

### **Ventilazione degli ambienti - Calcoli Prerequisito QIpr1 e Credito QIcr2**

Il prerequisito QIpr1 del sistema GBC Historic Building richiede le seguenti prestazioni minime citando come riferimento la norma UNI 10339.

## **PRESTAZIONI MINIME PER LA QUALITÀ DELL'ARIA (IAQ)**

### **Obbligatorio**

#### **Finalità**

Conseguire un'ideale qualità dell'aria negli ambienti confinati (di seguito semplicemente IAQ) al fine di tutelare la salute degli occupanti, la conservazione dell'edificio, migliorare la qualità del volume convenzionale occupato e soddisfare le condizioni di comfort richieste in funzione della destinazione d'uso dell'edificio oggetto di intervento e compatibilmente con l'esigenza di preservare gli elementi storico-culturali.

#### **Requisiti**

Il soddisfacimento delle esigenze di benessere e di tutela della salute delle persone o legate alla conservazione dell'edificio in riferimento alla qualità dell'aria interna si basa sull'adozione di opportune portate di diluizione e sull'utilizzo di idonei sistemi di filtrazione.

A tal fine, per tutte le destinazioni d'uso oggetto di intervento, devono essere assicurate sia le portate minime di aria esterna sia le classi di filtrazione, come previsto dal metodo prescrittivo riportato nella revisione della norma UNI, con riferimento alla classe di qualità dell'aria media e ai criteri progettuali previsti dalla medesima norma.

Fino alla data di entrata in vigore della revisione della norma UNI 10339, potrà essere utilizzato come riferimento il progetto di norma più recente, in funzione dell'approvazione del progetto da parte degli enti competenti.

La norma UNI 10339 viene richiamata anche all'interno del CASO 1 del QIcr2 e dell'Opzione 2 del CASO 2 dello stesso credito.

## **VALUTAZIONE DELLA PORTATA MINIMA DI ARIA ESTERNA**

### **2 Punti**

#### **Finalità**

Valutare la portata minima di aria esterna in funzione di un contaminante o parametro di riferimento volto alla conservazione dell'edificio o alla qualità dell'aria nel volume convenzionale occupato.

#### **Requisiti**

Il soddisfacimento delle esigenze di benessere e di tutela della salute delle persone o legate alla conservazione dell'edificio in riferimento alla qualità dell'aria interna si basa sull'adozione di opportune portate di diluizione.

### CASO 1. Spazi ventilati meccanicamente

Per tutti i progetti devono essere assicurate le portate di ventilazione determinate con il metodo prestazionale definito nella UNI 10339.

### CASO 2. Spazi ventilati naturalmente

Progettare sistemi di ventilazione naturale che garantiscano le portate minime di aria esterna previste dal metodo prestazionale della UNI 10339 e in accordo a quanto previsto dalle raccomandazioni definite dalla *Carbon Trust Good Practice Guides 237* (1998). Assicurarsi che la ventilazione naturale sia una strategia efficace per il progetto, seguendo i diagrammi di flusso mostrati in figura 1.18 del *Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE) Application Manual 10:2005, Natural ventilation in non-domestic buildings*.

#### E INOLTRE

##### OPZIONE 1. Prescrizioni CIBSE

Dimostrare, con diagrammi e calcoli, che il progetto della ventilazione naturale è in accordo con le prescrizioni contenute nel *CIBSE AM10:2005, Natural ventilation in non-domestic buildings*.

#### OPPURE

##### OPZIONE 2. Modello macroscopico, multi-zona e analitico

Usare un modello macroscopico, multi-zona e analitico per assicurarsi che tutte le stanze considerate singolarmente siano effettivamente ventilate naturalmente, considerando come valore minimo di portata di aria esterna quello fornito dalla UNI 10339 metodo prescrittivo classe media, per almeno il 90% degli spazi occupati.

#### PER TUTTI I CASI E LE OPZIONI

Qualora si debbano integrare sistemi impiantistici (a titolo di esempio, condotte aerauliche di distribuzione) e laddove sia tecnicamente possibile, si suggerisce di riutilizzare i cavedi esistenti per collocare gli elementi impiantistici inseriti ex-novo nell'edificio stesso, al fine di preservare e non alterare la materia storica.

La norma UNI 10339 è in fase di revisione, mentre la norma UNI 15251 non è più in vigore.

Si riportano quindi qui di seguito i chiarimenti applicativi ai fini del calcolo delle prestazioni richieste dal Prerequisito QIpr1 e dal Credito QIcr2.

### **UNI 10339**

Di fatto, pur se a oggi il progetto di norma ha perso qualsiasi valore al termine della fase di inchiesta pubblica, con conseguente impossibilità al reperimento, nelle more dell'elaborazione da parte di GBC Italia di requisiti in linea con la normativa vigente (come ad esempio ISO 17772), al fine di conseguire quanto richiesto dal prerequisito e dal credito è ammesso limitare i calcoli alla sola portata volumica d'aria minima mediante metodo prescrittivo e/o prestazionale di detto progetto di norma.

Nelle pagine seguenti è riportato un estratto di tale progetto di norma, che dovrà essere utilizzato dai progettisti come riferimento per il rispetto dei requisiti di GBC HB relativamente al sistema di ventilazione.

L'unica deroga ammessa riguarda l'affollamento: i valori riportati nelle pagine seguenti non sono da intendersi come prescrittivi, ma indicativi nel caso di mancata conoscenza dell'occupazione attesa, e restano quindi a discrezione dei progettisti qualora abbiano informazioni di progetto sufficientemente dettagliate, ma comunque ragionevolmente in linea con i valori indicati.

**I valori riportati nella tabella 13 dell'estratto di progetto norma di seguito riportato sono quindi da ritenersi indicativi e validi solo in caso di mancata conoscenza del reale affollamento, che il progettista è tenuto ad utilizzare quando noto.**

Rimane comunque chiaro che l'estratto del progetto di norma non è da intendersi per utilizzi diversi e utilizzabile nel periodo di aggiornamento da parte di GBC Italia del sistema di verifica GBC HB.

Relativamente alle classi di filtrazione della tabella 15 dell'estratto di norma sotto riportato, è allegata alla fine del documento la tabella di comparazione con la nuova classificazione ai sensi EN ISO 16890.

### **UNI EN 15251**

La norma UNI EN 15251 è stata sostituita dalla UNI EN 16798-1. Nel caso in cui si persegua l'opzione relativa alla ventilazione naturale la norma da utilizzare è la ASHRAE 62.1-2010 prendendo come riferimento per la verifica delle portate la UNI EN 16798-1.

## **“ESTRATTO DEL PROGETTO DI NORMA UNI 10339”**

### **8 METODO PRESCRITTIVO E METODO PRESTAZIONALE PER L'OTTENIMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA INTERNA**

#### **8.1 GENERALITÀ**

Per controllo della qualità dell'aria interna si intende il controllo della concentrazione dei contaminanti di origine interna ed esterna e dei valori di umidità relativa negli ambienti occupati. Il soddisfacimento delle esigenze di benessere e di tutela della salute delle persone in riferimento alla qualità dell'aria interna si basa sull'adozione di opportune portate di diluizione e sull'utilizzo di idonei sistemi di filtrazione. Può essere perseguito attraverso l'applicazione di un metodo prescrittivo oppure di un metodo prestazionale. La scelta tra i due metodi è discrezionale e lasciata all'accordo tra committente e progettista e va riportata nella relazione tecnica. La scelta del metodo prestazionale può essere motivata da:

- Condizioni di contaminazione (tipo di sorgenti, tasso delle emissioni di contaminanti, esigenze di protezione delle persone) che si discostano da quelle utilizzate come riferimento per fissare nel metodo prescrittivo i valori della portata di aria esterna e la tipologia e le prestazioni del sistema di filtrazione da adottare.
- Esigenze di efficienza energetica che portano ad adottare sensori o altri sistemi di valutazione della qualità dell'aria interna in base ai quali viene regolato il funzionamento dell'impianto.

In alternativa si applica il metodo prescrittivo che definisce:

- un valore di portata di aria esterna (o per alcuni tipi di locali di portata di aria di estrazione) pari o maggiore rispetto ai valori minimi determinati in funzione della desiderata classe di qualità dell'aria interna, della destinazione d'uso, dell'affollamento previsto dei locali e della superficie in pianta di questi ultimi. Le portate minime devono essere determinate anche in relazione con la soluzione adottata per la diffusione dell'aria in ambiente e con i conseguenti valori di efficienza convenzionale di ventilazione;
- l'adozione di livelli di filtrazione dell'aria in relazione con la classe di qualità dell'aria esterna, con la classe desiderata di qualità dell'aria interna e, eventualmente, con la classe di qualità dell'aria di ricircolo;
- il controllo dell'umidità relativa dell'aria interna e della velocità dell'aria nel volume convenzionale occupato secondo quanto previsto ai punti 7.3.2 e 7.3.3.

NOTA:

Per ciascuna classe di qualità dell'aria interna secondo i metodi prescrittivo e prestazionale, i valori minimi di portata di aria esterna vanno garantiti anche nelle condizioni più gravose, ovvero quando

## INTERPRETAZIONE OPERATIVA

sono massime le perdite di carico previste nei filtri in relazione con il loro intasamento in accordo con le norme UNI EN 779 e UNI 11254. Al fine di evitare inefficienze energetiche e insoddisfazione nei confronti della qualità dell'aria e delle condizioni termoisometriche, ove possibile si raccomanda l'adozione di sistemi automatici di regolazione della portata al variare delle perdite di carico del circuito aeraulico.

### 8.2 METODO PRESCRITTIVO PER L'OTTENIMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA INTERNA

La portata di aria esterna nominale ( $Q_{v,o,n}$ ) da immettere in ambiente deve essere calcolata in base alla seguente formula:

$$Q_{v,o,n} = n \cdot q_{v,o,p} + A \cdot q_{v,o,s} \quad [3]$$

dove

$Q_{v,o,n}$  portata volumica di aria esterna nominale, espressa in  $10^{-3} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ;

$n$  affollamento di riferimento, ovvero numero di persone previste a progetto o calcolate mediante l'indice di affollamento per unità di superficie,  $n_s$  espressa in  $\text{m}^2$ , con l'equazione:

$$n = (n_s \cdot A) \quad [4]$$

$q_{v,o,p}$  portata volumica di aria esterna minima per persona, espressa in  $10^{-3} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ persona}^{-1}$ ;

$A$  area della superficie del locale in pianta, espressa in  $\text{m}^2$ ;

$q_{v,o,s}$  portata volumica di aria esterna minima per unità di superficie espressa in  $\text{m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-2}$ .

I valori degli indici di affollamento per unità di superficie,  $n_s$ , sono quelli riportati nel Prospetto 13. Tali valori possono essere variati solo in conseguenza di atti autorizzativi in merito rilasciati dalle autorità competenti, quali VV.F. e ASL. Gli indici di affollamento sono fissati unicamente per i locali in cui sia prevista la permanenza di persone. Non vengono quindi definiti per locali di transito, corridoi, locali di servizi, ecc.

I valori di portata volumica di aria esterna minima per persona,  $q_{v,o,p}$ , e di portata volumica di aria esterna minima per unità di superficie,  $q_{v,o,s}$ , sono indicati nel Prospetto 14, in relazione con tipologia e destinazione d'uso degli ambienti e con le classi di qualità dell'aria interna. I valori riportati nel Prospetto 14 rappresentano i valori di portata volumica di aria esterna nominale, non derogabili nell'ambito del metodo prescrittivo, rimanendo aperta la possibilità di ricorrere al metodo prestazionale e di giustificare in questo ambito valori di portata di aria esterna diversi da quelli indicati.

