

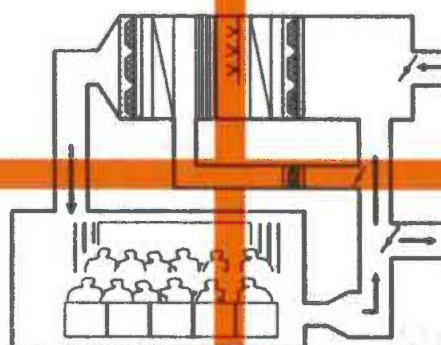


Azienda USL di Modena  
Distretto di Modena  
Distretto di Vignola

SPSAL - Servizio Prevenzione  
Sicurezza Ambiente Lavoro

## RISCALDAMENTO, CONDIZIONAMENTO E VENTILAZIONE

Ricognizione ed analisi delle normative sulle prestazioni degli impianti  
in ambienti di lavoro



# 39

A cura di:

O. Nicolini  
S. Grimandi  
G. Martinelli  
F. Ricchi

**Azienda USL di Modena  
Distretto di Modena  
Distretto di Vignola**

**SPSAL - Servizio Prevenzione  
Sicurezza Ambiente Lavoro**

## **RISCALDAMENTO, CONDIZIONAMENTO E VENTILAZIONE**

**Ricognizione ed analisi delle normative sulle prestazioni degli impianti  
in ambienti di lavoro**

**A cura di:**

**O.Nicolini, S.Grimandi, G.Martinelli, F.Ricchi**

## **PREFAZIONE**

L'assicurare ai lavoratori un ambiente confortevole dal punto di vista microclimatico e con un buon grado di purezza dell'aria è uno degli obiettivi principali dell'attività di prevenzione in ambiente di lavoro.

Il conseguimento puntuale di questa finalità dipende dalla progettazione, installazione e manutenzione di impianti di riscaldamento, condizionamento, ventilazione.

Coloro che, come i tecnici progettisti e gli operatori dei Servizi di Medicina Preventiva e Igiene del Lavoro, si occupano quotidianamente di questa tematica, devono affrontare difficoltà non piccole nell'individuare precisi standard di riferimento per le prestazioni di tali impianti.

È particolarmente arduo, infatti, orientarsi nel composito e disomogeneo universo di disposti legislativi, circolari ministeriali e norme di buona tecnica che riguardano questa materia.

Sulla base di queste considerazioni si è verificata una convergenza di intenti tra Coordinamento dei Servizi di Medicina Preventiva e Igiene del Lavoro, Ordine degli Ingegneri e Collegio dei Periti Industriali della Provincia di Modena, che hanno costituito un gruppo di lavoro con lo scopo di raccogliere in un'unica pubblicazione le indicazioni e le norme riguardanti le prestazioni e gli aspetti di sicurezza degli impianti di trattamento dell'aria ambiente destinati a diverse tipologie lavorative.

Mi pare che il risultato possa costituire un valido riferimento per gli operatori della prevenzione ed i progettisti di impianti e credo che sia particolarmente da apprezzare e sottolineare anche la prosecuzione di un metodo di lavoro che comporta l'impegno congiunto di operatori delle Unità Sanitarie Locali, progettisti e tecnici aziendali, per il miglioramento delle condizioni di lavoro.

L'ASSESSORE ALLA SANITÀ  
DELLA PROVINCIA DI MODENA  
Giancarlo Muzzarelli

# RISCALDAMENTO, CONDIZIONAMENTO E VENTILAZIONE

Ricognizione ed analisi delle normative sulle prestazioni degli impianti in ambienti di lavoro

## Autori:

Omar Nicolini	USL 16 Modena
Stefano Grimandi	USL 16 Modena
Giovanni Martinelli	Ordine degli Ingegneri - Modena
Filippo Ricchi	USL 16 Modena
Francesco Bonacini	Ordine degli Ingegneri - Modena
Enzo Bucciarelli	Collegio dei Periti Industriali - Modena
Fabrizio De Pasquale	USL 14 Carpi (MO)
Giordano Ferrari	USL 18 Pavullo (MO)
Paolo Giuliani	PMP USL 16 Modena
Giovanni Landi	USL 17 Sassuolo (MO)
Pier Paolo Martini	USL 18 Pavullo (MO)
Lorenzo Pellegatti	USL 15 Mirandola (MO)
Giancarlo Salsi	USL 19 Vignola (MO)
Ermanno Vaccari	Collegio dei Periti Industriali - Modena

