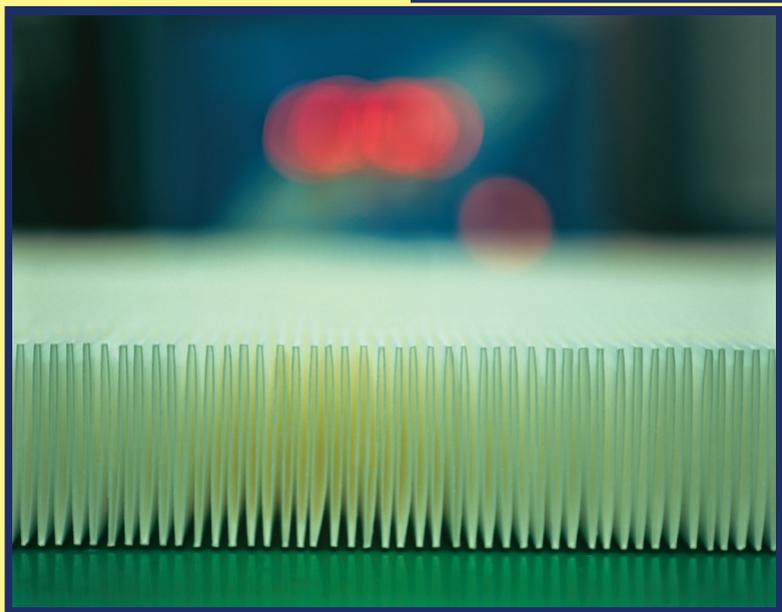


LA FILTRAZIONE NELLE UNITÀ DI TRATTAMENTO ARIA



Gruppo di lavoro

Questa Guida è stata redatta da un gruppo di lavoro costituito dai seguenti esperti:

Giovanni Campi (Coordinatore)	Sagicofim
Romano Alberto Basso	Sagicofim
Christian Rossi	Sagicofim
Luca Stefanutti	libero professionista

Revisori

La revisione di questa linea guida è stata fatta dai seguenti esperti che hanno fornito preziosi suggerimenti:

Riccardo Romanò	Libero professionista
Francesca Romana d'Ambrosio	Università degli Studi di Salerno

La Commissione Comitati Tecnici ringrazia il Gruppo di Lavoro che ha prodotto questa Guida.

Federico Pedranzini
Presidente della Commissione Comitati Tecnici di AiCARR

INDICE

Capitolo 1 - CONTAMINANTI PRESENTI NELL'ARIA

1.1 - Generalità	1
1.2 - Contaminanti presenti nell'aria	1

Capitolo 2 - LA NORMATIVA

2.1 - Generalità	3
2.2 - La norma UNI EN ISO 16890-1	3
2.2.1 - Efficienza di filtrazione, classi di filtrazione e classi di Efficienza....	4
2.2.2 - Il procedimento di prova	6
2.2.3 - Utilizzo della norma	6
2.3 - Le norme UNI EN 1822-1 e UNI EN ISO 29463-2, -3, -4, -5.....	6

Capitolo 3 - FILTRI: MODELLI E PRESTAZIONI

3.1 - Generalità	11
3.2 - Filtri per particolato.....	11
3.3 - Composizione dei filtri per inquinanti gassosi.....	16
3.4 - Perdita di carico dell'elemento filtrante	17

Capitolo 4 - SCELTA E DIMENSIONAMENTO DEI FILTRI

4.1 - Generalità	21
4.2 - Criterio di scelta delle classi di filtrazione dell'aria esterna in accordo con la normativa vigente	22
4.3 - Criterio di scelta delle classi di filtrazione dell'aria esterna in accordo con la norma UNI EN 16890-1	25
4.4 - Criterio di scelta basato sulla dimensione media del Contaminante ...	25
4.5 - Criteri generali per il posizionamento dei filtri nelle unità di trattamento aria	25
4.6 - Elementi costruttivi dei sistemi di alloggiamento dei Filtri.....	27