La portata volumica di aria esterna nominale,  $Q_{v,o,n}$ , deve essere corretta per determinare la portata volumica di aria esterna  $Q_{v,o}$  da immettere in ambiente tenendo conto dell'efficienza convenzionale di ventilazione, di cui al paragrafo 8.5.1, dell'effetto della presenza di impianti misti e dell'altezza sul livello del mare:

$$Q_{v,o} = Q_{v,o,n} \cdot \left( \frac{\mathcal{E}_{v,n}}{\mathcal{E}_{v,c}} \right) \cdot C_1 \cdot C_2 \quad [5]$$

dove

$Q_{v,o}$  portata volumica minima di aria esterna di progetto che tiene conto della distribuzione dell'aria in ambiente, espressa in  $10^{-3} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ;

$Q_{v,o,n}$  portata volumica nominale di aria esterna calcolata con la [3], espressa in  $10^{-3} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ;

$\mathcal{E}_{v,n}$  efficienza nominale di ventilazione, pari a 0,8;

$E_{v,c}$  efficienza convenzionale di ventilazione;

$C_1$  coefficiente correttivo per l'effetto della presenza di impianti misti;

$C_2$  coefficiente correttivo per l'effetto dell'altitudine della località.

Per l'efficienza convenzionale di ventilazione si fa riferimento al paragrafo 8.5.2. Per i valori dei coefficienti  $C_1$  e  $C_2$  si fa riferimento al paragrafo 8.5.1.

L'Equazione [5] non si applica nel caso di estrazione, cioè per quelle tipologie di locali, per esempio cucine e bagni, per i quali viene prescritta l'adozione di una portata minima di aria di estrazione, indicata nel Prospetto 14.

In riferimento al Prospetto 14, occorre tener presente che:

1. Il progettista deve verificare il rispetto dei valori previsti da leggi e regolamenti aventi vigore di legge.
2. Le portate volumiche di aria di esterna minime indicate nel Prospetto non prevedono la presenza di fumatori nei locali serviti dall'impianto.
3. Per le categorie non presenti nel Prospetto, si adotta il valore indicato per gli ambienti assimilabili.
4. L'indicazione "estrazioni" contraddistingue quei locali che devono essere mantenuti in depressione e da cui deve essere in ogni caso estratta la portata indicata nel Prospetto qualunque sia la condizione di funzionamento dell'impianto di climatizzazione.
5. Quando l'estrazione svolga anche il compito di espulsione per le portate di aria di rinnovo immesse negli altri ambienti, il progettista deve verificare che la portata di immissione di progetto garantisca il mantenimento della qualità dell'aria desiderata in ambiente e quello delle differenze di pressione di progetto.
6. Le espulsioni da bagni e/o cucine non devono essere miscelate con quelle dell'impianto di climatizzazione, fatta salva la possibilità già descritta di estrarre l'aria dell'impianto di climatizzazione attraverso tali ambienti.
7. Durante le fasi di avviamento dell'impianto prima della normale occupazione e utilizzazione dei locali, per esigenze di risparmio energetico ed economico, le portate di aria esterna possono essere ridotte ed eventualmente può essere ammesso un funzionamento a parziale/totale ricircolo.

Nel caso che, per considerazioni di efficienza energetica, si vogliano adottare impianti aeraulici a portata variabile in relazione con la occupazione dei locali che adottino sensori di qualità dell'aria è necessario giustificare il dimensionamento e le scelte effettuate in base al metodo prestazionale di cui al paragrafo 8.3.

**Prospetto 13** - Indice di affollamento per unità di superficie per diverse destinazioni d'uso degli edifici e degli ambienti (valori indicativi - si veda il chiarimento a pagina 2 del presente documento)

Destinazione d'uso dell'edificio e dell'ambiente	Indice di affollamento per unità di superficie, $n_s$ [m <sup>-2</sup> ]
<b>RESIDENZA E ASSIMILABILI</b>	
• Residenze a carattere continuativo	
• Abitazioni civili: (valore riferito alla superficie dell'intero alloggio)	A
• Collegi, luoghi di ricovero, case di pena, caserme, conventi:	
• sale riunioni	0,6
• dormitori/camere	0,1
<b>RESIDENZE OCCUPATE SALTUARIAMENTE</b>	
• Vale quanto prescritto per le residenze a carattere continuativo	

## INTERPRETAZIONE OPERATIVA

ALBERGHI E PENSIONI ecc	
• ingresso, soggiorni	0,2
• sale conferenze/auditori (piccole)	0,6
• sale da pranzo	0,6
• camere da letto	0,1
UFFICI E ASSIMILABILI	
• Uffici singoli	0,1
• Uffici open space	0,12
• Call-Center/Centro inserimento	0,4
• Locali riunione	0,6
OSPEDALI CLINICHE, CASE DI CURA E ASSIMILABILI	
• degenze (2 -3 letti)	0,1
• corsie	0,1
• camere per infettivi	0,08
• camere per immunodepressi	0,08
• sale mediche	0,1
• soggiorni	0,4
• terapie fisiche	0,2
• diagnostiche	0,1
ATTIVITÀ RICREATIVE ASSOCIATIVE DI CULTO E ASSIMILABILI	
CINEMA, TEATRI, SALE PER CONGRESSI	
• atri, sale attesa, zona bar annessa	0,3
• platee, loggioni, aree per il pubblico, sale cinematografiche, sale teatrali, sale per riunioni	0,7
• Sala scommesse	0,4
MOSTRE MUSEI, BIBLIOTECHE, LUOGHI DI CULTO	
• sale mostre pinacoteche, musei	0,4
• sale lettura biblioteche	0,3
• luoghi di culto	0,7
BAR RISTORANTI, SALE DA BALLO	
• Bar/ pasticcerie/ self-service	0,8
• Ristorante	0,6
• sale da ballo/Discoteche	0,7
ATTIVITÀ COMMERCIALE E ASSIMILABILI	
• grandi magazzini - piano interrato	0,2
• negozi o reparti di grandi magazzini:	0,2
• barbieri, saloni bellezza	0,2
• abbigliamento, calzature, mobili, ottici, fioristi, fotografi	0,2
• alimentari, farmacie	0,2
• lavasecco	0,1
• zone pubblico banche, quartieri fieristici	0,2
EDIFICI ADIBITI AD ATTIVITÀ SPORTIVA	
PISCINE, SAUNE E ASSIMILABILI	
• piscine (sala vasca)	0,5
• spogliatoi	0,2
PALESTRE E ASSIMILABILI	
• palazzetti sportivi (campi da gioco)	0,25
• zone spettatori in piedi	0,7
• zone spettatori seduti	0,7
• spogliatoio atleti	0,2
EDIFICI ADIBITI AD ATTIVITÀ SCOLASTICHE E ASSIMILABILI	
• asili nido e scuole materne (scuole dell'infanzia)	0,42
• aule scuole elementari (primarie di primo grado)	0,55
• aule scuole medie inferiori (primarie di secondo grado)	0,55
• aule scuole medie superiori (secondarie di secondo grado)	0,51
• aule universitarie	0,5
• servizi	
• biblioteche, sale lettura	0,3
• aule musica e lingue	0,2
• laboratori chimici/biologici	
• laboratori	0,5
• sale insegnanti	0,7
Nota: A L'affollamento di riferimento per le residenze è definito in numero pari a 2 persone per i monocalci e per gli appartamenti con una camera da letto. Per ogni camera da letto aggiuntiva se la superficie in pianta è inferiore a 14 m <sup>2</sup> si considera una persona e se invece la superficie è superiore o uguale a 14 m <sup>2</sup> si considerano 2 persone.	

Destinazione d'uso dell'edificio e dell'ambiente	Portata per persona			Portata per superficie			Portata di estrazione		Nota
	$Q_{v,o,p}$ [10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> per persona]			$Q_{v,o,s}$ [10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup> ]			$Q_{v,e}$ [10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ]	[h <sup>-1</sup> ]	
	Elevata	Media	Bassa	Elevata	Media	Bassa			
<b>RESIDENZA E ASSIMILABILI</b> 1,2,3									
<i>residenze a carattere continuativo</i>									
• abitazioni civili:									
• soggiorni camere da letto e ogni altro locale esclusi cucine, bagni e locali di servizio	4,5	3,0	2,0	0,14	0,14	0,14			
• cucina	Estrazioni valori in funzionamento continuo: nel caso di impianto centralizzato, se la portata da estrarre calcolata per bilanciare, assieme alle altre estrazioni le portate totali immesse è inferiore al valore specificato qui accanto si raccomanda di installare un dispositivo (variatore di velocità del ventilatore, bocchette a doppia portata o simili) che consenta di mantenere il valore specificato per tutto il periodo di utilizzazione dell'ambiente e per un successivo periodo non inferiore a 20 minuti						13		a
	Estrazioni valori in funzionamento discontinuo: il valore indicato deve essere assicurato durante il periodo di utilizzo e per un periodo successivo non inferiore a: 20 minuti						30		a
• Bagni	Estrazioni valori in funzionamento continuo: nel caso di impianto centralizzato, se la portata da estrarre calcolata per bilanciare, assieme alle altre estrazioni le portate totali immesse è inferiore al valore specificato qui accanto si raccomanda di installare un dispositivo (variatore di velocità del ventilatore, bocchette a doppia portata o simili) che consenta di mantenere il valore specificato per tutto il periodo di utilizzazione dell'ambiente e per un successivo periodo non inferiore a 20 minuti						8		b
	Estrazioni valori in funzionamento discontinuo: il valore indicato deve essere assicurato durante il periodo di utilizzo e per un periodo successivo non inferiore a: 20 minuti						15		b
<i>collegi, luoghi di ricovero, case di pena, caserme, conventi</i>									
• sale riunioni	8,75	7	5,25	0,75	0,6	0,45			
• dormitori/camere	8,75	7	5,25	0,5	0,4	0,3			
• cucina	Estrazioni in funzionamento continuo						8		a
	Estrazioni valori in funzionamento discontinuo						16		a
• bagni/servizi	Estrazioni in funzionamento continuo						8		b
	Estrazioni valori in funzionamento discontinuo						16		b
<i>residenze occupate saltuariamente</i>									
• Vale quanto prescritto per le residenze a carattere continuativo									
<b>ALBERGHI E PENSIONI</b>									
• ingresso, soggiorni	8,75	7	5,25	1	0,8	0,6			
• sale conferenze/auditori (piccole)	8,75	7	5,25	0,38	0,3	0,23			
• sale da pranzo	8,75	7	5,25	1,25	1,0	0,75			
• camere da letto	8	6,5	4,75	0,7	0,6	0,4			
• cucine	Estrazioni in funzionamento continuo						8		a
	Estrazioni valori in funzionamento discontinuo						16		a
• bagni/servizi	Estrazioni in funzionamento continuo						8		b
	Estrazioni valori in funzionamento discontinuo						16		b
<b>UFFICI E ASSIMILABILI</b>									
• uffici	8,5	7,5	5,5	0,5	0,4	0,3			
• uffici collettivi/multipli tipo open space	8,5	7	5	0,7	0,6	0,4			
• call-Center/Centro inserimento dati	8,5	7	5	0,8	0,7	0,5			
• locali riunione	8,5	7	5	0,7	0,6	0,4			
• locali stampanti/fotocopiatrici	Estrazione						5		
• bagni/servizi	Estrazioni in funzionamento continuo						8		b
	Estrazioni valori in funzionamento discontinuo						16		b
<b>OSPEDALI CLINICHE, CASE DI CURA E ASSIMILABILI</b>									
• degenze (2-3 letti)	11,5	10	8,75	0,5	0,4	0,3			
• corsie	11,5	10	8,75	0,5	0,4	0,3			
• camere per infettivi									c
• camere per immunodepressi									d
• sale mediche	11,5	10	8,75	0,5	0,4	0,3			
• soggiorni	8,75	7	5,25	0,75	0,6	0,45			
• terapie fisiche	11,5	10	8,75	1	0,8	0,6			
• diagnostiche	11,5	10	8,75	0,5	0,4	0,3			
• sale operatorie/sale parto									e
• bagni/servizi	Estrazioni in funzionamento continuo						8		b
	Estrazioni valori in funzionamento discontinuo						16		b
<b>ATTIVITÀ RICREATIVE, ASSOCIATIVE, DI CULTO E ASSIMILABILI</b>									
<i>cinema, teatri, sale per congressi</i>									
• atri, sale attesa, zona bar an-	Estrazione						8		