## con la collaborazione di:

Carlo Barbetta	WOODS ITALIANA, Cinisello Balsamo (MI)
Claudio Benati	ALDES, Modena
Claudio Buzzega	USL 14 Carpi (MO)
Alberto Cavallini	Università di Padova
Antonio De Martis	ELICENT, Brescia
Stefano Di Carmine	TECNODELTA, Bologna
Davide Ferrari	USL 16 Modena
Brunella Fiori	USL 16 Modena
Stefano Galli	AAF, Milano
Fabrizio Gobba	Università di Modena
Giampiero Mancini	USL 16 Modena
Lauro Marcomini	B.C. IMPIANTI TECNOLOGICI, Mirandola (MO)
Giorgio Raffellini	Università di Firenze
Sergio Spaggiari	CIESSE, Reggio Emilia
Michael Steinrotter	FREUDENBERG, Milano
Stefano Tolomei	USL 4 Parma
Carlo Veronesi	USL 9 Reggio Emilia

## INDICE

<i>Prefazione</i> .....	pag.	2
<i>Presentazione</i> .....	pag.	5
<b>Principali aspetti di igiene e sicurezza</b>		
Il comfort termoigrometrico .....	pag.	11
- indici di stress e di comfort .....	pag.	11
Qualità dell'aria indoor .....	pag.	17
- generalità sul ricambio d'aria .....	pag.	19
- filtrazione .....	pag.	21
- ricircolo .....	pag.	25
Rumorosità degli impianti .....	pag.	27
- requisiti e standard prestazionali .....	pag.	29
La sicurezza .....	pag.	33
- prevenzione incendi .....	pag.	33
- impianti operanti a pressione interna .....	pag.	34
- impianti elettrici .....	pag.	35
- scariche elettrostatiche .....	pag.	37
Indicazioni per la manutenzione .....	pag.	39
- manutenzione preventiva o a rottura? .....	pag.	39
- decalogo della manutenzione .....	pag.	40
<b>Standard termoigrometrici e di rinnovo dell'aria</b>		
Legislazione per il contenimento energetico .....	pag.	45
Specifiche di settore/comparto/tipologia edilizia .....	pag.	46
- locali di pubblico spettacolo .....	pag.	46
- locali per attività commerciali .....	pag.	50
- edilizia scolastica .....	pag.	52
- edilizia ospedaliera .....	pag.	54
- ambienti industriali .....	pag.	58
- uffici .....	pag.	68
- locali ausiliari e servizi .....	pag.	69
<b>Riepilogo delle prestazioni</b>		
Sintesi dei requisiti legislativi .....	pag.	73
Sintesi degli standard prestazionali .....	pag.	79
<i>Glossario</i> .....	pag.	83
<i>Bibliografia essenziale</i> .....	pag.	87

## **PRESENTAZIONE**

Il problema della qualità dell'aria e del comfort climatico degli ambienti confinati ha assunto un rilievo crescente nell'ultimo secolo e particolarmente nei paesi evoluti dove la popolazione trascorre oramai la maggior parte del proprio tempo in ambienti confinati (abitazione, ufficio o posto di lavoro, scuole, edifici ad uso commerciale, ricreativo, ecc...).

Non di meno è a far data dal 1973, dalla guerra del Kippur e dalla crisi petrolifera che ne è seguita, che il problema assume le connotazioni attuali.

Sino ai primi anni '70 la buona disponibilità di combustibili a basso costo aveva indotto a trasferire il mantenimento di idonee condizioni microclimatiche dalle strutture (inerzia termica delle pareti perimetrali) agli impianti tecnologici.

L'improvviso aumento dei prezzi petroliferi intervenuto nel 1973 indusse tutti i paesi industrializzati a varare norme per il contenimento dei consumi energetici quali quelli legati al riscaldamento degli edifici.

L'applicazione acritica di tali norme ha portato alla costruzione di edifici cosiddetti "sigillati"; nell'ansia di isolare sempre meglio e sempre di più sono stati utilizzati materiali, tecniche e soluzioni che hanno finito con l'aggravare pesantemente il problema dell'inquinamento interno.

L'impatto della crisi energetica fu tale da indurre perfino organismi di riconosciuta rilevanza internazionale a rivedere i propri riferimenti di comfort termico e di rinnovo dell'aria negli ambienti.