Capitolo 5 - ESEMPIO PER LA SELEZIONE DEGLI ELEMENTI FILTRANTI

5.1 - Generalità	29
5.2 - Esempio di scelta	29

**Capitolo 6 - GESTIONE, MANUTENZIONE E SMALTIMENTO
DEGLI ELEMENTI FILTRANTI**

6.1 - Generalità37

6.2 - La procedura per la sostituzione dei filtri37

GLOSSARIO39

BIBLIOGRAFIA45

AUTORI47

PRESENTAZIONE

Quello della qualità dell'aria interna è un tema di fondamentale importanza e attualità, sul quale si trovano a dibattere da tempo aziende, università, comitati scientifici, regioni e stati.

Parafrasando ciò che l'Organizzazione Mondiale della Sanità afferma, ovvero che non esistono dei livelli minimi di contaminazione per i quali non si generino rischi per la salute umana, risulta chiaro che il miglioramento della qualità dell'aria è un percorso continuo, senza un reale punto finale di arrivo, ma al quale tutti noi possiamo dare un contributo.

In quest'ottica, gli impianti HVAC&R giocano un ruolo fondamentale grazie anche al contributo proveniente dal settore della filtrazione dell'aria.

Tale contributo si pone in molte applicazioni come complemento fondamentale alla diluizione tramite aria esterna per rappresentare, per alcuni casi specifici, l'unico sistema di abbattimento dei carichi contaminanti in grado di rispondere alle esigenze in maniera soddisfacente e/o a un costo energetico accettabile.

Nel corso degli ultimi anni, di pari passo con l'innovazione tecnologica, anche il settore normativo ha compiuto grandi passi, sia a livello nazionale che internazionale, nella direzione della sostenibilità degli edifici e degli impianti tecnologici, sempre con un occhio di riguardo per la qualità dell'aria e per l'ambiente.

Oltre alle norme già emesse o aggiornate, un consistente numero di queste è tuttora ancora in fase di revisione. Nel settore della filtrazione dell'aria, questo lavoro di revisione riveste una vasta gamma di prodotti e soluzioni, per i settori più svariati: dai filtri ad alta e altissima efficienza HEPA e ULPA per applicazioni critiche, a quelli per la rimozione dei contaminanti gassosi che vanno dai semplici odori ai contaminanti più pericolosi per la salute e l'ambiente, fino ai filtri per i comuni impianti di ventilazione.

Proprio questi ultimi, sono quelli che sono stati protagonisti dei cambiamenti più radicali, dal punto di vista delle prove e della conseguente classificazione, ma anche sotto l'aspetto della selezione e del loro dimensionamento in base alle caratteristiche dell'impianto e dei parametri di qualità dell'aria esterna.

Le svariate novità introdotte dalla recente norma, forniscono finalmente una modalità di classificazione dei filtri finalizzata alla loro applicazione e, al progettista, gli strumenti per selezionare i filtri attraverso dei calcoli, così come abituato già da tempo per tutti gli altri componenti di un impianto HVAC&R.

Queste novità e questi vantaggi hanno però un costo che, per i progettisti, si quantifica con il tempo necessario a leggere, studiare, capire ed applicare correttamente la nuova norma.

Proprio per questo AICARR, come associazione da sempre al fianco dei progettisti, ha deciso di pubblicare questa guida, per semplificare e rendere

più amichevole l'approccio a questa nuova e, sotto certi aspetti, rivoluzionaria norma: la UNI EN ISO 16890.

Federico Pedranzini

Presidente della Commissione Comitati Tecnici di AiCARR

I CONTAMINANTI PRESENTI NELL'ARIA

1.1 - Generalità

La filtrazione serve a garantire il necessario livello di pulizia dell'aria all'interno degli ambienti confinati, per motivi di igiene o di sicurezza; evita inoltre la deposizione e l'accumulo di sporco sulle superfici e sui componenti interni degli impianti di ventilazione, garantendo così le condizioni ottimali di funzionamento, pulizia e durata nel tempo.

