

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

Moderna diffusione e filtrazione dell'aria

Cap. 3 Criteri normativi ed applicativi nella filtrazione dell'aria condizionata

La scelta dei filtri rappresenta un momento importante nel progetto di un buon impianto di condizionamento dell'aria. Una scelta efficace e razionale potrà essere effettuata osservando almeno le seguenti condizioni minime:

- le prestazioni dei filtri devono essere adeguate all'applicazione richiesta, in base alla tipologia ed alla concentrazione degli inquinanti da abbattere;
- i filtri devono essere testati e certificati secondo uno standard di prova riconosciuto

Solo in questo modo, il progettista potrà essere in grado di dimensionare i filtri a ragion veduta, di prevederne la vita operativa e di predisporre i necessari interventi di manutenzione.

Tranne in casi particolari, dove cioè si debba intervenire in presenza di inquinanti di natura e quantità determinate strumentalmente, la scelta dei filtri dipenderà dall'utilizzo di una norma, di una linea guida o, come dovrebbe normalmente succedere per gli impianti residenziali e del terziario, dalle prescrizioni contenute nei regolamenti locali di igiene edilizia.

3.1 Norme di riferimento

Non molti anni or sono, il tema della qualità dell'aria negli ambienti confinati non era considerato di centrale importanza: il compito dei filtri inseriti sulle centrali di trattamento aria era quindi inteso a difesa dell'impianto stesso, al fine di prevenire lo sporco delle batterie di scambio termico e delle

canalizzazioni. Al giorno d'oggi, esiste invece una diffusa consapevolezza del problema legato alla presenza nell'aria degli inquinanti di origine esterna ed interna, e delle conseguenze che ne derivano a livello di comfort e di rischio per la salute. Tuttavia, il panorama normativo non si evolve alla stessa velocità della sensibilità comune, specialmente nell'ambito della tecnica impiantistica, tutto sommato abbastanza conservatore. Per dare un quadro della situazione, basti pensare che in Italia esiste da dieci anni la norma UNI 10339 "Impianti aeraulici a fini di benessere" che, tra l'altro, stabilisce con precisione didascalica la tipologia e le prestazioni dei filtri da adottare negli impianti di condizionamento: ebbene, questa norma, assai avanzata al suo apparire, ha avuto il tempo di diventare obsoleta prima ancora di essere stata applicata in modo significativo. Questo fatto non deve comunque stupire più di tanto, in quanto si tratta di una norma volontaria, la cui applicazione diventa obbligatoria solo quando richiamata da un provvedimento legislativo: in particolare, è ampiamente noto che i requisiti impiantistici di riferimento obbligato, per il settore residenziale, sono quelli eventualmente riportati nel regolamento edilizio comunale. I funzionari che redigono ed aggiornano tali regolamenti, sono ad ogni modo tenuti a riferirsi alle norme nazionali ed europee vigenti, tuttavia, non essendo tenuti a limiti temporali definiti, gli aggiornamenti sono affidati alla buona volontà e alla disponibilità individuali. Per questo motivo, le indicazioni della UNI 10339 sono riportate in una esigua percentuale dei regolamenti edilizi locali. Ad ogni modo, questa norma rappresenta il riferimento d'elezione per il progettista, con l'accortezza di provvedere ad un aggiornamento per quanto riguarda gli aspetti legati alla qualità dell'aria e alle prestazioni dei filtri. Alcune nuove norme sono infatti intervenute negli ultimi anni a rinnovare i metodi di prova e le classificazioni di efficienza dei filtri (UNI EN 779 2005 per quanto riguarda i filtri per ventilazione generale e UNI EN 1822 2002 per i filtri ad alta ed altissima efficienza), mentre la norma europea EN 13779 ha introdotto diversi nuovi aspetti in tema di qualità dell'aria e prescrizione dei filtri, in riferimento però ai soli ambienti non residenziali. Attualmente, nell'ambito del Comitato Termotecnico Italiano, un apposito Gruppo di Lavoro delegato all'AICARR (denominato SC5 GC01 GL01, per chi volesse tenersi aggiornato in merito per mezzo del sito www.cti2000.it), si sta occupando dell'aggiornamento della UNI 10339 in relazione alle norme citate: si tratta di un aggiornamento

