrà inoltre permettere il rispetto dei corrispondenti limiti indicati dalla O.M.S. e/o qualunque altro limite corrispondente stabilito dai vigenti provvedimenti legislativi sulla qualità dell'aria. I metodi di misura delle concentrazioni dovranno essere conformi a quanto riportato in "Air quality guidelines for Europe" emanata da "World Health Organization Regional Office for Europe". (adattato da prUNI 10339:2006)

Possibili tecnologie e modalità di intervento

La strategia di intervento d'elezione prevede sempre e innanzi tutto il controllo delle fonti di inquinanti: per tale motivo, prima di ipotizzare qualunque intervento impiantistico, occorre uno studio che permetta di individuare precisamente tutte le fonti presenti a bordo e di quantificare il loro apporto localizzato e generale al livello di qualità dell'aria. Per quanto possibile, si dovrà quindi procedere allo studio delle misure per contenere il livello di emissione delle fonti stesse. Un corretto trattamento delle fonti è essenziale per contenere il dimensionamento degli impianti entro un buon margine di fattibilità e di convenienza economica, sia nel momento della progettazione e dell'installazione, sia per quanto riguarda le procedure di manutenzione.

Il passo successivo consiste nella scelta delle tecnologie idonee al trattamento degli inquinanti interni in relazione alle caratteristiche generali dell'applicazione e delle caratteristiche particolari dei singoli ambienti.

In generale, si può dire che l'ambito navale si distingue per l'estrema razionalizzazione degli spazi tecnici a disposizione. Questo aspetto si riflette inevitabilmente nella scelta di componenti molto compatti e nell'adozione di tecnologie in grado di assicurare la massima efficacia in condizioni più critiche rispetto al normale ambito residenziale o del terziario. In particolare, si tratta di operare su flussi d'aria in movimento a velocità più elevate del consueto, un aspetto aggravato dall'impossibilità di ricavare dei plenum di grandi dimensioni. Tutte le tecnologie impiegabili per il disinquinamento dell'aria (filtrazione ad alta efficienza, assorbimento ed adsorbimento, disinfezione chimico-fisica) dipendono, in misura diversa, dalla velocità dell'aria. Ciò limita, come prima conseguenza, la possibilità di adottare della componentistica nata per essere utilizzata nella ventilazione generale. Nella maggior parte dei casi, per ottenere delle prestazioni adeguate, si dovrà ricorrere a componenti espressamente progettati e realizzati per l'impiego di bordo.

La Figura 1 riassume in un unico schema le possibili modalità di trattamento dell'aria presenti nella totalità dei casi. Per limitarci alle modalità più comuni, il trattamento dell'aria può essere operato sull'aria apportata al locale (aria di apporto, SUP), oppure può essere operato sull'aria già contenuta nel locale (aria secondaria, SEC). Il primo caso è riservato ai locali dove le fonti più importanti di inquinante si trovano esternamente al locale stesso; il secondo caso riguarda i locali con importanti fonti interne. A volte, è necessario intervenire con entrambe le modalità.

In dipendenza della tipologia preponderante degli inquinanti, e della modalità di trattamento prescelta o di possibile applicazione, è quindi necessario selezionare i componenti da adottare per l'abbattimento delle concentrazioni. In presenza di inquinanti particellari, si dovranno adottare filtri adeguati al diametro e alla quantità del particolato da trattare, mentre per le sostanze in fase gassosa o di vapore, si dovranno prevedere dei dispositivi dotati di capacità chemi-adsorbente (carboni attivi), chemi-assorbente (filtri chimici) od ossidativa (filtri catalitici). In presenza di contaminanti biologici (batteri, muffe, virus), si impiegheranno dispositivi in grado di ottenere uno stato di sterilizzazione (lampade UVC) o di inibizione della replicazione (ionizzatori negativi). Naturalmente, è possibile intervenire con varie combinazioni di questi elementi quando siano presenti contemporaneamente diverse tipologie di inquinanti. Si può anzi affermare che quest'ultimo sia il caso di più frequente riscontro.

E' possibile intervenire in tempo reale durante l'occupazione dei locali e la normale operatività degli stessi; è possibile inoltre intervenire, con modalità diverse, mentre i locali non sono occupati, con operazioni volte alla disinfezione e alla decontaminazione dell'impianto e dei locali stessi. Tali modalità saranno discusse più avanti.