Adeguati sistemi per la filtrazione dell'aria possono essere utilizzati anche negli impianti di estrazione dell'aria, per rimuovere contaminanti potenzialmente dannosi per l'ambiente esterno, quali quelli provenienti da particolari processi industriali.

Data la crescente sensibilità impiantistica ai temi ambientali, energetici ed economici, la scelta dei filtri ormai non si basa solo sulle capacità filtranti e sulla qualità dell'aria interna richiesta in funzione di quella dell'aria esterna, ma passa anche attraverso la valutazione del ciclo di vita del dispositivo filtrante.

1.2 - Contaminanti presenti nell'aria

L'aria esterna contiene normalmente quantità variabili di impurità derivanti da processi naturali quali l'erosione da parte del vento, la condensazione di vapori, eruzioni vulcaniche o dal metabolismo della materia organica. La concentrazione di impurità varia in funzione di diversi parametri geografici, temporali e climatici, ma di solito è inferiore a quella dei contaminanti provenienti da attività antropiche.

I contaminanti antropogenici sono numerosi, possono essere solidi o aeriformi e hanno origine da sorgenti diverse quali processi di combustione, impianti di generazione e trasformazione di energia, mezzi di trasporto, processi industriali, attività estrattive e metallurgiche e dall'agricoltura.

In assenza di un adeguato sistema di filtrazione dell'aria, gli eventuali contaminanti presenti nell'aria esterna possono trasmettersi anche all'interno degli edifici e, aggiungendosi a quelli prodotti negli stessi ambienti, peggiorare ulteriormente la qualità dell'aria interna.

I contaminanti presenti nell'aria sono generalmente classificati come aeriforme o particelle. Queste ultime, in fase liquida o solida, sono indicate anche con altri termini quali aerosol, nebbia, fumo, polveri, in funzione delle dimensioni e della loro natura. In particolare, l'aerosol, o polveri aerodisperse, è definito come l'insieme di particelle solide e liquide disperse in un fluido, tipicamente aria. Nell'uso comune, i termini aerosol e particolato sono considerati intercambiabili.

Le particelle coprono una vasta gamma di dimensioni, da quelle della polvere abbastanza grande da essere visibile a occhio nudo (50-100 μm e oltre) fino a quelle delle nanoparticelle (di dimensione inferiore a 0,1 μm), che sono in grado di oltrepassare la maggior parte dei filtri. Sono presenti nell'atmosfera a concentrazioni anche inferiori a 100 particelle/ cm^3 , con una concentrazione di massa di pochi $\mu\text{g}/\text{m}^3$ negli ambienti più puliti, fino a concentrazioni di alcuni milioni per centimetro cubo e concentrazione in massa di diverse centinaia di $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in ambienti urbani inquinati.

La distinzione tra contaminanti in fase solida e in fase aeriforme è fondamentale per determinare le strategie e gli strumenti con cui rimuoverli. Per quanto riguarda quelli in fase liquida e solida, nella Figura 1 sono rappresentati gli intervalli dimensionali di alcune particelle, utili al fine di determinare il metodo più appropriato per la rimozione del contaminante.