## INTERPRETAZIONE OPERATIVA

nessa									
• platee, loggioni, aree per il pubblico, sale cinematografiche, sale teatrali, sale per riunioni	8,75	7	5,25	0,5	0,4	0,3			
• bagni/servizi	Estrazioni in funzionamento continuo						8		<sup>b</sup>
	Estrazioni in funzionamento discontinuo						16		<sup>b</sup>
• Sala giochi/scommesse	8,75	7	5,25	0,75	0,6	0,45			
<i>mostre musei, biblioteche, luoghi di culto</i>									
• sale mostre pinacoteche, musei	8,75	7	5,25	0,5	0,4	0,3			
• sale lettura biblioteche	8,75	7	5,25	0,63	0,5	0,38			
• deposito libri									
• luoghi di culto	8,75	7	5,25	0,5	0,4	0,3			
• bagni/servizi	Estrazioni in funzionamento continuo						8		<sup>b</sup>
	Estrazioni in funzionamento discontinuo						16		<sup>b</sup>
<i>bar, ristoranti, sale da ballo</i>									
• bar/Pasticcerie/self-service	8,75	7	5,25	1,25	1,0	0,75			
• ristoranti	8,75	7	5,25	1,25	1,0	0,75			
• sale da ballo/Discoteche	18,75	15	11,25	1,38	1,1	0,83			
• cucine	Estrazioni in funzionamento continuo						8		<sup>a</sup>
	Estrazioni in funzionamento discontinuo						16		<sup>a</sup>
• bagni/servizi	Estrazioni in funzionamento continuo						8		<sup>b</sup>
	Estrazioni in funzionamento discontinuo						16		<sup>b</sup>
<b>ATTIVITÀ COMMERCIALE E ASSIMILABILI</b>									
• grandi magazzini - piano interrato	8,75	7	5,25	0,5	0,4	0,3			
• negozi o reparti di grandi magazzini:	8,75	7	5,25	0,5	0,4	0,3			
• barbieri, saloni bellezza	8,75	7	5,25	0,6	0,5	0,4			
• abbigliamento, calzature, mobili, ottici, fioristi, fotografi	8,75	7	5,25	0,5	0,4	0,3			
• alimentari, lavasecco, farmacie	8,75	7	5,25	1	0,8	0,6			
• zone pubblico banche, quartieri fieristici	8,75	7	5,25	0,5	0,4	0,3			
• bagni/servizi	Estrazioni in funzionamento continuo						8		<sup>b</sup>
	Estrazioni in funzionamento discontinuo						16		<sup>b</sup>
<b>ADIBITI AD ATTIVITÀ SPORTIVA PISCINE, SAUNE E ASSIMILABILI</b>									
• piscine (sala vasca)	8,75	7	5,25	7,5	6,0	4,5			<sup>f</sup>
• Spogliatoi	8,75	7	5,25	0,38	0,3	0,23			
• bagni/servizi	Estrazione						8		<sup>b</sup>
<i>palestre e assimilabili</i>									
• palazzetti sportivi (campi da gioco)	6,25	5	3,75	0,75	0,6	0,45			
• zone spettatori in piedi	8,75	7	5,25	0,5	0,4	0,3			
• zone spettatori seduti	8,75	7	5,25	0,5	0,4	0,3			
• altri locali									
• spogliatoio atleti	8,75	7	5,25	0,38	0,3	0,23			
• bagni/servizi	Estrazioni in funzionamento continuo						8		<sup>b</sup>
	Estrazioni in funzionamento discontinuo						16		<sup>b</sup>
<b>ADIBITI AD ATTIVITÀ SCOLASTICHE E ASSIMILABILI</b>									
• asili nido e scuole materne (scuole per l'infanzia)	7,5	6	4,5	1,25	1,0	0,75			<sup>g</sup>
• aule scuole elementari (primarie di primo grado)	7,5	6	4,5	0,63	0,5	0,38			<sup>g</sup>
• aule scuole medie inferiori (primarie di secondo grado)	7,5	6	4,5	0,63	0,5	0,38			<sup>g</sup>
• aule scuole medie superiori (secondarie di secondo grado)	7,5	6	4,5	0,63	0,5	0,38			<sup>g</sup>
• aule universitarie	7,5	6	4,5	0,63	0,5	0,38			
• bagni/servizi	Estrazioni in funzionamento continuo						8		<sup>b</sup>
	Estrazioni in funzionamento discontinuo						16		<sup>b</sup>
• biblioteche, sale lettura	6,9	5,5	4,1	0,63	0,5	0,38			
• aule musica e lingue	6,9	5,5	4,1	0,38	0,3	0,23			
• laboratori chimici/biologici	Estrazione						5		
• laboratori	7,5	6	4,5	0,63	0,5	0,38			
• sale insegnanti	7,5	6	4,5	0,63	0,5	0,38			
<b>NOTE:</b>									
1 Nel settore residenziale, tenuto conto delle caratteristiche di utenza e di discontinuità di occupazione, è fortemente suggerita e raccomandata l'adozione di soluzioni che consentano di variare le portate e di ripartirle diversamente nei locali in relazione con i bisogni effettivi.									
2 La portata di aria esterna che deve essere immessa negli ambienti va calcolata tenendo conto del numero nominale di occupanti e dell'area della superficie netta di tutti i locali, esclusi cucine, bagni, corridoi e locali di servizio. La portata totale va suddivisa tra gli ambienti al netto delle esclusioni in base alle condizioni specifiche che devono essere valutate in fase di progettazione. Nel caso che questa portata risulti inferiore alla somma delle portate continue di estrazione si adotta come portata di aria esterna almeno il valore della somma delle portate continue di estrazione e comunque tale da garantire i requisiti di sovrappressione di cui al paragrafo 9.1.1.1.									
3 L'impianto in assenza di persone deve garantire una portata minima di aria esterna pari a $0,1 \times 10^3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ m}^2$ . Tale valore può essere ottenuto anche come valore medio mediante ventilatori a funzionamento intermittente temporizzato.									
a Negli ambienti adibiti a cucina e dotati di estrazioni localizzate, l'impianto di climatizzazione deve essere progettato in modo da tener conto delle estrazioni e delle necessità di mantenimento delle desiderate condizioni di differenza di pressione tra tutti gli ambienti serviti dall'impianto. La portata minima estratta negli impianti a funzionamento continuo non deve essere inferiore a $8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ nelle cucine e a $4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ nei bagni.									
b Il volume è quello relativo ai bagni (antibagni esclusi).									
c Tali ambienti devono essere mantenuti in depressione. Si prescrive una estrazione minima pari a $6 \text{ h}^{-1}$ e una depressione minima misurabile di 15 Pa.									
d Tali ambienti devono essere mantenuti in pressione. Si prescrive un rinnovo minimo pari a $6 \text{ h}^{-1}$ e una pressione minima misurabile 15 Pa.									
e Per questi ambienti le portate di aria devono essere stabilite in relazione alle prescrizioni vigenti e alle specifiche esigenze delle singole applicazioni.									
f Valori più elevati possono essere richiesti per controllare l'umidità. Per le piscine si prescrive una portata minima di aria esterna di $5,5 \cdot 10^3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ per $\text{m}^2$ di area della superficie della vasca.									
g In ogni caso deve essere rispettato il numero di ricambi/ora minimo indicato nel D.M del 18 dicembre 1975 e s.m.i									



### 8.2.1.1 Filtrazione dell'aria

Negli impianti di cui alla presente norma, vanno adottati i livelli di filtrazione dell'aria in relazione con la classe di qualità dell'aria interna desiderata, con la classe di qualità dell'aria esterna e con la destinazione d'uso degli ambienti serviti dall'impianto. Se riguarda tutte le tipologie di impianti non può essere un sottopunto. Le indicazioni sui livelli minimi di filtrazione da adottare sono riportate nel Prospetto 15, nel quale sono indicate le classi di filtrazione così come definite nelle norme UNI EN 779, UNI EN 1822 e UNI 11254. In riferimento al Prospetto 15, si raccomanda, in assenza di condizioni o esigenze particolari, l'adozione di livelli delle classi di filtrazione indicate nella colonna "classe di qualità interna - media". Quando, per condizioni o esigenze particolari, si accettino livelli inferiori di qualità dell'aria interna (classe di qualità dell'aria interna bassa) o si richiedano livelli superiori, (classe di qualità dell'aria interna elevata) tale scelta deve essere esplicitata e motivata nella relazione di progetto.

La prescrizione sulla classe del filtro riportata nel Prospetto 15 si riferisce all'efficienza media di filtrazione offerta dal filtro destinato a garantire la qualità dell'aria prevista negli ambienti. Tale filtro, a seconda delle applicazioni e tenuto conto di considerazioni affidate al progettista, può essere unico o essere preceduto da altri filtri di classe di efficienza di filtrazione inferiore. I filtri che precedono lo stadio finale di filtrazione possono essere adottati per proteggere il filtro finale dal particolato più grossolano e/o per proteggere i componenti impiantistici inseriti nel circuito aeraulico. La scelta del filtro finale e del suo posizionamento nell'ambito dell'unità di trattamento aria e quella degli eventuali filtri di classe di efficienza di filtrazione inferiore e del loro posizionamento devono tener conto anche delle sorgenti di contaminazione interne all'unità di trattamento e della esigenza di contenimento dei consumi energetici. Si raccomanda pertanto di scegliere il sistema di filtrazione e i singoli filtri sulla base della perdita di carico iniziale (a parità di classe di filtrazione) e della perdita di carico complessiva offerta dai filtri posti in sequenza nel circuito aeraulico. Nel processo di selezione rientra anche la considerazione dell'efficienza minima di filtrazione e della capacità di accumulo di polvere (dust holding capacity) secondo quanto previsto dalla norma UNI EN 779.

Qualora si adottino più stadi di filtrazione, si raccomanda che lo stadio a più elevata efficienza sia posizionato il più vicino possibile alle utenze da servire, compatibilmente con considerazioni relative alla realizzazione dell'impianto e alla sua manutenzione.

**Nota:**

*I valori minimi di portata di aria esterna, per ciascuna classe di qualità dell'aria interna secondo i metodi prescrittivo e prestazionale, vanno garantiti anche nelle condizioni più gravose, ovvero quando sono massime le perdite di carico previste nei filtri in relazione con il loro sporcamiento, in accordo con UNI EN 779 e UNI 11254. Al fine di evitare inefficienze energetiche e problemi di benessere per gli occupanti, ove possibile, si raccomanda l'adozione di sistemi automatici di regolazione della portata al variare delle perdite di carico del circuito aeraulico.*

## INTERPRETAZIONE OPERATIVA

Le classi dei filtri finali nel Prospetto 15 si riferiscono all'efficienza di filtrazione del solo particolato. Nel caso vi sia anche una significativa presenza di contaminanti aeriformi, occorre considerare anche l'impiego di uno stadio di filtrazione destinato alla filtrazione di tali contaminanti, di cui al punto 8.2.1.2. In tale caso si lascia al progettista la scelta della tipologia dei filtri e la definizione dei livelli di prestazione.