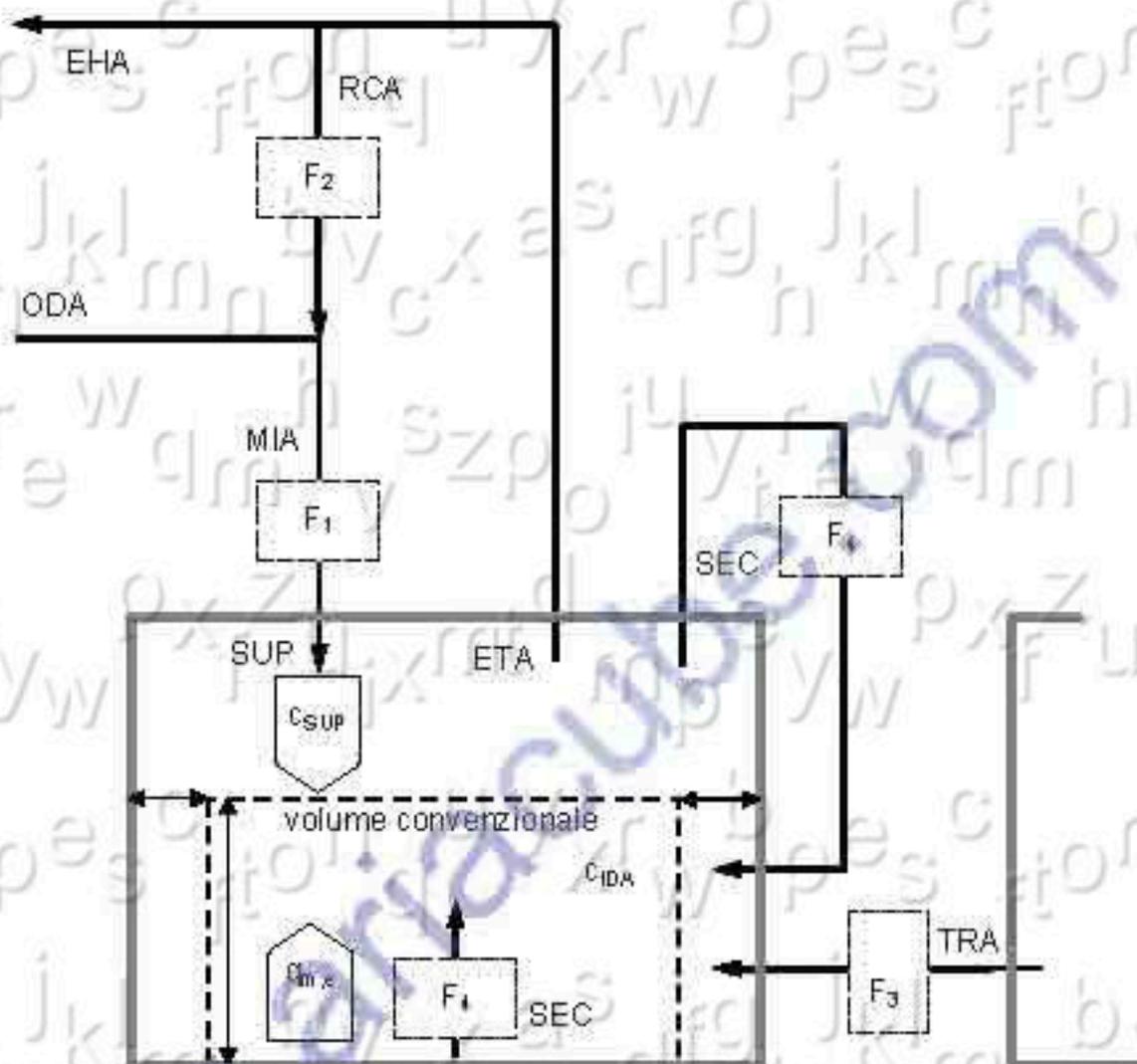


Figura 1 - Schema che illustra le possibilità di controllo degli inquinanti interni per mezzo dell'impianto di trattamento dell'aria.

ODA aria esterna; RCA aria ricircolata; EHA aria espulsa all'esterno; MIA aria miscelata; SUP aria di apporto; SEC aria secondaria; ETA aria estratta; TRA aria di trasferimento; C_{SUP} concentrazione inquinanti nell'aria di apporto; $q_{m,e}$ flusso di massa delle fonti di inquinanti; C_{IDA} concentrazione degli inquinanti nel volume convenzionale; F1, F2, F3, F4, possibile posizionamento degli apparati di filtrazione. (tratto da prUNI 10339:2006)