importante, perché il campo d'applicazione è molto più ampio di quello della EN 13779, in quanto esteso a tutti gli ambienti confinati, residenziali e non. Inoltre, la norma italiana rinnovata conserverà, per la prescrizione dei filtri, il sistema del prospetto suddiviso per categorie d'ambiente, più familiare per i progettisti italiani rispetto alla tabellina estremamente sintetica della norma europea (vedi Tab.1.1 nel cap.1). A differenza del passato, il nuovo prospetto della UNI 10339 indicherà un dimensionamento dei filtri differenziato in base al livello di inquinamento dell'aria esterna (su una scala di tre livelli, in base alla classificazione del territorio: 3 = zona caratterizzata da concentrazioni di inquinanti molto elevate; 2 = zona caratterizzata da concentrazioni mediamente elevate; 1 = zona caratterizzata da inquinamento assente o moderato) e al livello di qualità dell'aria interna desiderato, o meglio, concordato con il committente (anche in questo caso in riferimento a tre possibili livelli qualitativi, mantenendo comunque le concentrazioni degli inquinanti interni al di sotto delle soglie di raccomandazione indicate dall'Organizzazione Mondiale della Sanità). Un prospetto di possibile adozione è riportato in Tab. 3.1.

3.1.1 Norma UNI EN 779

Emanata nel 2002 dal CEN (Comitato Europeo di Normazione) e pubblicata in Italia come UNI EN 779 nel 2005, rappresenta la "risposta" europea allo standard ASHRAE 52.1.

Questa norma permette di classificare i filtri per aria destinati alla ventilazione generale, secondo un criterio che prevede, per i filtri di efficienza medio-bassa per polvere grossolana (classe G), l'individuazione della efficienza ponderale (percentuale in peso di polvere di prova arrestata nel filtro). Per i filtri di efficienza media e alta per polveri fini (classe F) prevede invece una classificazione in base all'efficienza frazionaria su particelle di $0,4 \mu\text{m}$ di diametro (differenza percentuale tra numero di particelle rilevate a monte e a valle del filtro). Complessivamente, la classificazione comprende nove livelli, da G1 a G4 e da F5 a F9 (Figura 3.1).

Il filtro in prova è alloggiato in un ricettacolo inserito in un condotto, schematicamente rappresentato in Figura 3.2: a monte del filtro si introduce la polvere per i test di efficienza ponderale e per i dosaggi incrementali per

simulare lo sporciamento progressivo del filtro durante i test di efficienza frazionaria eseguiti con aerosol da $0,4 \mu\text{m}$ di diametro. Per avvicinare le condizioni di prova a quelle reali, l'efficienza frazionaria viene infatti determinata più volte, intervallando alle rilevazioni alcuni dosaggi di polvere. Il valore medio di efficienza frazionaria determinerà quindi la classe F di appartenenza del filtro (Figura 3.4).

www.ariatcube.com

3.1.2 Norma UNI EN 1822

La norma EN 1822, pubblicata come UNI EN 1822 nel 2002, descrive un metodo di prova idoneo alla determinazione dell'efficienza frazionaria dei filtri ad altissima efficienza (filtri HEPA, di classe da H10 a H14 e filtri ULPA da U15 a U17). Si tratta di un test particolarmente impegnativo, suddiviso in due parti: nella prima fase, il filtro viene messo alla prova per individuare il diametro della particella più penetrante (MPPS, Most Penetrating Particle Size). Di conseguenza, il filtro è poi testato per la frazione MPPS rilevata, per mezzo di una sonda robotizzata che esplora l'intera superficie utile di uscita del filtro. Il valore che risulta dalla media dei campionamenti corrisponde all'efficienza frazionaria di prova, che permette di assegnare il filtro ad una classe da H13 a U17 (per i filtri di classe H10, H11 e H12 si utilizza una procedura semplificata senza scansione). Questo metodo è utilizzato, tra l'altro, per il collaudo individuale dei filtri presso i siti di produzione: in tal modo, ogni filtro ad altissima efficienza può, in caso di piccoli difetti localizzati, essere "riparato" facilmente (attraverso l'applicazione di mastici speciali) e sottoposto ad un nuovo accertamento di efficienza per la validazione rispetto ad una determinata classe di appartenenza.