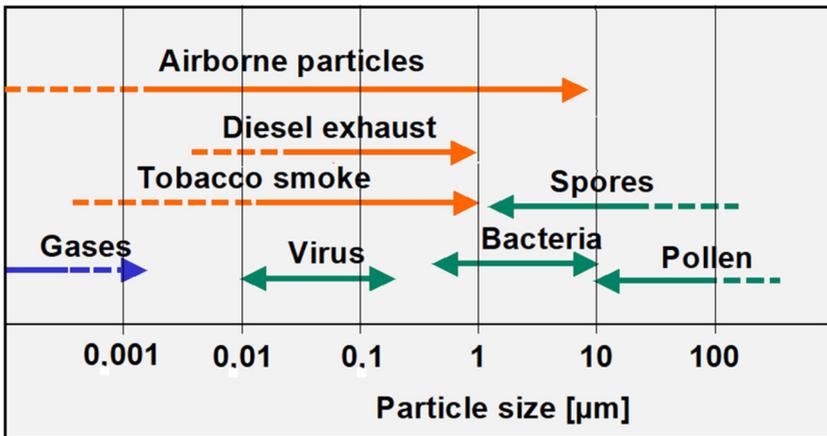


Figura 1 - Dimensioni delle particelle presenti negli ambienti indoor. Da (REHVA, 2020).

LA NORMATIVA

2.1 - Generalità

Il panorama normativo sulla filtrazione dell'aria negli impianti di climatizzazione è composto essenzialmente da norme che stabiliscono un metodo per la determinazione delle caratteristiche principali dell'elemento filtrante quali la curva caratteristica, definita come resistenza al moto in funzione della portata di aria, l'efficienza nel rimuovere il particolato e la capacità di accumulo delle polveri. Le norme che hanno validità in Italia sono:

- la UNI EN ISO 16890-1 (UNI, 2017a): entrata in vigore a gennaio 2017, da giugno 2018 ha definitivamente sostituito la UNI EN 779 (UNI, 2012). Ha introdotto una nuova metodologia di classificazione basata sul concetto di efficienza di rimozione del PM, anche detto particolato atmosferico, o particolato o *particulate matter*, ovvero particolato solido o liquido, di varia granulometria, sospeso nell'aria ambiente.
- la UNI EN 1822-1 (UNI, 2019a) e le UNI EN ISO 29463 parti da 2 a 5 (UNI, 2019b; 2019c; 2019d; 2019e), valide per i filtri ad alta efficienza.

2.2 - La norma UNI EN ISO 16890-1

Le novità introdotte dalla norma UNI EN ISO 16890-1 (UNI, 2017a) rendono più semplice associare l'efficienza di filtrazione con le reali capacità del filtro di abbattere il particolato atmosferico, la cui concentrazione viene espressa in massa secondo le frazioni PM₁₀, PM_{2,5} e PM₁.

La frazione respirabile delle particelle si trova al di sotto di 10 µm. Il PM_{2,5} e il PM₁ rappresentano le frazioni più significative delle particelle respirabili e quindi sono direttamente associabili a molte delle problematiche di salute.

Grazie a questa nuova modalità di prova e classificazione dei filtri, il progettista degli impianti di climatizzazione può ora selezionare il treno filtrante a partire dalla qualità dell'aria esterna, prevedendo in linea di massima quale potrebbe essere la qualità dell'aria a valle dei filtri.

Per avere i valori precisi di qualità dell'aria in uno specifico sito, di cui al paragrafo 4.2, sarebbe necessario misurare e monitorare la concentrazione di aerosol nel punto di aspirazione dell'impianto di climatizzazione. In assenza di

questi valori e per avere anche una base di dati riferiti a un lungo periodo, si possono usare i dati ricavati dai monitoraggi delle ARPA delle singole regioni attraverso le centraline localizzate nel territorio di competenza.

2.2.1 - Efficienza di filtrazione, classi di filtrazione e classi di efficienza

Il nuovo metodo di prova per la classificazione dei filtri è basato sulla misura dell'efficienza di filtrazione iniziale dell'intero elemento filtrante, prima e dopo la completa rimozione delle cariche elettrostatiche del materiale filtrante, che rappresenta il valore minimo di efficienza di filtrazione da assicurare durante la vita utile dell'elemento filtrante. Infatti, è stato dimostrato sperimentalmente che l'efficienza di filtrazione aumenta con l'utilizzo del filtro solo in alcuni casi, mentre nelle normali applicazioni rimane prossima al livello iniziale. Per misurare l'efficienza di filtrazione in laboratorio, si parte dalla generazione di aerosol contaminante, a composizione chimica standard, costituito da particelle aventi diametro ottico compreso tra 0,3 μm e 10 μm . La numerosità delle varie dimensioni è definita da una distribuzione standard urbana o rurale, come riportato in Tabella 1.