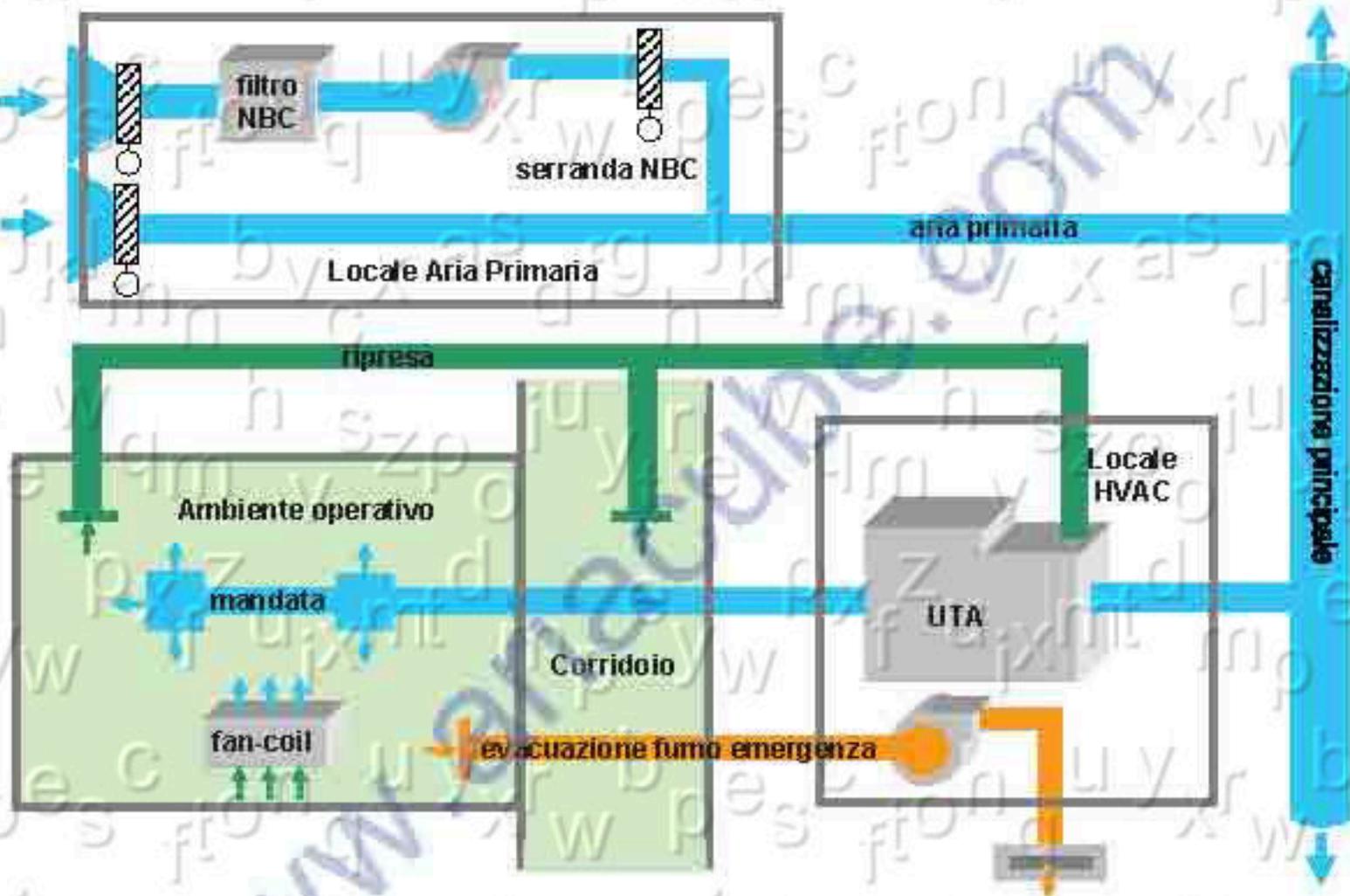


Figura 2 – Schema di una sezione di un tipico impianto HVAC navale

Nel locale aria primaria è riportata anche la sezione NBC in uso sulle navi militari: in caso di attacco, si esclude la presa d'aria normale e si attiva la presa d'aria filtrata con filtri NBC.

Controllo dei parametri termoigrometrici

L'adozione dei corretti parametri di comfort estivi ed invernali per le persone (vedi Tabella 1), in genere rende poco probabile la replicazione massiccia degli inquinanti biologici, tuttavia, in diversi locali sono consentiti dei limiti termoigrometrici più ampi che, in alcuni casi, possono favorire la replicazione di batteri (specialmente *legionella* spp. - locali tecnici destinati all'impianto idrico e HVAC - *salmonella* spp., *escherichia Coli*, *enterobacter* spp. - locali ad elevata frequentazione ecc.). In questi casi, dove sia impossibile ricondurre i valori entro limiti più ristretti, si dovranno mettere in atto tutti gli accorgimenti destinati all'inattivazione delle cariche infettanti presenti.

Condotte con rivestimenti anti-batterici e catalitici

Sono attualmente reperibili sul mercato delle condotte rivestite internamente con uno strato di materiale in grado di inattivare i contaminanti biologici (ioni Argento) o di ossidare le sostanze organiche volatili in presenza di radiazione luminosa ultravioletta o visibile di adeguata intensità (Titanio biossido). Esistono anche delle soluzioni o delle vernici da applicare all'interno di condotte esistenti per esplicare le stesse funzioni. L'efficacia di questi dispositivi rimane in gran parte da verificare, ma pare ragionevole attendere una certa efficacia a patto di utilizzare aria preventivamente filtrata in modo adeguato. La presenza di depositi consistenti di polveri potrebbe infatti rendere completamente inefficaci questi trattamenti superficiali.

Manutenzione e pulizia delle condotte

Qualsiasi intervento per abbattere gli inquinanti rischia di essere inefficace se non accompagnato da una scrupolosa e puntuale manutenzione delle condotte.

Esistono delle regole precise (vedi riferimenti normativi) che indicano tutte le procedure da adottare per garantire l'assenza di trafilaggi e di depositi nelle condotte per il trasporto dell'aria. In ambito navale, può succedere che vi siano particolari difficoltà a garantire tutti gli spazi necessari per l'ispezione e la pulizia generale delle condotte per quanto possibile, si dovranno prevenire tali difficoltà in sede di progetto d'impianto. In molti casi, si dovrà comunque ricorrere a particolari tecnologie per provvedere alla pulizia periodica delle canalizzazioni (sonde robotizzate dotate di telecamera e dispositivi di pulizia meccanici o ad aria compressa)



Figura 3 – Depositi di polveri sulla superficie interna delle condotte

Una filtrazione insufficiente e la presenza di infiltrazioni possono provocare un eccessivo sporcamento della superficie interna delle condotte

Filtrazione dell'aria

I principali strumenti per l'abbattimento degli inquinanti aerotrasportati sono i filtri: accanto ai filtri tradizionali a funzionamento meccanico o chimico, sono oggi disponibili numerosi dispositivi di nuova generazione, in grado di offrire prestazioni irraggiungibili con le tecnologie tradizionali. L'importanza di questi filtri innovativi è tanto maggiore quanto più sono critiche le condizioni operative (ovvero lontane dai normali parametri della ventilazione generale civile).