3.2 Prestazioni a confronto

In commercio esiste una gamma estremamente ampia di filtri per la ventilazione generale, realizzati da industrie nazionali oppure importati da Paesi europei o extraeuropei. Molti di questi filtri sono stati realizzati in conformità a specifici metodi di prova, che possono non essere in uso nei Paesi in cui sono disponibili al commercio. Un esempio tipico è rappresentato dai filtri di produzione statunitense testati e classificati secondo gli standard ASHRAE 52.1 e 52.2: molti di questi filtri, quando commercializzati in Europa, sono sottoposti a classificazione secondo le norme europee. A volte, ciò non accade, oppure esistono unità per il trattamento dell'aria che possono essere importate già equipaggiate di filtri, con dati di targa che si riferiscono alle norme statunitensi. In queste situazioni, occorre stabilire una comparazione tra i diversi sistemi di classificazione in uso, in modo da poter giudicare se un dato filtro è, o meno, idoneo secondo i nostri criteri di applicazione. Il

problema della comparazione è molto controverso, in quanto esistono delle oggettive difficoltà a stabilire una equivalenza tra filtri testati con standard che utilizzano sistemi di prova diversi tra loro. Per di più, diverse norme, nella propria enunciazione, escludono esplicitamente la possibilità di comparare le efficienze tra filtri testati secondo metodi differenti. Eppure il problema esiste, ed è particolarmente sentito tra gli utilizzatori, tanto che il Comitato Tecnico TC 117 ISO lo ha esplicitamente affrontato: tra i documenti rilasciati da questo comitato, compare un grafico che permette una comparazione incrociata tra le classificazioni operate secondo ASHRAE 52.1 - 52.2 ed EN 779. Tale grafico (Figura 3.1) è stato realizzato testando una serie di filtri secondo i differenti metodi di prova descritti negli standard statunitensi ed europeo.

www.ariacube.com

3.3 metodi di prova e condizioni reali di funzionamento

Tra le prestazioni dei filtri rilevate in laboratorio e quelle effettive sperimentate nel mondo reale, esistono delle differenze, a volte notevoli. Per comprendere questo fenomeno, occorre tenere presente che gli standard di prova sono stati concepiti per soddisfare alcune priorità ben definite: in primo luogo, il loro costo deve essere contenuto, quindi non devono durare a troppo a lungo. La vita operativa di un filtro per condizionamento dell'aria si estende in media per almeno un anno e non sono rari i casi in cui i filtri vengono "dimenticati" nei loro alloggiamenti per alcuni anni. Una prova di efficienza, in condizioni controllate, ci dice solo che quel determinato filtro ha dimostrato certe prestazioni in un laboratorio. Durante alcuni test, si cerca di simulare in qualche modo il processo di sporcamento progressivo che subirebbe realmente il filtro, attraverso dei dosaggi successivi di polvere sintetica: dopo ogni dosaggio, si ripete la determinazione dell'efficienza sulle particelle fini. Per quanto questo procedimento sia ragionevole, esso rappresenta un compromesso piuttosto forte nei confronti delle condizioni reali di funzionamento. I materiali di prova hanno caratteristiche chimico – fisiche abbastanza lontane da quelli reali, i parametri termogrometrici e i periodi pausa – lavoro nelle applicazioni reali differiscono molto dalle condizioni di laboratorio. Ad ogni modo, queste differenze pesano poco sul valore dell'efficienza iniziale, tanto è vero che filtri molto differenti tra loro, costruiti con materiali di diverso pregio e finitura, offrono spesso i medesimi buoni valori di efficienza a filtro pulito. Comunque, già nella fase di sporcamento artificiale accelerato possono emergere delle differenze abbastanza significative tra filtri di diversa concezione, mai comunque paragonabili a quelle reali. Ad esempio, le prove di accumulo nella EN 779 terminano quando la perdita di carico raggiunge i 450 Pa, un valore decisamente alto per un filtro per ventilazione generale (in genere conviene sostituire questi filtri quando determinano 150 – 200 Pa di caduta di pressione, se non si vogliono azzerare o quasi le portate d'impianto). Nelle condizioni di prova a valori così elevati, è il compatto strato di polvere che si viene a creare (*dust cake*) che contribuisce alla filtrazione, oltre al filtro stesso. Questo fenomeno comporta