La norma definisce quattro gruppi di efficienza di rimozione, definita come la capacità di ridurre la concentrazione massica delle particelle aventi un diametro aerodinamico compreso tra 0,3 μm e x μm ($x = 10, 2,5, 1$ μm). Quindi, la classificazione dei filtri secondo UNI EN ISO 10890-1 è valida solo per dimensioni del contaminante comprese tra 0,3 e 10 μm .

L'efficienza di filtrazione, che per i filtri classificati secondo ISO 16890-1 coincide con l'efficienza di rimozione, ed è suddivisa in incrementi del 5%, come mostrato in Tabella 2 per ciascun gruppo di classificazione riportato in Tabella 3. Il valore percentuale di efficienza che identifica la classe è calcolato come valore medio delle efficienze iniziali del filtro, valutate prima e dopo la rimozione completa della carica elettrostatica.

Tab. 1 - Criteri di prova per la misura di efficienza. DEHS: di-(etilhexil)sebacato; KCl cloruro di potassio. Da (UNI, 2017a)

Tipo di aerosol di prova per la misura dell'efficienza	Diametro ottico delle particelle [μm]	Distribuzione standard dell'aerosol di prova per la misura dell'efficienza
DEHS + KCl	$0,3 \leq x \leq 10$	Rurale
DEHS + KCl	$0,3 \leq x \leq 2,5$	Urbano
DEHS	$0,3 \leq x \leq 1$	Urbano

Per poter essere classificato con efficienza di rimozione per ePM₁ o ePM_{2,5}, il filtro deve rispettare i requisiti di efficienza minima specificati nella colonna "requisiti" della Tabella 3, nella quale il pedice "min" indica i valori di efficienza minima calcolati sulla base dei test svolti dopo che il materiale filtrante con cui

è stato costruito il filtro viene privato completamente della carica elettrostatica. Per il gruppo ePM₁₀ è sufficiente un valore iniziale di efficienza superiore al 50%.

L'efficienza media, calcolata come media aritmetica tra le efficienze spettrali misurate sul filtro prima e dopo la scarica elettrostatica, viene utilizzata per calcolare le efficienze di filtrazione ePM_x utilizzando allo scopo le distribuzioni dimensionali delle due tipologie di aerosol prese dalla norma come riferimento, l'aerosol urbano per ePM₁ ed ePM_{2,5}, e quello rurale per ePM₁₀, come riportato in Tabella 1.

Tab. 2 - Classi di efficienza di filtri per la ventilazione generale. Da (UNI EN ISO 16890-1 (UNI, 2017a)

Classe di efficienza PM ₁	Classe di efficienza PM _{2,5}	Classe di efficienza PM ₁₀	Classe per il particolato grossolano COARSE
ePM ₁ [95%] ePM ₁ [90%] ePM ₁ [85%] ePM ₁ [80%] ePM ₁ [75%] ePM ₁ [70%] ePM ₁ [65%] ePM ₁ [60%] ePM ₁ [55%] ePM ₁ [50%]	ePM _{2,5} [95%] ePM _{2,5} [90%] ePM _{2,5} [85%] ePM _{2,5} [80%] ePM _{2,5} [75%] ePM _{2,5} [70%] ePM _{2,5} [65%] ePM _{2,5} [60%] ePM _{2,5} [55%] ePM _{2,5} [50%]	ePM ₁₀ [95%] ePM ₁₀ [90%] ePM ₁₀ [85%] ePM ₁₀ [80%] ePM ₁₀ [75%] ePM ₁₀ [70%] ePM ₁₀ [65%] ePM ₁₀ [60%] ePM ₁₀ [55%] ePM ₁₀ [50%]	Efficienza in massa incrementi del 5%, a partire da 5%.