Filtrazione convenzionale

Le macchine di corrente impiego nel settore HVAC, anche in ambito navale, sono normalmente dotate di filtri adatti per polveri grossolane, normalmente di classe G3 (secondo la classificazione della norma EN 779). La funzione di tali filtri è normalmente solo quella di proteggere le batterie di scambio termico o le altre componenti di impianto, non certo quella di garantire una adeguata qualità dell'aria. A titolo di esempio, è utile riportare le raccomandazioni più aggiornate della normativa europea per quanto riguarda la filtrazione dell'aria nell'ambito del condizionamento non residenziale (EN 13779).

Qualità dell'aria esterna	Qualità dell'aria interna			
	IDA1 (alta)	IDA2 (media)	IDA3 (moderata)	IDA4 (bassa)
ODA1 (aria pura)	F9	F8	F7	F5
ODA2 (aria polverosa)	F7+F9	F5+F8	F5+F7	G4+F5
ODA3 (aria molto polverosa)	F7+F9	F8	F7	F5
ODA4 (presenza di polveri e gas)	F7+F9	F5+F8	F5+F7	G4+F5
ODA5 (polveri e gas ad elevata concentrazione.)	F5+GF+F9*	F5+GF+F9*	F5+F7	G4+F5

* GF = Gas filter (carbon filter) and/or chemical filter

Tabella 3 – Classi di filtrazione raccomandate sulle unità filtranti (definizioni delle classi in accordo con EN 779) (adattato da prEN 13779:2005)

Come si può vedere, per ottenere un adeguato livello di qualità dell'aria, occorrono uno o più filtri in serie di classe F, eventualmente con l'aggiunta di un filtro per gas. In alcuni casi, l'efficienza di filtrazione necessaria può essere ancora superiore, imponendo l'adozione di filtri di tipo HEPA (classe H secondo EN 1822). In genere, si tratta di filtri realizzati a piccole pieghe in carta speciale. L'efficacia di tali filtri è senz'altro notevole: esistono però diversi problemi che ne rendono difficoltosa, o a volte impossibile, l'adozione. In particolare, i filtri meccanici ad alta efficienza sono caratterizzati da perdite di carico molto elevate, che aumentano sempre di più durante la vita operativa. Si tratta di centinaia di Pa a filtri nuovi. L'eventuale presenza di filtri per gas a carbone attivo può portare all'ulteriore raddoppio di tali perdite di carico. Ne consegue che la parte ventilante deve essere progettata per assicurare la portata d'aria nominale anche in presenza di perdite di carico molto elevate. Ovvero, ciò comporterebbe costi, rumorosità ed ingombri di entità molto elevata. Inoltre, non è pensabile di installare filtri ad alta efficienza in un impianto non predisposto all'origine, perché è in genere impossibile dimensionare a posteriori delle unità ventilanti maggiorate. Per ovviare a questi inconvenienti, è spesso necessario ricorrere ad altre tipologie di filtri (filtri elettrostatici, filtri innovativi ad alta tecnologia), caratterizzate da perdite di carico molto inferiori.

Filtrazione con filtri innovativi

Il problema del retrofit con filtri ad alta efficienza è particolarmente complesso negli impianti navali, visti i vincoli connessi a questa particolare applicazione. Di conseguenza, si tratta di un caso ideale per l'impiego dei filtri di nuova generazione, capaci di coniugare efficienze elevate e perdite di carico contenute. In particolare, le tecnologie catalitiche si prestano particolarmente, a causa dello spettro d'azione esteso alla quasi totalità delle sostanze inquinanti gassose. I filtri elettrostatici hanno una lunga tradizione di impiego in questo settore, e ancora oggi si possono rivelare insostituibili per le loro particolari caratteristiche, magari in versione aggiornata per estenderne il campo d'azione e semplificarne la

manutenzione. Attualmente sono infatti disponibili filtri elettrostatici in grado di agire anche sugli inquinanti gassosi, e che possono essere integralmente o parzialmente sostituiti a fine vita operativa, eliminando la consueta necessità dei lavaggi periodici.