un innalzamento artificioso delle prestazioni medie del filtro ed un livellamento prestazionale tra filtri diversi, che, in realtà, si comporteranno assai diversamente nell'applicazione reale, dove le polveri sono più fini (Figura 3.8), meno concentrate e si depositano in modo molto meno uniforme, in funzione di diverse variabili che nel laboratorio non sussistono o sono molto meno influenti. In seguito a questo stato di cose, può succedere che filtri etichettati, ad esempio di classe F7 (quindi in teoria equivalenti tra loro) mostrino poi alla prova dei fatti, delle prestazioni assolutamente discordanti tra loro dopo poche settimane o giorni (a volte bastano poche ore!) di funzionamento effettivo (Figura 3.9). Si tratta di fenomeni ben noti ai costruttori, un po' meno ai clienti finali e a molti progettisti: fortunatamente, è in atto una evoluzione normativa che, si spera in tempi brevi, porterà a nuovi metodi di prova che contempleranno anche dei test sul campo della durata di almeno sei mesi.

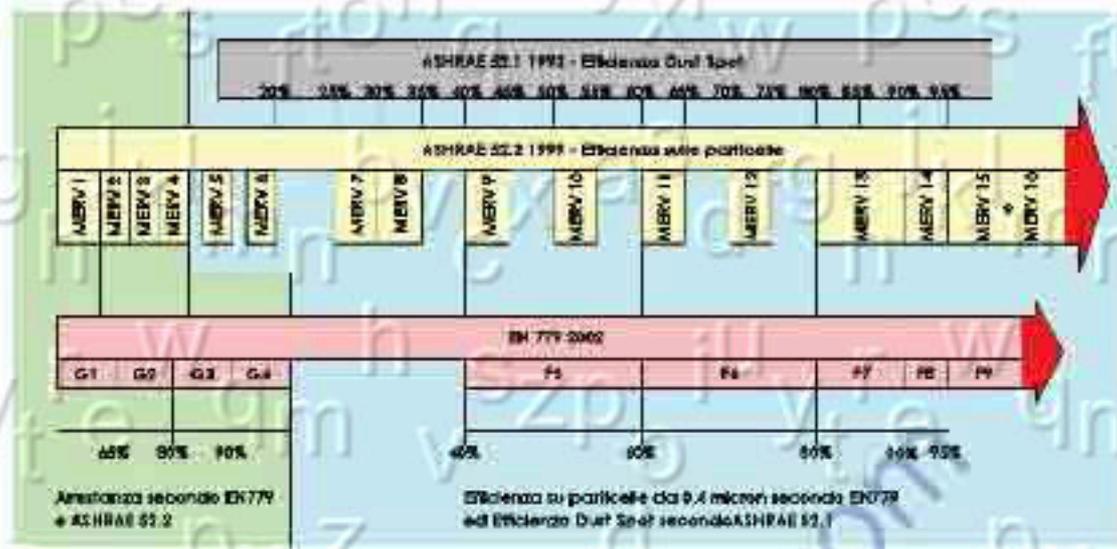


Figura 3.1

Efficienze a confronto dei filtri per ventilazione generale, omologati secondo i principali standard di prova.