**Prospetto 15** - Filtrazione minima prevista

Destinazione d'uso dell'edificio e dell'ambiente	Classe di qualità dell'aria esterna	Classe dei filtri finali		
		Classe di qualità dell'aria interna		
		Elevata	Media	Bassa
<b>RESIDENZA E ASSIMILABILI</b>				
abitazioni civili	Elevata	M6	M5	G4
	Media	F7	M6	M5
	Bassa	F8*	M6*	M5*
collegi e luoghi di ricovero, case di pena, caserme, conventi strutture alberghiere: - alberghi - pensioni e residence	Elevata	F7	M6	M5
	Media	F8	F7	M6
	Bassa	F8*	F7*	M6*
<b>UFFICI E ASSIMILABILI</b>				
uffici in genere locali riunione centri elaborazione dati	Elevata	F7	M6	M5
	Media	F8	F7	M6
	Bassa	F9*	F7*	M6*
<b>OSPEDALI, CLINICHE E ASSIMILABILI</b>				
degenze, corsie, visite mediche, soggiorni, terapie fisiche	Elevata	F7	M6	M5
	Media	F8	F7	M6
	Bassa	F9*	F7*	M6*
camere sterili e infettivi, maternità, anestesia, radiazioni prematuri	Elevata	H14	H13	E12
	Media	H14	H13	E12
	Bassa	H14*	H13*	E12*
<b>ASSOCIAZIONI E CULTO</b>				
cinematografi, teatri, sale gioco sale congressi e luoghi di culto	Elevata	F7	M6	M5
	Media	F8	F7	M6
	Bassa	F8*	F7*	M6*
<b>ATTIVITÀ RICREATIVE</b>				
bar, ristoranti e sale da ballo cucine (aria immessa)	Elevata	F7	M6	M5
	Media	F8	F7	M6
	Bassa	F8*	F7*	M6*
<b>COMMERCIALE E ASSIMILABILI</b>				
grandi magazzini, supermercati, negozi in genere negozi alimentari, aree lavorazione alimenti in supermercati	Elevata	F7	M6	M5
	Media	F8	F7	M6
	Bassa	F8*	F7*	M6*
<b>PER LO SPORT E ASSIMILABILI</b>				
piscine, palestre e assimilabili quartieri fieristici	Elevata	F7	M6	M5
	Media	F8	F7	M6
	Bassa	F8*	F7*	M6*
<b>ATTIVITÀ SCOLASTICHE:</b>				
aule in genere laboratori	Elevata	F7	M6	M5
	Media	F8	F7	M6
	Bassa	F9*	F7*	M6*
(*) In questi casi è necessario valutare l'adozione anche di un adeguato filtro per i contaminanti aeriformi. Si raccomanda un opportuno posizionamento del filtro, tenendo conto sia della necessità di protezione a monte, sia della possibilità che esso stesso rilasci particolato.				

### 8.2.1.1 Filtri elettrostatici attivi in combinazione o in sostituzione di filtri di tipo meccanico

Il Prospetto 15 fa riferimento solo a filtri di tipo meccanico. Nelle unità di trattamento aria possono essere impiegati anche filtri di tipo elettrostatico attivo, definiti e classificati nella norma UNI 11254, che possono essere adottati in sostituzione o in combinazione con filtri meccanici, con funzione di filtro terminale e/o di prefiltra. Ai fini del soddisfacimento dei requisiti di qualità dell'aria riportati nella presente norma, non essendoci corrispondenza diretta tra la classificazione dei filtri meccanici e quella dei filtri elettrostatici attivi, la scelta di questi ultimi deve essere motivata nella relazione di progetto o di progetto-offerta. In particolare, nella relazione devono essere evidenziati il raggiungimento delle

prestazioni prescritte per i filtri meccanici e, eventualmente, le implicazioni operative e manutentive oltre che i vantaggi energetici e/o di controllo della contaminazione biologica e aeriforme.

#### 8.2.1.2 Filtri per la filtrazione dei contaminanti aeriformi

Per i contaminanti aeriformi (gas e vapori) si ricorre principalmente al meccanismo della diluizione con aria esterna e, quando opportuno, alla filtrazione con idonei sistemi di filtrazione oppure a una combinazione delle due precedenti soluzioni. Si tenga presente che tali sistemi di filtrazione possono portare vantaggi dal punto di vista sia della qualità dell'aria sia dei consumi energetici, quando consentano riduzioni nelle portate di aria esterna di diluizione. L'adozione di sistemi di filtrazione dei contaminanti aeriformi è raccomandata:

- quando l'aria esterna utilizzata per la diluizione contenga contaminanti a livelli di concentrazione elevati (p.e. per la prossimità a parcheggi, piste aeroportuali, caselli autostradali) e/o non accettabili in base alle normative sulla qualità dell'aria esterna;
- quando nell'ambiente interno visiano sorgenti di contaminazione aeriforme di particolare rilevanza (p.e. cucine, negozi di parrucchiere, studi dentistici, lavanderie) oppure esigenze particolari di contenimento della contaminazione aeriforme (p.e. musei, archivi, Centri Elaborazione Dati).

Alla data di pubblicazione della presente norma, pur essendo dimostrate l'efficacia e l'applicabilità di sistemi quali filtri a carbone attivo, ad allumina (eventualmente attivata), a zeolite e fotocatalitici, non esistono norme tecniche relative alla definizione e alla classificazione delle prestazioni di tali filtri. La scelta di questi sistemi di filtrazione deve essere motivata nella relazione di progetto, o di progetto-offerta. In particolare, devono essere evidenziate le prestazioni raggiunte e, eventualmente, le implicazioni operative e manutentive e i vantaggi energetici.

#### 8.2.1.3 Filtrazione dell'aria espulsa

Si raccomanda di considerare l'eventuale presenza nell'aria espulsa di contaminanti quali particolato, aeriformi, contaminanti biologici o radiologicamente attivi. Quando vi siano obblighi derivanti da leggi e regolamenti locali, o comunque quando il progettista ne ravvisa la necessità, deve essere prevista una sezione di filtrazione sull'aria espulsa. Il filtro sull'aria espulsa deve essere installato a monte del ventilatore di espulsione.

### 8.3 METODO PRESTAZIONALE

Il metodo prestazionale può trovare applicazione in tutti i casi in cui la progettazione riguardi impianti a servizio di:

1. edifici e ambienti per i quali l'adozione del metodo prescrittivo non è adeguata ai fini dell'ottenimento della desiderata qualità dell'aria, a causa della presenza di contaminanti in qualità e in concentrazioni diverse da quelle che si hanno normalmente. In questi casi, si ricorre a sistemi di ventilazione a portata costante (o in alcuni casi, a sistemi di ventilazione a portata variabile non sulla base della qualità dell'aria interna) e occorre considerare dettagliatamente tipo di sorgenti di contaminanti, tasso di emissione dei contaminanti di riferimento ed esigenze di protezione delle persone;
2. edifici e ambienti nei quali si adottano sistemi di ventilazione a portata variabile, per far fronte alla variabilità temporale della contaminazione e per ridurre i consumi, migliorando l'efficienza energetica. In questi sistemi la portata viene variata sulla base del segnale proveniente da sensori o da altri sistemi automatici di valutazione della qualità dell'aria.

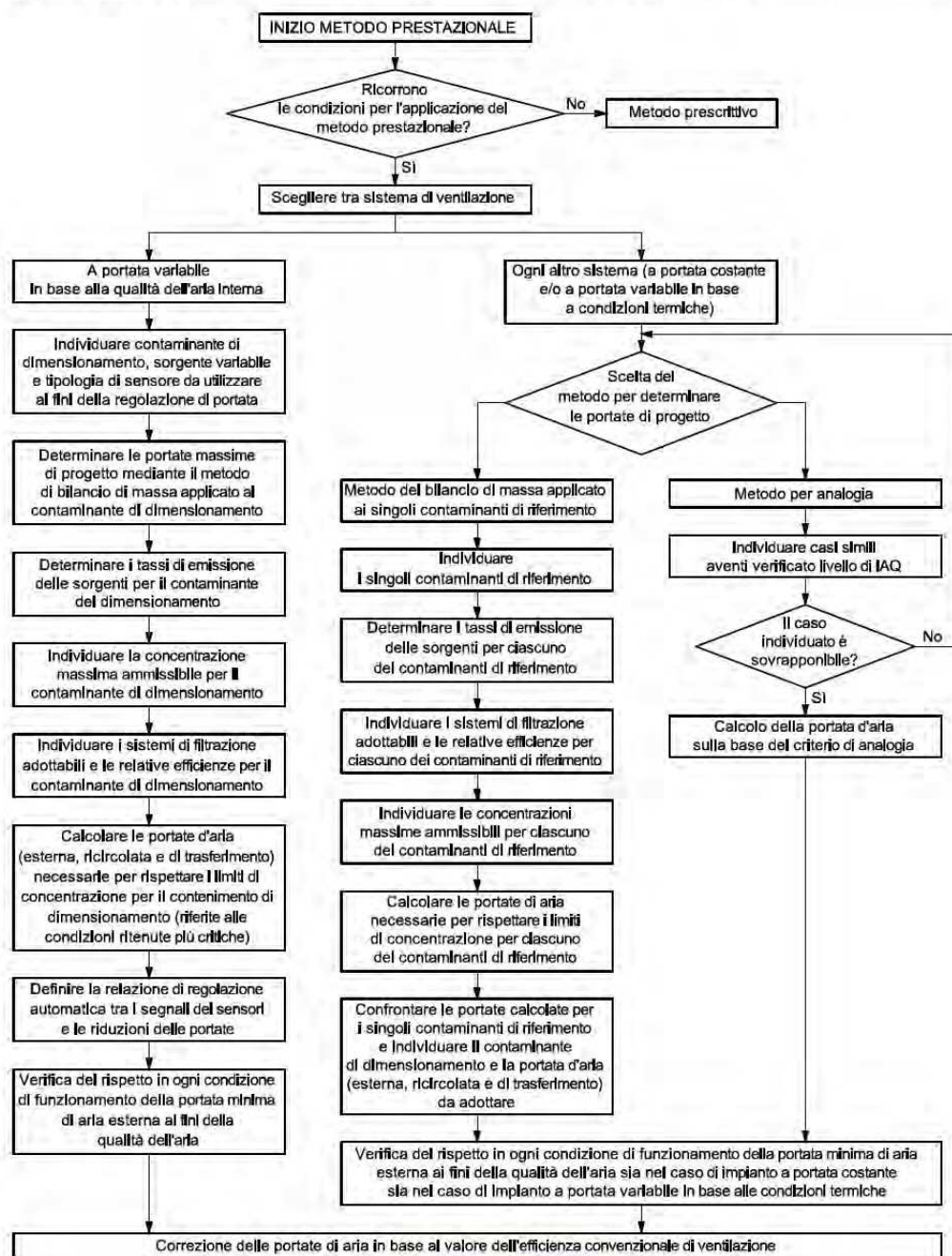
La procedura da seguire nell'applicazione del metodo prestazionale, sinteticamente descritta nel diagramma di flusso di Figura 3, è dettagliatamente illustrata nei paragrafi successivi.