Aspetti energetici ed economici legati alla tecnologia di filtrazione adottata

Nel condizionamento dell'aria, il filtro di impiego ideale è caratterizzato da perdite di carico iniziali molto ridotte, possibilmente limitate ad un livello contenuto per tutta la durata della vita operativa. Infatti, qualunque filtro per aria "meccanico", cioè la cui efficienza dipende principalmente da fenomeni di interferenza meccanica tra le particelle in transito e la matrice fibrosa filtrante, va incontro ad un progressivo aumento delle perdite di carico, dovuto alla deposizione crescente dei materiali trattenuti. Ad esempio, un filtro in carta ad efficienza medio – alta, di classe F secondo UNI EN 779, può essere caratterizzato da perdite di carico iniziali pari a 100 – 150 Pa, che possono aumentare fino a 400 – 500 Pa a fine vita operativa. Nell'arco di tempo d'esercizio, l'aumento delle perdite di carico comporta un aumento dell'energia elettrica assorbita dai ventilatori per garantire la portata di progetto (oppure una progressiva diminuzione della portata negli impianti non in grado di effettuare una corretta compensazione).

I consumi energetici di un filtro per aria possono essere agevolmente stimati, conoscendo il valore medio delle perdite di carico mostrate durante la vita operativa, utilizzando la formula seguente:

$$E = \frac{(QPT)}{(\eta \cdot 1000)}$$

dove

- Q è la portata in m^3/s
- P è il valore medio delle perdite di carico in Pa
- T è la durata della vita operativa in ore
- η è il rendimento del ventilatore

Ad esempio, un tipico filtro ad efficienza medio-alta (F8-F9), nell'arco di un anno (8760 ore), a 1 m^3/s di portata, avente una perdita di carico media di 250 Pa, richiederà 3129 kWh di energia elettrica, ipotizzando per il ventilatore un rendimento del 70%.

Questo calcolo mostra la proporzionalità diretta tra perdite di carico e consumi elettrici, un fattore che molti trascurano, ma che può essere molto importante in applicazioni particolari, come quelle navali, dove può essere impossibile aumentare la "bolletta energetica" quando si cercano le massime prestazioni dagli apparati di filtrazione.

www.ariaclub.it

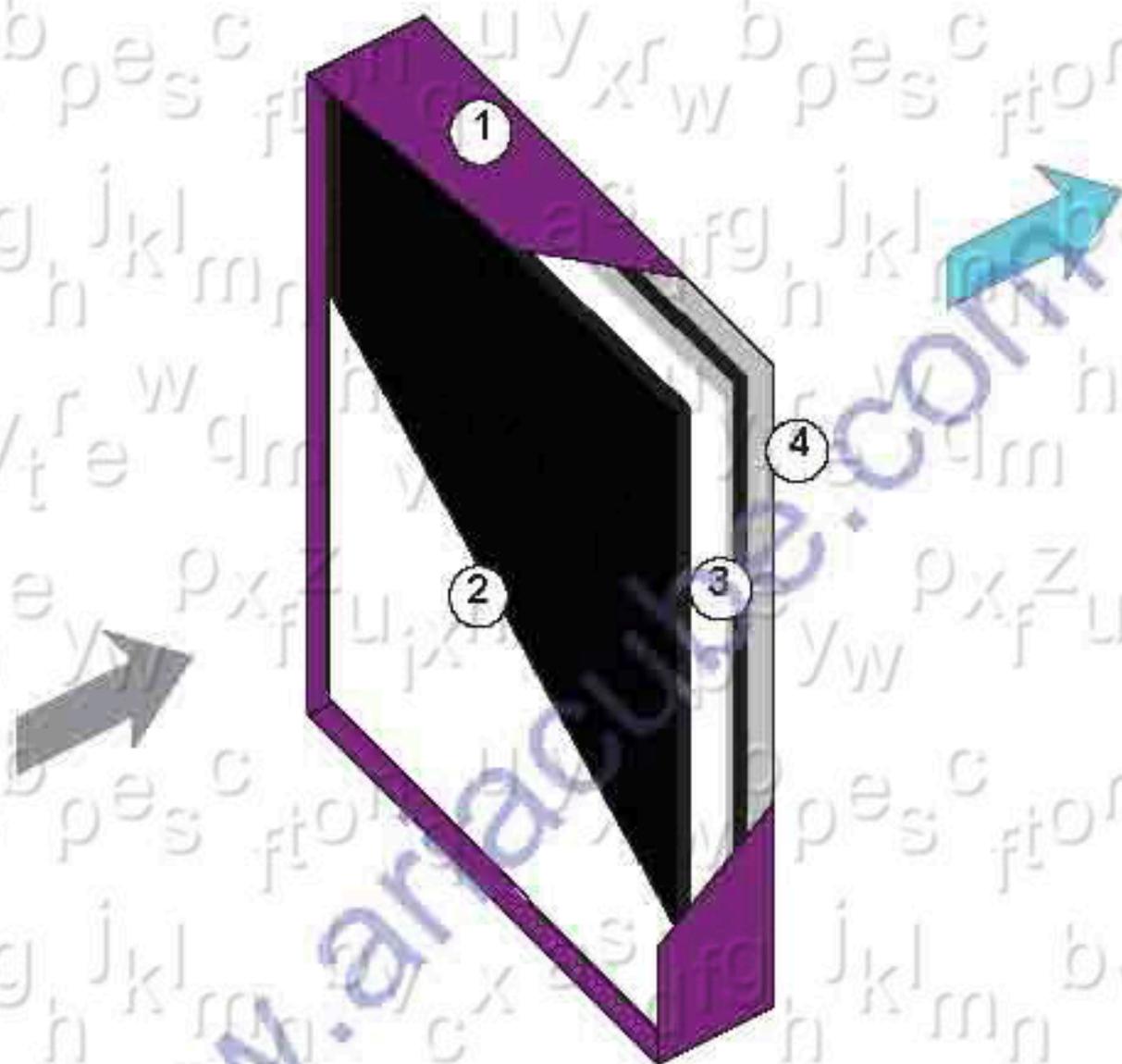


Figura 4 - Struttura schematica di un filtro elettrocatalitico per impieghi speciali ad efficienza medio-alta e basse perdite di carico