(IGS TC177 ISO - Ilte Header Technologies)

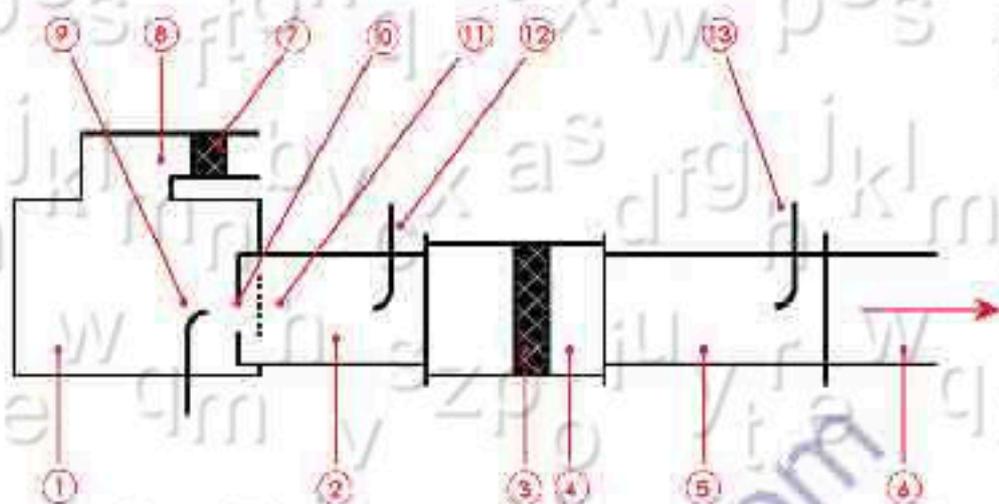


Figura 3.2

Esempio schematico di tunnel di prova per filtri (EN 779).

- 1- plenum di diffusione dell'aerosol
- 2- sezione di miscelazione della polvere
- 3- filtro in prova
- 4- sezione separabile di alloggiamento del filtro
- 5- sezione a valle del filtro
- 6- sezione connessa al ventilatore di aspirazione
- 7- filtro HEPA aria di prova
- 8- punto di immissione dell'aerosol
- 9- ugello di immissione della polvere
- 10- diaframma di miscelazione
- 11- diaframma forato
- 12- sonda di campionamento a monte
- 13- sonda di campionamento a valle



Figura 3.3

Tunnel di prova secondo UNI EN 779
(PCR SpA)