**8.3.1 Metodo del bilancio di massa applicato ai singoli contaminanti di riferimento**

Il metodo del bilancio di massa si adotta nei casi di sistema a portata d'aria costante o di sistema a portata variabile in base a condizioni termiche. Il metodo di bilancio di massa richiede di:

1. individuare i singoli contaminanti di riferimento;
2. determinare i tassi di emissione delle sorgenti per ciascuno dei contaminanti di riferimento;
3. determinare le concentrazioni dei ciascuno dei contaminati di riferimento nell'aria esterna utilizzata ai fini della diluizione;
4. individuare i sistemi di filtrazione da adottare e le relative efficienze di filtrazione per i singoli contaminanti di riferimento;
5. individuare le concentrazioni massime ammissibili per ciascuno dei contaminanti di riferimento;
6. calcolare le portate di aria necessarie per rispettare i limiti di concentrazione per ciascuno dei contaminanti di riferimento;

**Figura 3 - Diagramma di flusso per l'applicazione della procedura di controllo della concentrazione dei contaminanti interni**



7. adottare come valore di portata di aria esterna per il dimensionamento dell'impianto il maggiore tra quelli calcolati; il contaminante cui tale portata si riferisce viene considerato il contaminante di dimensionamento.

In ogni caso e in ogni condizione di funzionamento la portata di aria esterna non può essere inferiore a quella indicata nella colonna "Portata per superficie" valore "Medio" del Prospetto 14. In Figura 4 è riportato uno schema generale di impianto con sola immissione di aria esterna per la diluizione dei contaminanti nel volume convenzionale occupato. In questo caso, il bilancio di massa è dato dall'Equazione:

$$Q_{v,ODA} = Q_{v,SUP} = \frac{Q_{m,a}}{(C_{IDA} - C_{ODA})} \cdot \frac{1}{\varepsilon_{V,c}} \quad [6]$$

dove:

- $C_{IDA}$ : concentrazione del contaminante nell'aria interna (massima concentrazione ammessa), espressa in  $\text{kg m}^{-3}$ ;
- $C_{ODA}$ : concentrazione del contaminante nell'aria esterna, espressa in  $\text{kg m}^{-3}$ ;
- $Q_{m,a}$  portata massica di contaminante emesso (tasso di emissione) dalle sorgenti interne al locale considerato, espressa in  $\text{kg s}^{-1}$ ;
- $Q_{v,ODA}$  portata volumica di aria esterna, espressa in  $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ;
- $Q_{v,SUP}$  portata volumica di aria immessa, espressa in  $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ;
- $\varepsilon_{V,c}$  efficienza convenzionale di ventilazione.

In figura 5 è riportato uno schema generale di impianto di ventilazione a servizio di un ambiente, per il quale il bilancio di massa sul sistema (volume convenzionale occupato e impianto) si esprime con le equazioni riportate nel seguito nell'ipotesi di diffusione a perfetta miscelazione nel volume convenzionale occupato.

Bilancio di massa del contaminante sul volume convenzionale occupato:

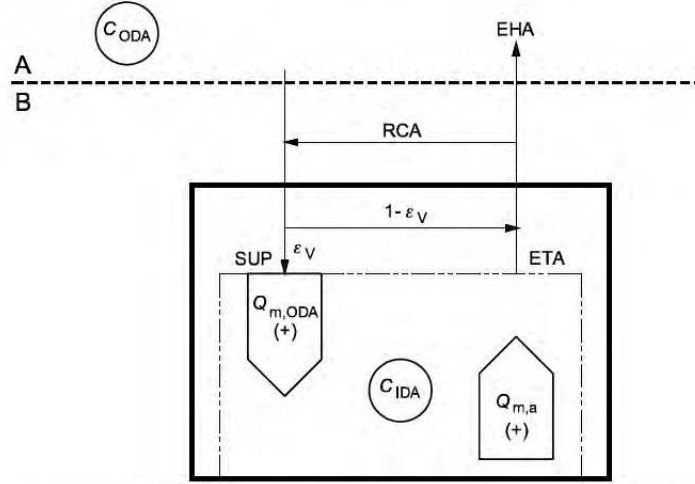
$$Q_{m,a} + Q_{m,SUP} + Q_{m,TRA} + Q_{m,SEC,L} + Q_{m,SEC,SUP} = Q_{m,ETA} + Q_{m,SEC,L} + Q_{m,SEC,ETA} \quad [7]$$

dove

- $Q_{m,a}$  portata massica di contaminante emesso (tasso di emissione) dalle sorgenti interne al locale considerato, espressa in  $\text{kg s}^{-1}$ ;
- $Q_{m,ETA}$  portata massica del contaminante nell'aria estratta, espressa in  $\text{kg s}^{-1}$ ;
- $Q_{m,SEC,ETA}$  portata massica del contaminante nell'aria secondaria estratta, espressa in  $\text{kg s}^{-1}$ ;
- $Q_{m,SEC,L}$  portata massica del contaminante nell'aria secondaria locale, espressa in  $\text{kg s}^{-1}$ ;
- $Q_{m,SEC,SUP}$  portata massica del contaminante nell'aria secondaria immessa, espressa in  $\text{kg s}^{-1}$ ;
- $Q_{m,SUP}$  portata massica del contaminante nell'aria immessa, espressa in  $\text{kg s}^{-1}$ ;
- $Q_{m,TRA}$  portata massica del contaminante nell'aria trasferita, espressa in  $\text{kg s}^{-1}$ ;

esplicitando le portate massiche in funzione delle concentrazioni del contaminante di riferimento e delle efficienze di filtrazione, la [7] diventa:

Figura 4 - Schema per l'applicazione del metodo del bilancio di massa sul volume convenzionale occupato da un singolo locale per il controllo della concentrazione interna dei contaminanti



Legenda:

- $C_{IDA}$ : concentrazione del contaminante nell'aria interna (massima concentrazione ammessa), espressa in  $\text{kg m}^{-3}$ ;
- $C_{ODA}$ : concentrazione del contaminante nell'aria esterna, espressa in  $\text{kg m}^{-3}$ ;
- $Q_{m,a}$ : portata massica di contaminante emesso (tasso di emissione) dalle sorgenti interne al locale considerato, espressa in  $\text{kg s}^{-1}$ ;
- $Q_{v,ODA}$ : portata volumica di aria esterna, espressa in  $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ;
- $\varepsilon_{v,c}$ : efficienza convenzionale di ventilazione;
- 1: ambiente esterno;
- 2: ambiente interno;
- 3: volume convenzionale occupato.

$$Q_{m,a} + (Q_{v,SUP} \cdot C_{SUP}) + [(Q_{v,TRA} \cdot C_{TRA}) \cdot (1 - E_{TRA})] + [(Q_{v,SEC,L} \cdot C_{IDA}) \cdot (1 - E_{SEC,L})] + [(Q_{v,SEC,SUP} \cdot C_{IDA}) \cdot (1 - E_{SEC,SUP})] = (Q_{v,ETA} \cdot C_{IDA}) + (Q_{v,SEC,L} \cdot C_{IDA}) + (Q_{v,SEC,ETA} \cdot C_{IDA}) \quad [8]$$

che a sua volta, tenendo conto della efficienza convenzionale di ventilazione, diventa:

$$Q_{m,a} + [Q_{v,ODA} \cdot C_{ODA} \cdot (1 - E_{ODA}) + Q_{v,RCA} \cdot C_{RCA} \cdot (1 - E_{RCA})] \cdot (1 - E_{SUP}) \cdot \varepsilon_{v,c} + Q_{v,TRA} \cdot C_{TRA} \cdot (1 - E_{TRA}) + [(Q_{v,SEC,L} \cdot C_{IDA}) \cdot (1 - E_{SEC,L})] + [(Q_{v,SEC,SUP} \cdot C_{IDA}) \cdot (1 - E_{SEC,SUP})] = (Q_{v,ETA} \cdot C_{IDA}) + (Q_{v,SEC,L} \cdot C_{IDA}) + (Q_{v,SEC,ETA} \cdot C_{IDA}) \quad [9]$$

e quindi:

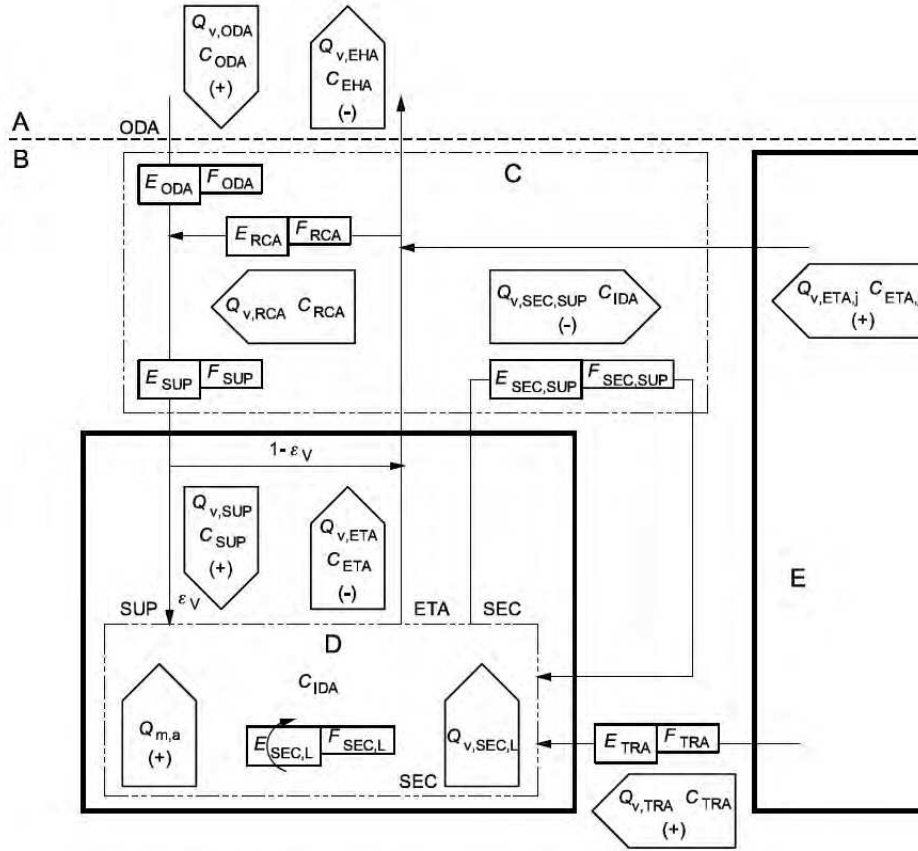
$$Q_{m,a} + [Q_{v,ODA} \cdot C_{ODA} \cdot (1 - E_{ODA}) + Q_{v,RCA} \cdot C_{RCA} \cdot (1 - E_{RCA})] \cdot (1 - E_{SUP}) \cdot \varepsilon_{v,c} + Q_{v,TRA} \cdot C_{TRA} \cdot (1 - E_{TRA}) = (Q_{v,ETA} \cdot C_{IDA}) + (Q_{v,SEC,L} \cdot C_{IDA} \cdot E_{SEC,L}) + (Q_{v,SEC,ETA} \cdot C_{IDA} \cdot E_{SEC,SUP}) \quad [10]$$

dove:

- $C_{IDA}$  concentrazione del contaminante nell'aria interna (massima concentrazione ammessa), espressa in  $\text{kg m}^{-3}$ ;
- $C_{ODA}$  concentrazione del contaminante nell'aria esterna, espressa in  $\text{kg m}^{-3}$ ;
- $C_{RCA}$  concentrazione del contaminante nell'aria ricircolata, espressa in  $\text{kg m}^{-3}$ ;
- $C_{SUP}$  concentrazione del contaminante nell'aria immessa, espressa in  $\text{kg m}^{-3}$ ;
- $C_{TRA}$  concentrazione del contaminante nell'aria trasferita, espressa in  $\text{kg m}^{-3}$ ;
- $E_{ODA}$  efficienza del filtro installato sull'aria esterna;
- $E_{RCA}$  efficienza del filtro installato sull'aria ricircolata;

$E_{SEC,L}$	efficienza del filtro installato sull'aria secondaria locale;
$E_{SEC,SUP}$	efficienza del filtro installato sull'aria secondaria immessa;
$E_{SUP}$	efficienza del filtro installato sull'aria immessa;
$E_{TRA}$	efficienza del filtro installato sull'aria trasferita;
$Q_{m,a}$	portata massica di contaminante emesso (tasso di emissione) dalle sorgenti interne al locale considerato, espressa in $kg\ s^{-1}$ ;
$Q_{v,ETA}$	portata volumica di aria estratta, espressa in $m^3\ s^{-1}$ ;
$Q_{v,ODA}$	portata volumica di aria esterna, espressa in $m^3\ s^{-1}$ ;
$Q_{v,RCA}$	portata volumica di aria espulsa, espressa in $m^3\ s^{-1}$ ;
$Q_{v,SEC,ETA}$	portata volumica di aria secondaria estratta, espressa in $m^3\ s^{-1}$ ;
$Q_{v,SEC,L}$	portata volumica di aria secondaria locale, espressa in $m^3\ s^{-1}$ ;
$Q_{v,SEC,SUP}$	portata volumica di aria secondaria immessa, espressa in $m^3\ s^{-1}$ ;
$Q_{v,SUP}$	portata volumica di aria secondaria, espressa in $m^3\ s^{-1}$ ;
$Q_{v,TRA}$	portata volumica di aria trasferita, espressa in $m^3\ s^{-1}$ ;
$\epsilon_{V,c}$	efficienza convenzionale di ventilazione.