1- involucro di contenimento elettro-isolante

2- rete metallica connessa ad alimentatore ad alta tensione, seguita da elemento forato in fibra poliestere caricato con carboni attivi

3- fibra poliestere caricata con TiO_2 seguita da fibra poliestere caricata con carboni attivi

4- rete metallica connessa a terra

Disinfezione dell'aria

In ambienti ad elevato affollamento, pur in presenza di efficaci sistemi di filtrazione, è necessario ricorrere a sistemi di disinfezione per mantenere le condotte di trasporto dell'aria prive di colonie batteriche e/o fungine. Infatti, le condizioni termogrometriche delle condotte sono in alcuni casi vicine a quelle ideali per la proliferazione delle colonie. In tali condizioni, pochissime forme batteriche o spore di muffa possono rapidamente dare origine a colonie formate da miliardi di microrganismi. Per ovviare a questo inconveniente, è necessario rendere il microclima delle condotte inospitale per i contaminanti biologici.

Generatori di ozono

L'ozono è un gas dotato di un fortissimo potere ossidante, in grado di esercitare un'azione distruttiva molto efficace sulle membrane cellulari. Questa facoltà lo rende un agente sterilizzante ideale, a patto di limitarne l'azione all'interno delle condotte, prevenendo la sua diffusione in ambiente oltre i limiti consentiti (vedi Tab.2). E' possibile, infatti, utilizzare l'ozono in sicurezza attraverso due diverse modalità: la prima prevede la diffusione di ozono nelle condotte in quantità controllata, in modo che esso sia praticamente "consumato" quasi per intero nelle reazioni di ossidazione interne al tragitto dell'aria, riducendo così la sua concentrazione a livelli accettabili in prossimità delle griglie di immissione in ambiente. La seconda prevede l'immissione intermittente di ozono nelle condotte in concentrazione molto più elevata, ma in periodi in cui gli ambienti non sono occupati. In entrambi i casi, è possibile utilizzare dei sensori per evitare che le persone possano essere esposte a livelli potenzialmente dannosi di ozono.

Esistono in commercio diversi generatori di ozono, ma è molto importante utilizzare degli apparecchi in grado di garantire una emissione controllata e stabile nel tempo. Solo in questo modo è possibile ottenere la massima efficacia

senza alcun effetto indesiderato. In particolare, sono disponibili delle apparecchiature specifiche per l'utilizzo di bordo, dotate di tutti i controlli e gli accorgimenti costruttivi necessari ad un funzionamento ottimale. Per la disinfezione e la deodorizzazione estemporanea degli ambienti, sono molto utili i generatori di ozono in esecuzione carrellata, completi di timer e di filtri speciali per la rimozione dei residui gassosi. Questi dispositivi, in uso anche nelle strutture alberghiere, si utilizzano per trattare rapidamente un locale tra un periodo di occupazione e l'altro (cabine, servizi igienici).

I generatori di ozono, trovano inoltre il loro impiego d'elezione nei trattamenti sull'aria di sfiato dei cassoni per lo stivaggio delle acque nere di bordo e delle sentine, dove sono indispensabili per ottenere una completa deodorizzazione delle esalazioni. Questi trattamenti sono molto importanti, perché le esalazioni degli sfiati, in particolari condizioni ambientali, possono essere facilmente riprese dall'impianto di ventilazione e quindi diffuse nei locali interni.



Figura 5 – generatore programmabile di ozono per installazione navale.

La concentrazione di ozono ed il tempo di azionamento possono essere programmati in base al tipo di applicazione.