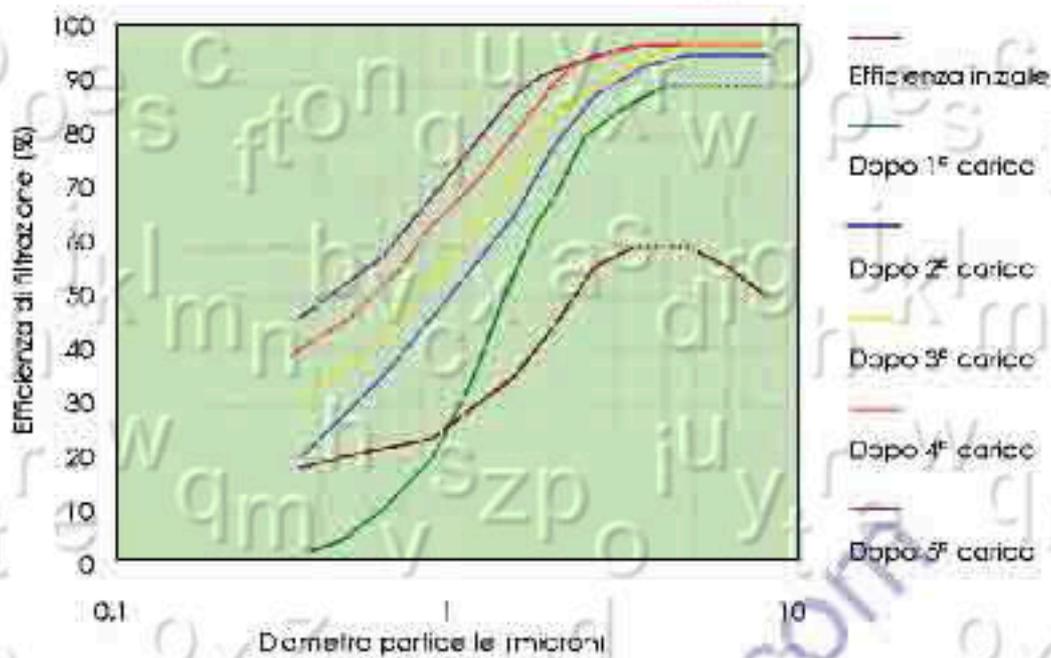


Figura 3.4

L'efficienza di targa dei filtri meccanici è costituita dalla media dei valori riscontrati nei test di prova all'aumentare del deposito di polveri: ne consegue che le prestazioni iniziali, durante la vita operativa, saranno nettamente inferiori alle massime possibili (che aumenteranno proporzionalmente alle perdite di carico dovute all'accumulo dei depositi).



Figura 3.5

Tunnel di prova per filtri ad alta efficienza secondo la norma EN 1822. In questo caso, l'aria di prova deve essere praticamente depurata da ogni particella: al centro della foto è visibile l'unità di filtrazione assoluta necessaria allo scopo. Sullo sfondo la cabina di prova, dove una sonda robotizzata esplora l'intera superficie del filtro sotto test per determinarne l'efficienza punto per punto.

(PCR SpA)



Figura 3.6

Generatore di aerosol asservito ad un condotto di prova per UNI EN 1822. Un liquido speciale (DEHS, Bis(2-etilesil) sebacato) è trasformato in aerosol di dimensione sub-micronica. La concentrazione dell'aerosol può essere variata inserendo in parallelo un numero variabile di ugelli di Laskin (ugelli sommersi produttori di micro-bolle).

(PCR Spa)



Figura 3.7

Condotto di prova secondo lo standard ASHRAE 52.
(Blue Heat & Technologies)



Figura 3.8

Microfotografie elettroniche di campioni di polvere naturale (in alto) e di polvere di prova (ASHRAE). Come si può vedere, nella polvere sintetica sono frequenti gli agglomerati grossolani, mentre nella polvere naturale gli agglomerati sono molto meno voluminosi, ed il diametro medio delle particelle è molto inferiore

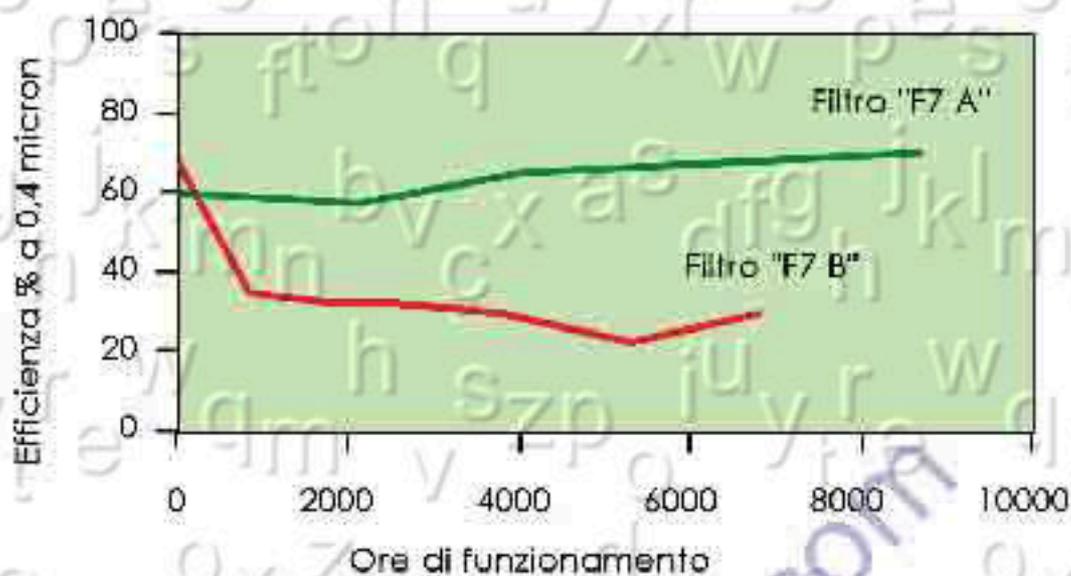


Figura 3.9

A volte, filtri appartenenti alla stessa classe possono rivelarsi molto diversi in condizioni operative: per maggiore tranquillità, è sempre preferibile privilegiare l'utilizzo di filtri accompagnati da attestazioni di prova sul campo in installazioni reali.