Il problema dell'inquinamento interno è emerso con particolare forza nei paesi anglosassoni, Stati Uniti in testa, e scandinavi, ma ha finito con l'interessare anche il nostro paese. Certo, la situazione climatica italiana è nettamente diversa: la latitudine più meridionale, l'effetto del mar Mediterraneo, determinando climi più miti incidono tradizionalmente sui criteri di progettazione edilizia ed hanno finora contenuto il fenomeno degli edifici "sigillati". La stessa dotazione di impianti centralizzati per il condizionamento, la ventilazione e l'umidificazione è a tutt'oggi limitata nel nostro paese.

Non di meno, il problema è oramai sensibile anche in Italia: la qualità dell'aria dell'ambiente di lavoro e di vita, insieme alla qualità dell'aria della città, sempre più viene percepita come uno dei fattori determinanti la qualità della vita.

Di pari passo alla presa di coscienza della popolazione in generale, sono andate profondamente trasformandosi le esigenze dei lavoratori in tema di qualità del lavoro. L'aumento dell'istruzione dei lavoratori, la progressiva rarefazione della manodopera generica, il miglioramento del tenore di vita del singolo e della società in generale, hanno indubbiamente favorito questa evoluzione.

Parallelamente si sono modificate anche le esigenze delle aziende. Le moderne teorie sull'organizzazione aziendale evidenziano che l'efficienza e la qualità richiedono lavoratori motivati, ad elevata professionalità, capaci di criticità e di adattamento anche ai rapidi mutamenti che l'economia globale impone. Il successo dell'azienda non dipende più solo dai prodotti o dalle tecnologie, ma spesso diviene determinante anche l'oculata gestione del fattore umano e il disporre di posti di lavoro progettati con criteri ergonomici abbina il rispetto delle esigenze del lavoratore all'obiettivo di recuperare ed accrescere la produttività e la competitività aziendale attraverso la riduzione della conflittualità, dell'assenteismo, del turn-over, la diminuzione degli scarti e dei

difetti di lavorazione, ecc...

Non v'è dubbio che il mettere l'operatore a proprio agio sotto tutti gli aspetti costituirà sempre più un requisito indispensabile della progettazione impiantistica.

### **Obiettivi e metodologia della ricerca**

Il controllo sulla progettazione dei nuovi insediamenti produttivi e delle ristrutturazioni è probabilmente l'attività a maggior valenza preventiva dei Servizi pubblici di prevenzione.

È infatti questa la fase in cui possono intervenire modifiche con maggiore elasticità ed al minor costo e si è in grado di prevenire la stessa esposizione al rischio o rimuovere le cause di un futuro disagio.

Le aziende devono notificare all'USL l'intendimento a realizzare il nuovo insediamento o la ristrutturazione sulla base dell'art. 48 DPR 303/56 e dell'art. 20 della legge 833/78. In Emilia-Romagna è invalso l'uso di una apposita scheda informativa che permette di approcciare con metodo ai diversi aspetti del problema, di unificare l'acquisizione di tutte le informazioni necessarie e di attivare una procedura di controllo coordinata tra i diversi Servizi di prevenzione della USL.

In linea di massima la consistenza, la complessità ed il tipo di insediamento produttivo determinano momenti successivi di approfondimento delle informazioni pervenute che comportano con regolarità rapporti con le aziende richiedenti, quasi sempre mediante tecnici progettisti o impiantisti da loro incaricati.

Sul versante dell'impiantistica RCV questi confronti tecnici hanno comportato non pochi problemi sia per i Servizi pubblici di prevenzione, che si vedevano proporre soluzioni con obiettivi anche molto diversificati, sia per gli impiantisti, che spesso si trovavano a gestire richieste differenziate dalle diverse UUSSLL. Questi problemi si presentano poi accentuati in particolari situazioni, quali il comparto "Lavorazioni carni", ove a fianco delle normative per la tutela dell'igiene del lavoro intervengono normative di qualità sul prodotto comportanti esigenze di difficile raccordo.

Partendo da queste considerazioni, il Coordinamento dei Servizi di Medicina Preventiva e Igiene del Lavoro, l'Ordine degli Ingegneri ed il Collegio dei Periti Industriali della provincia di Modena hanno concordato sull'opportunità di avviare un confronto tecnico volto alla puntualizzazione delle prestazioni degli impianti RCV in ambienti produttivi.

È stato così costituito un apposito Gruppo di lavoro che, prefissata una scadenza orientativa per l'ultimazione del compito, sin dal suo primo incontro si è posto i seguenti obiettivi:

- individuare il metodo di lavoro e gli strumenti informativi;
- definire l'ambito delle tipologie produttive da considerare;
- delineare il prodotto finale del gruppo di lavoro.