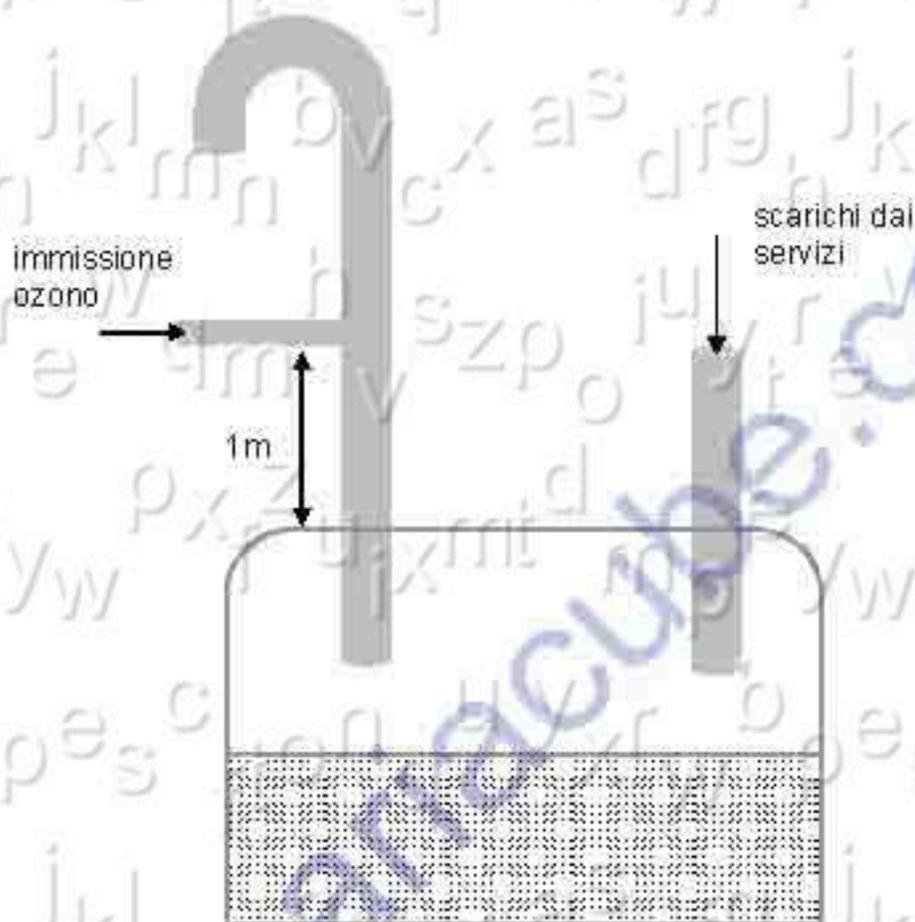


Figura 6 – corretto impiego dell'ozono per il trattamento delle esalazioni delle acque nere

L'immissione dell'ozono deve avvenire nella tubazione di sfiato, a circa un metro di distanza dalla cassa di raccolta. Le esalazioni devono essere efficacemente trattate al fine di evitare dispersione dei cattivi odori in coperta e la contaminazione delle prese d'aria dell'impianto di ventilazione.



Figura 7 – Generatore programmabile di ozono in esecuzione carrellata

Per i trattamenti ambientali in assenza degli occupanti, è possibile utilizzare dei generatori trasportabili, in grado di effettuare dei cicli automatici di ozonizzazione ad alta concentrazione con successiva rimozione automatica del gas ossidante. Si tratta di un metodo molto efficace per la sterilizzazione periodica degli ambienti pesantemente contaminati da colonie di microrganismi.

Lampade UVC convenzionali

In alternativa all'ozono, è possibile l'impiego delle lampade germicide ad emissione di raggi ultravioletti a corta lunghezza d'onda (UVC). L'esposizione ai raggi UVC è pericolosa per le persone, quindi, per il loro corretto utilizzo, occorre rispettare precisi accorgimenti di sicurezza. L'irraggiamento deve essere abbondante per intensità e tempo d'esposizione per essere efficace; per questo, è necessario utilizzare ampi plenum per evitare velocità eccessive dell'aria, oppure è necessario installare una grande quantità di lampade per coprire lunghi percorsi lineari. Le lampade devono essere sempre mantenute pulite per evitare una eccessiva riduzione dell'irraggiamento. L'intensità luminosa si dimezza dopo circa un anno di funzionamento continuo, un fattore che deve essere preso in considerazione per un corretto dimensionamento e per la sostituzione programmata delle lampade.

Lampade UVC ad impulsi

Le lampade UVC ad impulsi rappresentano un progresso, rispetto alle lampade convenzionali, perché assicurano una maggiore efficacia sterilizzatrice riducendo i tempi di esposizione. L'emissione impulsiva permette un livello di irraggiamento medio molto più elevato. Per contro, si tratta di apparati costosi e che provocano un certo inquinamento acustico (gli impulsi emettono un suono paragonabile a quello dei flash fotografici). Le lampade devono essere sempre mantenute pulite per evitare una eccessiva riduzione dell'irraggiamento. L'intensità luminosa decresce col tempo, in modo proporzionale alla densità di potenza utilizzata nell'impulso, che normalmente è programmabile.

Foto-ossidazione catalitica

Si tratta di un'applicazione che abbina all'irraggiamento UVC la presenza di superfici ricoperte di un idoneo catalizzatore, normalmente Titanio biossido. L'efficacia sui contaminanti biologici è simile a quella del solo irraggiamento UVC, ma in più esiste una certa efficacia sull'abbattimento delle sostanze organiche volatili. Per mantenere l'efficacia nel tempo, è importante garantire una pulizia costante delle lampade. Le superfici catalitiche possiedono, entro certi limiti, una capacità autopulente.