Tab. 3 - Gruppi, requisiti minimi e classi di filtrazione. Da (UNI EN ISO 16890 (UNI, 2017a).

Gruppo	Requisiti			Valore di classe di efficienza
	ePM _{1,min}	ePM _{2,5,min}	ePM ₁₀	
ISO Grossolano	-	-	-	Efficienza in massa iniziale
ISO ePM ₁₀	-	-	≥ 50%	ePM ₁₀
ISO ePM _{2,5}	-	≥ 50%	-	ePM _{2,5}
ISO ePM ₁	≥ 50%	-	-	ePM ₁

GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE

AiCARR, Associazione italiana Condizionamento dell'Aria, Riscaldamento e Refrigerazione, crea e promuove cultura e tecnica per il benessere sostenibile, contribuendo al progresso delle tecnologie impiantistiche e alla definizione delle normative relative alla produzione, alla distribuzione e all'utilizzo dell'energia termica. Nata nel 1960 come costola italiana della prestigiosa associazione statunitense ASHRAE, AiCARR riunisce oggi circa 2000 associati di varia estrazione: progettisti, docenti, installatori e manutentori, aziende produttrici, funzionari di Enti e Agenzie governative, istituzioni territoriali, nazionali e internazionali, studenti e ricercatori. La presenza nelle sedi accademiche e istituzionali dove si progetta il futuro energetico del nostro Paese fa di AiCARR un punto di riferimento essenziale per la definizione delle strategie e delle politiche energetiche e un interlocutore insostituibile per chiunque si occupi di efficienza energetica, qualità ambientale, fonti rinnovabili e uso consapevole dell'energia.

LE COMPETENZE CONDIVISE SONO ALLA BASE DI OGNI PROGRESSO

Accrescere la cultura tecnica del settore e la professionalità dei Soci, condividere know-how, redigere e diffondere linee guida di supporto nella pratica professionale, dare un appoggio concreto al mondo imprenditoriale che si occupa di temi energetici, fornire il proprio contributo in ambito normativo sono i principali impegni che AiCARR svolge attraverso:

- Convegni nazionali e internazionali, webinar, seminari, workshop, tavole rotonde
- Incontri tecnici e visite a impianti e realizzazioni d'avanguardia
- Commissioni di studio e coordinamento di attività tecniche, culturali e normative
- Comitati Tecnici attivi su tematiche specifiche
- Attività congiunte con Associazioni, Università ed Enti italiani ed europei, pubblici e privati

- Gruppi di lavoro creati per dare un supporto operativo alle Istituzioni
- Partecipazione alla definizione di regolamenti, leggi, linee guida e collaborazione alla redazione di normativa tecnica con UNI, CEN e CTI, grazie alla Commissione Tecnica e Normativa.

AGGIORNAMENTO E FORMAZIONE: UN MUST

L'aggiornamento tecnologico e normativo è oggi imprescindibile per professionisti e aziende: in quest'ottica AiCARR offre formazione di alto standard teorico e applicativo attraverso AiCARR Formazione, business unit di AiCARR Educational srl, società certificata ISO 9001:2015.

AiCARR Formazione è provider di CNI e CNPI per i crediti formativi professionali e i suoi corsi, condotti da accademici e professionisti selezionati fra i migliori esperti del settore HVAC&R, sono rivolti a progettisti, tecnici, manutentori, personale tecnico e commerciale di Enti e industrie, studenti e ricercatori.

SE LE IDEE CIRCOLANO, ACQUISTANO PIÙ FORZA

AiCARR pubblica gli atti dei convegni, cura l'edizione delle collane dei volumi tecnici, delle guide e dei vademecum, invia la newsletter quindicinale con le notizie sulle novità associative, editoriali, normative, legislative e di formazione; è distributore esclusivo per l'Italia delle pubblicazioni e norme ASHRAE e applica ai Soci condizioni favorevoli per l'acquisto delle norme CEI e sconti sulle pubblicazioni di importanti editori tecnici.