Circa il metodo di lavoro e gli strumenti informativi si è convenuto di effettuare preliminarmente una ricognizione sui riferimenti legislativi e normativi esistenti, valutati secondo i classici principi di gerarchia, competenza, successione cronologica e specialità.

Costituzione della Repubblica italiana, leggi, decreti, regolamenti esecutivi, circolari interpretative, Regolamenti Comunali d'Igiene e Regolamenti Edi-

lizi, norme UNI/CEI, CEN/CENELEC, ISO/IEC, normative ASHRAE, EUROVENT ecc...: l'apparente indeterminatezza delle possibili fonti di riferimento, tanto in ordine allo stabilire una precisa gerarchia quanto per la loro frammentazione in provvedimenti dagli scopi più diversi, è certamente una delle difficoltà maggiori per chi si accinga ad approcciare con metodo al problema.

In generale, la legislazione ha necessariamente un carattere di genericità tale da comprendere le numerose e diverse realtà e condizioni presenti nei luoghi di lavoro. Questa pur doverosa impostazione, però, raramente consente di avere certezze sulle soluzioni tecniche da adottare.

Tuttavia, con l'emanazione delle leggi 186/68, 1083/71 e 791/77 la legislazione italiana ha introdotto, con riferimento ad alcuni particolari aspetti (elettricità, gas), il principio secondo il quale la normativa di buona tecnica, o regola dell'arte, degli organismi nazionali riconosciuti, costituisce un modo corretto per adempiere ai disposti di legge in materia. Da questo punto di vista, tali norme hanno anticipato uno dei principi della nuova strategia CEE in materia di igiene e sicurezza.

La legge 46/90 ed il suo regolamento di attuazione (DPR 447/91) hanno ripreso e confermato la validità giuridica del riferimento tecnico alle norme UNI e CEI ed anzi l'hanno estesa dal campo strettamente elettrico a quello ben più ampio dell'impiantistica in senso lato, affermando nel contempo il principio che qualora il progettista non si attenga a tali riferimenti egli debba dimostrare l'equivalenza in termini di sicurezza dell'impiantistica installata. In verità la lettera della legge mantiene una discriminante tra l'impiantistica per ambienti ad uso civile, per la quale il riferimento alle norme UNI-CEI è inequivocabile, rispetto all'impiantistica per ambienti ad uso produttivo, ove il riferimento alle UNI-CEI è limitato all'impiantistica elettrica. Pur prendendo atto di questa discriminante, per gli obiettivi della presente ricerca si è comunque reputato di assegnare alle norme UNI-CEI una valenza prioritaria, subordinata solamente alla presenza di espliciti provvedimenti legislativi (regole tecniche).

Relativamente alle tipologie produttive da considerare si è convenuto che per il tipo di problema in esame non fosse proficuo distinguere gli ambienti produttivi in senso classico dagli ambienti del cosiddetto terziario.

Dalla legislazione e dalle normative di determinati ambienti del terziario (es.: Locali di pubblico spettacolo) discendono infatti riferimenti utilizzabili in situazioni analoghe.

Nel concreto, si sono iniziati i lavori proprio incentrando l'attenzione sul terziario, soprattutto per la maggiore presenza di riferimenti legislativi, e solo successivamente andando all'approfondimento sui settori produttivi.

Una particolare attenzione è stata riservata al comparto "Lavorazioni Carni" che risente di scadenze prossime di natura comunitaria ed alle "Camere bianche" per la presenza sul territorio provinciale di un cospicuo polo di attività cosiddette biomedicali.

Per quanto riguarda il prodotto finale, il Gruppo si era proposto innanzitutto la puntualizzazione di una casistica, documentata quanto a riferimenti, con gli standard termoigrometrici ed in particolare di temperatura, umidità relativa e velocità dell'aria, e con gli standard di purezza dell'aria, essenzialmente intesa come rinnovi, per le diverse situazioni produttive identificate. Sin dall'inizio era previsto che tali puntualizzazioni fossero accompagnate da un testo introduttivo ed esplicativo.

Di pari passo con l'avanzamento dei lavori del Gruppo, le esigenze di conte-



nuto sono andate via via arricchendosi ed hanno finito col considerare gli standard prestazionali anche sotto il profilo acustico, indicazioni relative ai dispositivi di filtrazione, alla sicurezza degli impianti ed alla manutenzione.