**Figura 5 - Schema per l'applicazione del metodo del bilancio di massa a un singolo locale, al suo volume convenzionale occupato e all'impianto di ventilazione per il controllo della concentrazione interna dei contaminanti**



- Legenda:**
- $C_{IDA}$ : concentrazione del contaminante nell'aria interna (massima concentrazione ammessa), espressa in  $\text{kg m}^{-3}$ ;
  - $C_{ODA}$ : concentrazione del contaminante nell'aria esterna, espressa in  $\text{kg m}^{-3}$ ;
  - $C_{RCA}$ : concentrazione del contaminante nell'aria ricircolata, espressa in  $\text{kg m}^{-3}$ ;
  - $C_{SUP}$ : concentrazione del contaminante nell'aria immessa, espressa in  $\text{kg m}^{-3}$ ;
  - $C_{TRA}$ : concentrazione del contaminante nell'aria trasferita, espressa in  $\text{kg m}^{-3}$ ;
  - $E_{ODA}$ : efficienza del filtro installato sull'aria esterna;
  - $E_{RCA}$ : efficienza del filtro installato sull'aria ricircolata;
  - $E_{SEC,L}$ : efficienza del filtro installato sull'aria secondaria locale;
  - $E_{SEC,SUP}$ : efficienza del filtro installato sull'aria secondaria immessa;
  - $E_{SUP}$ : efficienza del filtro installato sull'aria immessa;
  - $E_{TRA}$ : efficienza del filtro installato sull'aria trasferita;
  - $Q_{m,a}$ : portata massica di contaminante emesso (tasso di emissione) dalle sorgenti interne al locale considerato, espressa in  $\text{kg s}^{-1}$ ;
  - $Q_{v,ETA}$ : portata volumica del contaminante nell'aria estratta, espressa in  $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ;
  - $Q_{v,ODA}$ : portata volumica del contaminante nell'aria esterna, espressa in  $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ;
  - $Q_{v,RCA}$ : portata volumica del contaminante nell'aria espulsa, espressa in  $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ;
  - $Q_{v,SEC,ETA}$ : portata volumica del contaminante nell'aria secondaria estratta, espressa in  $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ;
  - $Q_{v,SEC,L}$ : portata volumica del contaminante nell'aria secondaria locale, espressa in  $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ;
  - $Q_{v,SEC,SUP}$ : portata volumica del contaminante nell'aria secondaria immessa, espressa in  $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ;
  - $Q_{v,SUP}$ : portata volumica del contaminante nell'aria secondaria, espressa in  $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ;
  - $Q_{v,TRA}$ : portata volumica del contaminante nell'aria trasferita, espressa in  $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ;
  - $\epsilon_{v,c}$ : efficienza convenzionale di ventilazione;
  - 1: ambiente esterno;
  - 2: ambiente interno;
  - 3: altro locale interno;
  - 4: volume convenzionale occupato;
  - 5: unità di trattamento aria.

### 8.3.1.1 Individuazione dei singoli contaminanti di riferimento

Per ogni ambiente in cui vi siano situazioni, materiali e attività o processi che possano determinare l'emissione di contaminanti potenzialmente dannosi per la salute, e/o in grado di compromettere i livelli richiesti di benessere, è necessario individuare e indicare esplicitamente tali contaminanti. Si deve inoltre tenere conto dell'eventuale presenza di contaminanti di origine geologica e di quelli legati alla localizzazione dell'edificio in base alla tipologia di aree di cui al paragrafo A.2 dell'Appendice A.



### 8.3.1.2 Determinazione dei tassi di emissione delle sorgenti per ciascuno dei contaminanti di riferimento

La determinazione del valore dei tassi di emissione deve essere effettuata mediante l'acquisizione di informazioni su attività e materiali, di certificazioni reperibili in banche dati e/o di risultati di misure dirette. Le procedure seguite per la determinazione del valore del tasso di emissione devono essere documentate all'interno della relazione di progetto.

### 8.3.1.3 Individuazione della concentrazione di ciascuno dei contaminanti di riferimento nell'aria esterna utilizzata ai fini della diluizione

La determinazione della concentrazione dei contaminanti di riferimento nell'aria esterna deve essere effettuata mediante l'acquisizione di informazioni sulla qualità dell'aria esterna ricavabili da direttive comunitarie, leggi e regolamentazioni locali. Vanno in particolare considerati i provvedimenti di suddivisione del territorio in zone emanati dagli organi competenti e i valori reperibili su banche dati ambientali. In mancanza di dati si può ricorrere a misurazioni dirette. Le procedure seguite e i valori utilizzati devono essere documentati all'interno della relazione di progetto.

### 8.3.1.4 Individuazione dei sistemi di filtrazione da adottare e delle relative efficienze di filtrazione per i singoli contaminanti di riferimento

L'aria deve essere comunque filtrata in accordo con le prescrizioni contenute nel Prospetto 15 e nei paragrafi 8.2.1.1 e 8.2.1.2. In aggiunta a questa filtrazione, il controllo di particolari contaminanti di riferimento può essere perseguito mediante l'adozione di filtri in grado di abatterli. Per questi filtri devono essere definiti posizionamento, portate di aria ed efficienza di filtrazione. Inoltre, nel caso che i filtri comunque adottati ai fini del rispetto delle prescrizioni del Prospetto 15 e nei paragrafi 8.2.1.1 e 8.2.1.2 abbiano la capacità di filtrazione anche dei contaminanti di riferimento, vanno considerate anche per questi posizionamento, portate ed efficienze di filtrazione del singolo contaminante di riferimento. Le procedure seguite e i valori utilizzati devono essere documentati all'interno della relazione di progetto.

### 8.3.1.5 Individuazione delle concentrazioni massime ammissibili per ciascuno dei contaminanti di riferimento

Una volta individuati i contaminanti di riferimento, ne vanno reperiti i valori di concentrazione massima ammissibile ai fini della tutela della salute e dell'ottenimento dei livelli di benessere desiderati. Nel primo caso i valori vanno reperiti negli strumenti legislativi e/o normativi vigenti e in tutti i documenti che costituiscono riferimenti ufficiali, quali regolamenti e ordinanze comunali, regionali e nazionali, direttive europee. Ove per uno specifico contaminante tali valori non siano reperibili con riferimento all'ambiente interno, si devono utilizzare quelli stabiliti per l'ambiente esterno. Se tutto ciò non fosse possibile, si devono utilizzare valori prescritti da enti riconosciuti a livello internazionale. Occorre inoltre considerare che i valori massimi di concentrazione ai fini della salute si riferiscono, in genere, alla media della popolazione sana e adulta, salvo specifica indicazione; se i locali da trattare prevedono la presenza di persone che richiedono livelli superiori di tutela (p.e. malati, convalescenti, anziani, bambini, persone affette da deficit fisiologici), devono essere valutati e adottati opportuni coefficienti riduttivi. Nel caso invece di contaminanti che possono compromettere i livelli desiderati di benessere, i valori di concentrazione massima ammissibile sono da collegare alla percezione olfattiva e/o ad altri meccanismi sensoriali.

### 8.3.1.6 Calcolo delle portate di aria necessarie per rispettare i limiti di concentrazione per ciascuno dei contaminanti di riferimento

Per ciascuno dei contaminanti di riferimento si applica l'equazione di bilancio di massa inserendo i valori calcolati in conformità ai punti da 8.3.1.1 a 8.3.1.5. In particolare, nell'equazione di bilancio di massa la concentrazione  $C_{IDA}$  è la concentrazione massima ammissibile per il contaminante di riferimento nel volume convenzionale occupato.

### 8.3.1.7 Calcolo della portata di aria esterna di dimensionamento

La portata di aria esterna da adottare per il dimensionamento dell'impianto è la maggiore tra quelle calcolate secondo quanto previsto al punto 8.3.1.6.

### 8.3.1.8 Verifica del rispetto della portata minima di aria esterna

Ai fini del progetto, si utilizza il valore di portata di aria esterna maggiore tra quello di dimensionamento, calcolato secondo quanto previsto al punto 8.3.1.7, e quello medio della portata per unità di superficie riportato nel Prospetto 14.

## 8.3.2 Metodo per analogia

Il metodo per analogia può essere applicato nel caso in cui l'ambiente da trattare abbia caratteristiche sovrapponibili a quelle di altri ambienti in cui è presente un impianto che garantisce la capacità di mantenere le concentrazioni dei contaminanti interni al di sotto dei limiti prescritti ai sensi della legislazione vigente. Le caratteristiche di sovrapponibilità sono da riferirsi ai requisiti di qualità dell'aria dell'ambiente interno, alle sorgenti di contaminanti interne, alla qualità dell'aria esterna e più in generale al contesto edilizio impiantistico (costruzione, finitura e arredo), ai materiali utilizzati, alla destinazione d'uso e al tipo di attività degli occupanti. In questi casi il valore della portata di aria esterna non può essere inferiore a quello minimo previsto dal metodo prescrittivo. Nella relazione di progetto devono essere accuratamente documentate la procedura seguita e le verifiche relative alla sovrapponibilità dei casi.

## 8.3.3 Metodo prestazionale per sistemi a portata d'aria variabile in base alla qualità dell'aria interna

I sistemi a portata d'aria variabile in base alla qualità dell'aria interna trovano applicazione in tutti i casi nei quali si hanno tassi di emissione di contaminanti che variano in funzione del tempo e del numero di sorgenti, in quanto la variazione di portata dell'aria consente di mantenere i desiderati livelli di qualità dell'aria e di perseguire l'efficienza energetica.

### 8.3.3.1 Individuazione del contaminante di dimensionamento, della sorgente variabile e della tipologia di sensore da utilizzare ai fini della regolazione di portata

E' opportuno distinguere tra i seguenti casi:

1. il contaminante è caratterizzato contemporaneamente da variabilità di emissione e da un limite di concentrazione da rispettare a fini di tutela della salute e/o di adeguato benessere delle persone. In questo caso, la portata di aria immessa viene posta in relazione diretta con una misura di concentrazione del contaminante;
2. le persone sono sorgente determinante ai fini della qualità dell'aria e gli affollamenti sono variabili nel tempo. In questo caso, la portata di aria immessa viene posta in relazione con misure dirette o indirette di affollamento (per esempio quelle effettuate con conta persone o con sensori di anidride carbonica).