La biblioteca propone un'ampia selezione di titoli tecnico-scientifici in libera consultazione.

Sul sito www.aicarr.org e attraverso la App, scaricabile da Google Play, è anche possibile consultare articoli tecnici e la rassegna news. Inoltre, i Soci ricevono gratuitamente il periodico AiCARR Journal, organo ufficiale dell'Associazione.

Il miglioramento della qualità dell'aria interna è un percorso continuo, senza un reale punto finale di arrivo, ma al quale tutti noi possiamo dare un contributo. In quest'ottica, gli impianti HVAC&R giocano un ruolo fondamentale, grazie anche al contributo proveniente dal settore della filtrazione dell'aria.

La norma UNI EN 16890-1 fornisce finalmente una modalità di classificazione dei filtri finalizzata alla loro applicazione e gli strumenti per selezionare i filtri attraverso calcoli, così come accade per tutti gli altri componenti di un impianto HVAC&R.

Queste novità e questi vantaggi hanno però un costo che, per i progettisti, si quantifica con il tempo necessario a leggere, studiare, capire e applicare correttamente la nuova norma.

Questa Guida, che ha l'obiettivo di chiarire alcuni aspetti della filtrazione e di semplificare e rendere più amichevole l'approccio a questa nuova e, sotto certi aspetti, rivoluzionaria norma, è rivolta ai progettisti e, più in generale, a tutti i tecnici della climatizzazione.

La Commissione Comitati Tecnici è un organo consultivo permanente di AiCARR che ha come scopo l'aggiornamento, l'approfondimento e la divulgazione delle tematiche nei settori di interesse dell'Associazione. Svolge il proprio compito gestendo e controllando l'attività dei Comitati Tecnici, fra i quali il Comitato Tecnico Qualità Ambientale (CTQA), che ha il compito di trattare le tematiche relative agli aspetti prestazionali, progettuali e di gestione della qualità dell'ambiente interno. Il CTQA ha redatto questa Guida, istituendo un apposito Gruppo di Lavoro diretto e coordinato dal signor Giovanni Campi.

AiCARR, Associazione Italiana Condizionamento dell'Aria, Riscaldamento e Refrigerazione, è un'associazione culturale no profit. Dal 1960 crea e promuove cultura e tecnica per il benessere sostenibile, occupandosi di uso consapevole dell'energia e delle risorse naturali e di innovazione delle infrastrutture energetiche, sia nel settore impiantistico che in quello edilizio. AiCARR conta oltre 2.100 Soci fra progettisti, costruttori di macchine, installatori, manutentori, accademici, ricercatori, studenti, funzionari di Enti e Agenzie governative e di istituzioni nazionali e internazionali.

La Collana AiCARR propone testi tecnici elaborati da Soci e selezionati dalla Commissione Editoria AiCARR, traduzioni di Linee Guida pubblicate da associazioni internazionali quali REHVA e ASHRAE e le Guide AiCARR realizzate dai Comitati Tecnici dell'Associazione.

AiCARR - Associazione Italiana Condizionamento dell'Aria, Riscaldamento e Refrigerazione – www.aicarr.org

LFU

www.editorialedelfino.it

ISBN 978-88-31221-20-7



9 788831 221207

€ 15,57 + IVA 22% = € 19,00

Questo volume approvato dal bilancio
è da considerare copia SAGEO CAMPIONE (per il commercio
(vendita e altri atti di disposizione vietati art. 17, c. 2, L. 633/1947).
Esente da IVA (D.P.R. 26/10/1972, n. 633 art. 2, lett. g)
Esente da bolli di accantonamento (D.P.R. 0/10/1978, n. 627, art. 4, n. 6).

LA FILTRAZIONE
NELLE UNITA

DI TRATTAMENTO ARIA

ISBN 978-88-31221-20-7