Classificazione ambienti	Livello qualità aria esterna	Classe di filtrazione secondo IAQ desiderata			Numero stadi di filtrazione
		alta	media	bassa	
1 EDIFICI ADIBITI A RESIDENZA e assimilabili:					
1.1 abitazioni civili	1	F6	F5	G4	1
1.2 collegi e luoghi di ricovero, case di pena, caserme, conventi	2	F7	F6	F5	1
1.3 Alberghi, pensioni	3	F8*	F7	F6	2
STRUTTURE ALBERGHIERE:					
1.4 alberghi	1	F7	F6	F5	1
1.5 pensioni e residence	2	F8	F7	F6	2
	3	F9*	F8*	F7	2
2 EDIFICI PER UFFICI E ASSIMILABILI:					
2.1 uffici in genere	1	F7	F6	F5	1
2.2 locali riunione	2	F8	F7	F6	2
2.3 centri elaborazione dati	3	F9*	F8*	F7	2
3 OSPEDALI, CLINICHE E ASSIMILABILI:					
3.1 degenze, corsie, visite mediche, soggiorni, terapie fisiche	1	F7	F6	F5	1
	2	F8	F7	F6	2
	3	F9*	F8*	F7	2
3.2 camere sterili e infettivi, maternità, anestesia, radiazioni	1	H14	H13	H12	3
	2	H14	H13	H12	3
3.3 prematuri, sale operatorie locali assimilabili	3	H14*	H13*	H12	3
4 EDIFICI ASSOCIATIVI E DI CULTO:					
4.1 cinematografi, teatri, sale gioco	1	F7	F6	F5	1
4.2 sale congressi e luoghi di culto	2	F7	F6	F5	2
	3	F8*	F7*	F6	2

	Classe di filtrazione secondo IAQ desiderata				
5 AMBIENTI PER ATTIVITÀ RICREATIVE					
5.1 bar, ristoranti e sale da ballo	1	F7	F6	F5	1
5.2 cucine	2	F7	F6	F5	2
	3	F8*	F7*	F6	2
6 EDIFICI COMMERCIALI E ASSIMILABILI					
6.1 grandi magazzini, supermercati, negozi in genere	1	F6	F5	G4	1
	2	F7	F6	F5	2
6.2 negozi alimentari, aree lavorazione alimenti in supermercati	3	F8*	F7*	F6	2
7 EDIFICI SPORTIVI E ASSIMILABILI					
7.1 piscine, palestre e assimilabili	1	F6	F5	G4	1
7.2 quartieri fieristici	2	F6	F5	G4	1
	3	F7	F6	F5	2
8 EDIFICI PER ATTIVITÀ SCOLASTICHE					
8.1 aule in genere	1	F6	F5	G4	1
8.2 laboratori	2	F7	F6	F5	1
	3	F8*	F7*	F6	2

* In abbinamento a filtri per inquinanti gassosi.

Tabella 3.1

Il prospetto VI della UNI 10339 rappresenta il riferimento principale per la scelta dei filtri da impiegare sul trattamento dell'aria esterna. In tabella è riportato un prospetto di possibile adozione nell'aggiornamento di questa norma fondamentale, alla luce delle novità introdotte dalla norma EN 13779 sulla ventilazione residenziale e dalle attuali norme di prova sui filtri (EN 779 e EN 1822). La tabella consente di adottare i filtri idonei in base al livello di inquinamento presente all'esterno e al livello di *Indoor Air Quality* desiderato all'interno. Il numero di stadi di filtrazione si riferisce alla necessità di proteggere i filtri ad alta efficienza facendoli precedere da filtri di classe inferiore.