In ogni caso, nei locali serviti da ventilazione meccanica, dovrà essere garantita una quota minima di aria esterna di ricambio pari a  $0,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-2}$ . A tale quota minima deve essere sommata una quota supplementare di diluizione, intesa come portata di aria da aggiungere al fine di mantenere il valore della concentrazione dei contaminanti interni al di sotto dei limiti stabiliti.

La quota supplementare può essere costituita dalle seguenti tipologie di aria opportunamente trattata:

- aria esterna immessa;
- aria trasferita;
- aria secondaria;
- aria ricircolata.

***Caso di contaminante caratterizzato da variabilità di emissione e da un limite di concentrazione da rispettare***

Si procede alla determinazione del valore della portata di dimensionamento per il contaminante scelto come contaminante di dimensionamento. Nel calcolo devono essere evidenziati il valore di concentrazione massima ammissibile per quel contaminante nel volume convenzionale occupato e il valore di portata massima di progetto che consente il rispetto di tale valore nelle condizioni più sfavorevoli che possono verificarsi nel funzionamento dell'impianto (p.e. sporcamento dei filtri, aumento del tasso di emissione del contaminante di dimensionamento). La regolazione deve modificare la portata immessa al fine di mantenere entro i limiti definiti il valore della concentrazione stabilita per il contaminante di dimensionamento, misurato con un sensore specifico posto in ambiente.

***Caso in cui la sorgente determinante ai fini della qualità dell'aria sono le persone e gli affollamenti sono variabili nel tempo***

Il valore della portata massima di progetto deve essere determinato in ottemperanza al metodo prescrittivo. La portata di aria immessa può essere modificata:

- mediante misure dirette di affollamento (p.e. conta persone, controllo varchi di accesso e uscita). La portata di aria immessa viene fatta variare sulla base dell'affollamento misurato tra il valore massimo (condizione di progetto) e il valore minimo da rispettare (secondo quanto riportato nel Prospetto 14, in corrispondenza del valore medio della portata per superficie);
- mediante misure di concentrazione di contaminanti marcatori dell'affollamento (p.e. anidride carbonica, composti organici volatili misti, vapor d'acqua). La portata di aria immessa viene fatta variare sulla base del valore assunto dalla concentrazione del contaminante marcatore tra il valore massimo (condizione di progetto) e il valore minimo da rispettare (secondo quanto riportato nel Prospetto 14, in corrispondenza del valore medio della portata per superficie).

**8.3.3.2 Determinazione delle portate massime di progetto mediante il metodo del bilancio di massa applicato al contaminante di dimensionamento**

Va applicato per il contaminante di dimensionamento tutto quanto previsto al punto 8.3.1.

**8.4 STRATEGIE DI VENTILAZIONE**

Per ogni ambiente, è da prevedere una strategia di ventilazione in base alla tipologia dello stesso e al tipo e all'intensità delle attività che in esso si devono svolgere. La strategia di ventilazione specifica da adottare dipende dalla caratterizzazione delle fonti di contaminante: la presenza di fonti note, ben localizzate a emissione significativa e variabile nel tempo, impone, per quanto possibile, una strategia basata su una captazione localizzata dei contaminanti e un contenimento del fattore di miscelazione dell'aria. In presenza di fonti diffuse a emissione costante, si deve adottare una strategia che comporti la migliore miscelazione possibile dell'aria. In ambienti caratterizzati dalla contemporanea presenza di entrambe le tipologie di fonte inquinante, si deve impiegare una strategia mista, che comporti un'efficiente captazione localizzata dei contaminanti e assicuri una buona miscelazione dell'aria nel volume dell'ambiente. Al fine di ottenere la massima efficacia nella rimozione dei contaminanti, si deve impiegare una particolare cura nell'ottenimento di un'elevata efficienza di ventilazione, di cui al paragrafo 8.5.1.

**8.5 DIFFUSIONE DELL'ARIA IN AMBIENTE**

L'ottenimento di una accettabile qualità dell'aria nel volume convenzionale occupato dipende non solo dalla portata di aria esterna immessa, ma anche dalle caratteristiche del sistema di diffusione dell'aria adottato in relazione alla conformazione dei locali e alle fonti di contaminazione presenti. Le diverse soluzioni utilizzabili per la diffusione dell'aria comportano, a parità di portata e di qualità dell'aria immessa, differenti capacità di rimozione dei carichi di contaminazione e dei carichi termici, con rilevante influenza anche sulle condizioni di benessere termico. Ai fini della presente norma si fa

## INTERPRETAZIONE OPERATIVA

distinzione tra sistemi di diffusione a miscelazione e sistemi di diffusione a dislocamento.

Nota: I sistemi di diffusione dell'aria a miscelazione generalmente determinano l'omogeneità delle temperature e della velocità residua dell'aria nella zona occupata. Questa ipotesi è normalmente verificata, salvo nei casi in cui siano presenti particolari disuniformità nella distribuzione spaziale dei carichi (di contaminazione e/o termici) e/o sistemi di estrazione localizzata dell'aria (per esempio cappe). Si raccomanda quindi una accurata progettazione dei sistemi di diffusione dell'aria e una attenta considerazione delle differenze di temperatura prodotte in ambiente dal funzionamento del sistema di diffusione in condizioni definite.

### 8.5.1 Efficienza di ventilazione

Per valutare la qualità e le prestazioni del sistema di distribuzione dell'aria in ambiente si utilizza l'indice efficienza di ventilazione, che tiene conto del tipo di sistema utilizzato e degli obiettivi di qualità dell'aria e/o di benessere termico che si intende raggiungere. Si può in generale parlare di efficienza di ventilazione nominale, che è quella di riferimento e che ai fini della presente norma è posta pari a 0,8, e di efficienza di ventilazione convenzionale, che tiene conto della differenza tra la situazione ideale, di perfetta miscelazione, e quella reale, ottenibile con sistemi di diffusione dell'aria a miscelazione o a dislocamento.

Ai fini della presente norma, l'efficienza convenzionale di ventilazione può essere definita in termini di concentrazione del contaminante di dimensionamento con la relazione:

$$\varepsilon_{V,C} = \frac{C_{ETA} - C_{SUP}}{C_{vc} - C_{SUP}} \quad [11]$$

o a quella in termini di temperatura dell'aria, con la relazione:

$$\varepsilon_{V,T} = \frac{T_{ETA} - T_{SUP}}{T_{vc} - T_{SUP}} \quad [12]$$

oppure, per alcune tipologie di sistemi di diffusione e distribuzione dell'aria, si può ricavare dal Prospetto 18. Nel caso di impianti a portata costante, le portate minime di aria esterna indicate nel Prospetto 14 per il metodo prescrittivo e quelle calcolate con le relazioni riportate al paragrafo 8.3 per il metodo prestazionale sono riferibili all'efficienza di ventilazione nominale, pari a 0,8 e quindi sono portate nominali. Per il calcolo delle portate minime di progetto nelle condizioni reali di applicazione dei sistemi di diffusione (sia per quelli a miscelazione che per quelli a dislocamento) si deve fare riferimento alla efficienza convenzionale di ventilazione e alla equazione:

$$Q_{v,o} = Q_{v,o,n} \cdot \begin{pmatrix} \varepsilon_{V,n} \\ \varepsilon_{V,c} \end{pmatrix} \quad [13]$$

dove:

$Q_{v,o}$  portata volumica di aria esterna minima di progetto che tiene conto della distribuzione dell'aria in ambiente;

$Q_{v,o,n}$  portata volumica di aria esterna minima nominale ricavabile dal Prospetto 14 per il metodo prescrittivo o dal paragrafo 8.3 per il metodo prestazionale, basata sulla efficienza nominale di un tipico sistema di diffusione dell'aria;

$\varepsilon_{V,n}$  efficienza nominale di ventilazione, pari a 0,8;

$\varepsilon_{V,c}$  efficienza convenzionale di ventilazione del sistema di diffusione dell'aria impiegato, riportata per alcuni casi tipici di diffusione a miscelazione o dislocamento nel Prospetto 17.

Nel caso di impianti con trattamento centralizzato della sola aria esterna e trattamento finale locale con terminali (quali ventilconvettori e pannelli radianti a pavimento), le prestazioni del sistema di diffusione dell'aria, l'efficienza di ventilazione e le portate da utilizzare sono influenzate dalla presenza, dalle caratteristiche e dal funzionamento dei terminali per il trattamento locale sia direttamente (per esempio per l'interazione tra il getto di aria lanciato dal ventilconvettore e il getto di aria lanciato dai diffusori dell'aria immessa trattata centralmente) sia indirettamente (per esempio per le differenti condizioni di immissione dell'aria a temperature neutre o inferiori a quella ambiente anche in regime di riscaldamento). Nella presente norma si tiene conto di questa interazione, moltiplicando il valore della portata di aria esterna ricavato con l'equazione [13] per un coefficiente correttivo C<sub>1</sub> i cui valori sono riportati nel Prospetto 16 per situazioni tipiche. Inoltre, l'Equazione [13] non tiene conto delle variazioni di densità derivanti dalla variazione di altitudine della località di progetto, che devono essere considerate tramite l'utilizzo del coefficiente correttivo C<sub>2</sub>, i cui valori sono riportati nel Prospetto 17. Tenendo conto dei coefficienti C<sub>1</sub> e C<sub>2</sub>, l'Equazione [13] diventa l'equazione [14]:

$$Q_{v,o} = Q_{v,o,n} \cdot \left( \frac{\varepsilon_{V,n}}{\varepsilon_{V,c}} \right) \cdot C_1 \cdot C_2 \quad [14]$$

**Prospetto 16 - Valore del coefficiente moltiplicativo C<sub>1</sub> da assumere in caso di impianti misti**

<b>IMPIANTI TERMINALI LOCALI DEL TIPO VENTILCONVETTORE</b>	
<b>Ventilconvettori (che trattano aria secondaria) separati dai diffusori che immettono l'aria trattata centralmente (aria primaria)</b>	
	Coefficiente C <sub>1</sub>
Lancio dell'aria immessa dal diffusore discorde (in opposizione) rispetto al lancio del ventilconvettore. (per esempio si ha questa condizione quando il ventilconvettore in esecuzione verticale viene posto a pavimento addossato sulla parete esterna e il diffusore dell'aria primaria è posto sulla parete interna opposta)	1,15
Lancio dell'aria immessa dal diffusore concorde rispetto al lancio del ventilconvettore. (per esempio si ha questa condizione quando il ventilconvettore in esecuzione verticale viene posto a pavimento addossato su una parete e il diffusore dell'aria primaria è posto sulla stessa parete)	0,95
Lancio dell'aria immessa dal diffusore installato a soffitto in posizione neutra rispetto a quella del ventilconvettore (per esempio si ha questa condizione quando il diffusore è posto centralmente a soffitto a distanza tale dalla parete su cui è addossato il ventilconvettore da evitare effetti di contrasto dei flussi)	1,05
<b>Diffusione combinata dell'aria immessa e dell'aria trattata dai ventilconvettori</b>	
Flusso aria immessa non attraversante la batteria del ventilconvettore	1,00
Flusso aria immessa attraversante la batteria del ventilconvettore sempre in funzione; regolazione sull'acqua	1,00
Flusso aria immessa attraversante la batteria del ventilconvettore con regolazione lato aria che preveda anche l'arresto del ventilatore	Non ammesso (*)
<b>IMPIANTI A PANNELLI RADIANTI E ARIA IMMESSA</b>	
<b>Impianto con pannelli a pavimento, a soffitto o a parete</b>	
Pannello radiante a soffitto e aria immessa da diffusori di qualsiasi tipologia posizionati a soffitto o nella parte alta delle pareti verticali	1,10
Pannello radiante a pavimento e aria immessa da diffusori a dislocamento di qualsiasi tipologia posizionati a pavimento o nella parte bassa delle pareti verticali	1,20
In tutti gli altri casi	1,00
Nota: Questa soluzione non è ammessa in quanto a ventilatore del ventilconvettore fermo viene arrestata anche la portata di aria primaria.	