Ionizzatori negativi

Gli ionizzatori negativi sono dei dispositivi in grado di arricchire l'aria di anioni, generati sottoponendo i gas ionizzabili dell'aria (ossigeno, azoto) ad intensi campi elettrici. Non possiedono attività germicida, ma sono molto efficaci nell'impedire la replicazione dei microrganismi. Gli ionizzatori negativi, se correttamente impiegati, possono essere utilizzati anche al fine di ricreare all'interno degli ambienti lo stesso equilibrio ionico che esiste nell'aria esterna. Questo effetto è considerato, da alcuni ricercatori, importante per ingenerare negli occupanti la stessa sensazione di aria fresca e pulita che è avvertibile negli spazi esterni e che spesso manca negli ambienti confinati, anche in presenza di aria perfettamente pulita. E' molto importante praticare la ionizzazione in assenza di particolato: le particelle eventualmente presenti nell'aria provocherebbero altrimenti una specie di "verniciatura elettrostatica" delle superfici vicine allo ionizzatore, causando dei depositi dotati di grande capacità di adesione. Sono disponibili in commercio degli speciali ionizzatori negativi, da applicare in prossimità delle bocchette di emissione dell'aria condizionata e dei ventilconvettori.

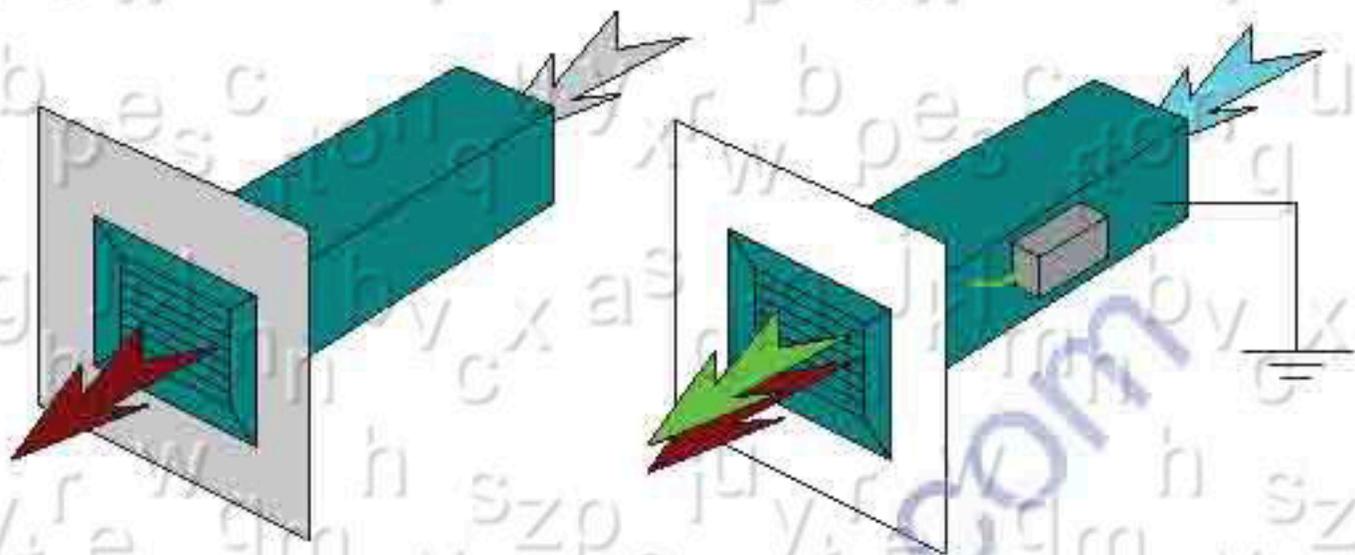


Figura 8 – l'aria in uscita dalle bocchette di distribuzione può essere arricchita di ioni negativi grazie all'installazione di ionizzatori appositamente progettati

www.ariaclub.com

Riferimenti Normativi

MINISTERO DELLA SALUTE - DIREZIONE GENERALE DELLA PREVENZIONE "Linee Guida per la Tutela e la Promozione della Salute negli Ambienti Confinati"

Gazz. Uff. Suppl. Ordin. n° 276 del 27/11/2001

UNI 10339:1995 "Impianti Aeraulici ai Fini di Benessere"

REGIONE LIGURIA Legge Regionale 2 luglio 2002 n. 24 "Disciplina per la costruzione, installazione, manutenzione e pulizia degli impianti aeraulici"

UNI ENV 12097:1999 "Ventilazione negli edifici - Rete delle condotte - Requisiti relativi ai componenti atti a facilitare la manutenzione delle reti delle condotte".

National Air Duct Cleaners Association - NADCA "Mechanical Cleaning of HVAC Systems – Specifications – Section 15891 – 02/98"

D.Lgs 19 Settembre 1994, n. 626 e successive modifiche ed integrazioni

EUROVENT/CECOMAF - Recommendation Concerning Air Filters for Better Air Quality, January 1999

MILITARY SEALIFT COMMAND – GENERAL TECHNICAL REQUIREMENTS GTR N.27 "Heating, Ventilation and Air Conditioning (HVAC)"

International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS), 1974 e successivi aggiornamenti

ASHRAE STD 62.1:2004 "Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality"

prCEN/CR 14798:2005 "Ventilation for buildings – Design and dimensioning of residential ventilation systems"

UNI-EN 13779 "Ventilation for non-residential buildings – Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems"

prEN 15251 "Criteria for the Indoor Environment including thermal, indoor air quality, light and noise"

ISO/DIS 16814 "Building environment design – Indoor air quality – Methods of expressing the quality of indoor air for human occupancy"

Draft ISO/DIS 16813 6 Marzo 2003 "Building environment design – Indoor environment – General principles".