**Prospetto 17 - Coefficiente correttivo C<sub>2</sub> in funzione dell'altitudine H sul livello del mare**

Altitudine H [m s.l.m.]	Coefficiente correttivo C <sub>2</sub>
0	1,00
500	1,06
1000	1,12
1500	1,18
2000	1,25
2500	1,31
3000	1,38

**INTERPRETAZIONE  
OPERATIVA**

**8.5.2. Determinazione dei valori di efficienza convenzionale di ventilazione per le configurazioni tipiche dei sistemi di diffusione a miscelazione e a dislocamento**

Le configurazioni tipiche degli apparecchi di diffusione dell'aria a miscelazione e a dislocamento considerati nella presente norma sono:

- Diffusore a effetto elicoidale o turbolento
- Diffusore a ugello (per lunga gittata)
- Diffusore lineare a feritoia con lancio a getto non tangenziale
- Diffusore (circolari o quadrati) a coni o settori concentrici
- Diffusore lineare a feritoia con lancio tangenziale
- Bocchetta a singolo o doppio filare di alette (a parete)
- Diffusore a microugelli
- Diffusore a dislocamento, versioni cilindriche (per installazione libera) o piane/semicilindriche (per installazione a parete)
- Diffusore a dislocamento per installazione sottopoltrona o a gradino (o similari)
- Diffusore ad alta induzione da pavimento.

Nel Prospetto 18 sono riportati i valori di efficienza convenzionale di ventilazione da utilizzare nel calcolo delle portate minime di aria esterna per i sistemi tipici di diffusione dell'aria, correttamente applicati, dimensionati e installati in accordo con le indicazioni (e le procedure di calcolo) dei costruttori. Nel Prospetto, per ogni tipologia di sistema di diffusione dell'aria, sono riportati due valori di efficienza, riferiti al funzionamento in raffrescamento ( $\Delta T < 0$  K) e in riscaldamento ( $\Delta T > 0$  K) dove  $\Delta T$  rappresenta la differenza tra il valore della temperatura di immissione dell'aria e quello della temperatura dell'aria in ambiente in condizioni di progetto.

Nel caso di impianti che prevedono entrambi i regimi di funzionamento si utilizza il valore minore tra i due. Per sistemi di diffusione dell'aria che non rientrano tra quelli riportati nel Prospetto 18 o per condizioni di impiego differenti da quelle consigliate dai costruttori, si assume un valore di efficienza convenzionale di ventilazione pari a 0,7 in raffrescamento ( $\Delta T < 0$  K) e 0,6 in riscaldamento ( $\Delta T > 0$  K). Valori differenti da questi possono essere adottati solo con adeguate considerazioni (basate su dati sperimentali, calcoli fluidodinamici, ecc.) da riportare nella reazione di progetto.

**Prospetto 18 - Efficienza convenzionale di ventilazione di sistemi tipici di diffusione dell'aria**

Tipologia di diffusore	$\epsilon_{v,c}$	
	Estate $\Delta T < 0$ K	Inverno $\Delta T > 0$ K
diffusore a effetto elicoidale o turbolento	1,00	1,00
diffusore a ugello (per lunga gittata) <sup>a</sup>	1,00	1,00
diffusore lineare a feritoia con lancio a getto non tangenziale	1,00	1,00
diffusore (circolari o quadrati) a coni o settori concentrici	0,85	0,75
diffusore lineare a feritoia con lancio tangenziale	0,80	0,70
bocchetta a singolo o doppio filare di alette (a parete)	0,70	0,60
diffusore a microugelli	0,80	0,70
diffusore a dislocamento, versioni cilindriche (per installazione libera) o piane/semicilindriche (per installazione a parete)	1,3 <sup>b</sup>	0,8 <sup>b</sup>
diffusore a dislocamento per installazione sottopoltrona o a gradino (o similari)	1,3 <sup>b</sup>	1,3 <sup>a</sup>
diffusore ad alta induzione da pavimento	1,2 <sup>e</sup>	1,1 <sup>e</sup>

Note al prospetto:

1. I diffusori a ugello, quando utilizzati sia per raffrescamento che per riscaldamento, sono normalmente dotati di servomotore o dispositivo termostatico per la modifica della inclinazione di lancio; i valori di efficienza riportati nel prospetto possono essere utilizzati solo quando viene garantita la posizione di lancio corretta in relazione con il tipo di funzionamento imposto.
2. Nel funzionamento in raffrescamento la differenza di temperatura non può essere elevata (in generale  $\Delta T < -5 \text{ K}$ ); per i limiti effettivi ci si deve riferire alle indicazioni tecniche del costruttore.
3. Vale se  $\Delta T \leq +1,5 \text{ K}$ , per  $+1,5 \leq \Delta T \leq +3 \text{ K}$  l'efficienza convenzionale si riduce. L'utilizzo di diffusori a dislocamento (nel riscaldamento) è escluso per  $\Delta T > +3 \text{ K}$ .
4. Il funzionamento con  $\Delta T > 0$  è in generale limitato alle fasi di avviamento e messa a regime degli impianti e pertanto raramente impiegato per la determinazione della portata minima di aria esterna (condizioni di massimo affollamento). Per i limiti (sia in raffrescamento che in riscaldamento) della differenza tra il valore della temperatura dell'aria in immissione e quello della temperatura dell'aria in ambiente ( $\Delta T$ ) e di velocità di lancio dell'aria, in generale diversi e più elevati di quelli per i diffusori a dislocamento, ci si deve riferire alle indicazioni tecniche del costruttore.

#### 8.5.2.1 Utilità software di simulazione

Il calcolo del bilancio di massa può essere notevolmente facilitato utilizzando appositi programmi di calcolo per la simulazione dell'andamento della concentrazione dei contaminanti negli ambienti chiusi, adatti per dimensionare adeguatamente impianti di ventilazione meccanica nel caso di mono-zona o multi-zona.

Esistono anche programmi di calcolo commerciali e non-commerciali, questi ultimi resi disponibili gratuitamente da singoli ricercatori o da enti di ricerca, che possono essere utilizzati nei casi indicati dagli autori, oltre che negli ambiti consentiti e con le limitazioni previste dalle rispettive licenze d'uso. I valori di emissione dei materiali di costruzione, di rivestimento o di arredo presenti nell'ambiente possono essere reperiti dalla documentazione del costruttore, da apposite etichette riportanti i dati certificati da enti riconosciuti, oppure da banche dati specializzate. L'uso dei programmi di calcolo può simulare con buona approssimazione l'andamento delle concentrazioni dei contaminanti al variare del tempo e del tasso di ventilazione applicato. Ad ogni modo, occorre tenere conto delle limitazioni dei programmi utilizzati e, soprattutto, della variabilità delle caratteristiche di emissione dei materiali rispetto ai dati codificati disponibili. Per questi motivi, può risultare necessario provvedere in sede di collaudo a una verifica strumentale del rispetto dei limiti massimi stabiliti per la concentrazione dei contaminanti.

### **CLASSI DI FILTRAZIONE - CORRISPONDENZA UNI EN ISO 16890 con EN 779:2012**

Il nuovo standard UNI EN ISO 16890 classifica i filtri per l'aria sulla base della loro capacità di trattenere il particolato aereo disperso (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>1</sub>). Esso sostituisce la precedente normativa EN 779:2012 le cui classi sono richiamate dall'estratto di norma riportato nelle precedenti pagine.

La seguente tabella riporta la conversione dalle vecchie alle nuove classi di filtrazione.

## INTERPRETAZIONE OPERATIVA

	EN 779:2012	EN ISO 16890
Grandezza particelle per classificazione	0,4 $\mu\text{m}$	da 0,3 a 1 $\mu\text{m}$ (PM <sub>1</sub> ) da 0,3 a 2,5 $\mu\text{m}$ (PM <sub>2,5</sub> ) da 0,3 a 10 $\mu\text{m}$ (PM <sub>10</sub> )
Test aerosol	DEHS	DEHS > da 0,3 a 1 $\mu\text{m}$ KCL > da 2,5 a 10 $\mu\text{m}$
Scarica elettrostatica con IPA (isopropanolo)	Semplice, tramite immersione totale del filtro	Semplice, fatta con vapori di isopropanolo
Efficienza del filtro scaricato	Comparazione di un campione e del filtro	Efficienza media del filtro trattato e del filtro non trattato (condizionamento)
Immissione della polvere per la classificazione	Incemento della polvere	Classificazione senza immissione della polvere
Test polvere per ISO Coarse e Efficienza energetica	ASHRAE	ISO fine
Immissione della polvere	70 mg/m <sup>3</sup>	140 mg/m <sup>3</sup>
Test della perdita di carico differenziale finale	G1, G2, G3, G4 = 250 Pa M5, M6, F7, F8, F9 = 450 Pa	PM <sub>10</sub> < 50% = 200 Pa PM <sub>10</sub> $\geq$ 50% = 300 Pa
Classificazione	da G1 a G4 da M5 a M6 da F7 a F9	ISO Coarse ISO ePM <sub>10</sub> ISO ePM <sub>2,5</sub> ISO ePM <sub>1</sub>

Classe	ISO ePM <sub>1</sub>	ISO ePM <sub>2,5</sub>	ISO ePM <sub>10</sub>	ISO COARSE
G3	/	/	/	> 80%
G4	/	/	/	> 90%
M5	/	/	> 50%	/
M6	/	50 - 65%	> 60%	/
F7	50 - 65%	65 - 80%	> 85%	/
F8	65 - 80%	< 80%	> 90%	/
F9	< 80%	< 95%	> 95%	/

Classi	Efficienza minima	Tipo di particolato
ISO Coarse	e(pM <sub>10</sub> ), min $\leq$ 50	Peli, capelli
ISO ePM <sub>10</sub>	e(pM <sub>10</sub> ), min $\geq$ 50	Pollini, sabbia e polvere
ISO ePM <sub>2,5</sub>	e(pM <sub>2,5</sub> ), min $\geq$ 50	Batteri, funghi e muffe, pollini
ISO ePM <sub>1</sub>	e(pM <sub>1</sub> ), min $\geq$ 50	Virus, nanoparticelle, gas



## INTERPRETAZIONE OPERATIVA

Gruppo	Classe	Perdita di carico finale	Arrestanza media <sup>(2)</sup>	Efficienza media <sup>(1)</sup>	Efficienza minima <sup>(1)</sup>
		Pa	Am	Em	%
Coarse	G1	250	$50 \leq Am < 65$	-	-
Coarse	G2	250	$65 \leq Am < 80$	-	-
Coarse	G3	250	$80 \leq Am < 90$	-	-
Coarse	G4	250	$90 \leq Am$	-	-
Medium	M5	450	-	$40 \leq Am < 60$	-
Medium	M6	450	-	$60 \leq Am < 80$	-
Fine	F7	450	-	$80 \leq Am < 90$	35
Fine	F8	450	-	$90 \leq Am < 95$	50
Fine	F9	450	-	$95 \leq Am$	70

<sup>(1)</sup> of 0,4  $\mu$ m particles

<sup>(2)</sup> of syntetic dust