Con l'intento di affinare il prodotto finale e di ovviare a sempre possibili carenze informative, il Gruppo ha poi reputato opportuno provvedere ad una consultazione allargata: l'elaborato finale recepisce proposte di approfondimento e di modifica pervenute da parte di esperti del settore che desideriamo espressamente ringraziare.

In conclusione non resta che rimarcare l'intendimento operativo della ricerca e di questo opuscolo che certamente, forse anche sin dai prossimi mesi (ad es. per l'annunciata proposta di legge "antifumo" del Ministro della Sanità), abbisognerà di ulteriori integrazioni e perfezionamenti.

Modena, ottobre 1992.

Gli autori

**PRINCIPALI ASPETTI DI IGIENE E SICUREZZA**

## IL COMFORT TERMOIGROMETRICO

Lo Standard ISO 7730/84 definisce il **comfort termico** come la “condizione mentale che esprime soddisfazione per l’ambiente termico”.

Per **microclima** si intende invece il complesso dei parametri climatici degli ambienti confinati che influenzano gli scambi termici soggetto-ambiente.

Un microclima confortevole è un’importante condizione per il benessere psicofisico dell’individuo nell’ambiente in cui vive o lavora.

Tale condizione implica innanzitutto il mantenimento della **neutralità termica**, ossia del bilancio in pareggio tra il calore prodotto dall’organismo ed il calore scambiato con l’ambiente, senza dover impegnare eccessivamente il sistema di termoregolazione corporeo. Nel mantenimento della neutralità termica entrano in gioco numerosi fattori; i principali tra questi sono il tipo d’attività svolta, il vestiario, i ritmi biologici circadiani dell’organismo, alcune caratteristiche individuali (es.: la costituzione fisica) ed altri elementi ancora. Infine, non può poi essere trascurato anche l’**aspetto soggettivo** individuale nella percezione del benessere termico; in questa valutazione entrano anche elementi di carattere più generale (es.: psicologici) non sempre facilmente evidenziabili.

Tutte queste variabili introducono considerevoli complicazioni ed implicano una notevole difficoltà nella definizione di parametri microclimatici di comfort universalmente validi.

In condizioni di comfort l’equilibrio termico è mantenuto con un minimo impegno dei meccanismi di **termoregolazione** dell’organismo.

Modificazioni dello stato di equilibrio termico impegnano invece maggiormente tali meccanismi che, oltre certi limiti, provocano modificazioni delle attività psicosensoriali e psicomotorie, quali *affaticamento* ed *abbassamento del livello di attenzione*.

Condizioni microclimatiche sfavorevoli sono concausa nell’incremento della frequenza degli *infortuni*.

Allo stress da calore o da freddo risponde una variazione fisiologica di adattamento dell’organismo definita *strain*.

Quando i meccanismi di termoregolazione non sono più sufficienti per mantenere l’equilibrio termico, la temperatura corporea interna si eleva o si abbassa provocando manifestazioni patologiche anche gravi (*colpo di calore* o *assideramento*) che, se non trattate, possono risultare *mortali*.

I parametri microclimatici agiscono in modo integrato sull’equilibrio termico dell’organismo, pertanto l’eccessivo scostamento dalle condizioni ottimali anche di un solo parametro è causa di problemi.

Ad esempio, un tenore troppo basso di umidità relativa dell’aria, oltre all’accumulo di cariche elettrostatiche, favorisce l’insorgenza di *disturbi e patologie* a carico *delle vie aeree* e la percezione di odori sgradevoli come il fumo di sigaretta. Viceversa, umidità relative eccessive determinano condense sulle superfici fredde che favoriscono la crescita di muffe con possibili ripercussioni sulla salute degli occupanti l’edificio (e sulle strutture dell’edificio stesso).

### Indici di stress e di comfort

In questa sede si accennerà, in modo assolutamente sintetico e parziale, ai

più comuni indici e criteri di valutazione delle situazioni microclimatiche che l'igienista è chiamato a verificare. Si tratta quindi delle valutazioni effettuate successivamente all'attivazione dell'impianto, sulla base di indici e criteri che il più delle volte comprendono parametri che sottendono conoscenze inizialmente non disponibili al progettista. A quest'ultimo, tuttavia, verrà infine richiesto di "recuperare" la situazione microclimatica, nuovamente agendo sulle variabili a disposizione.

L'uomo ha un organismo dotato di un sistema di **termoregolazione** che ha il compito di mantenere l'equilibrio termico interno dell'organismo entro un intervallo ristretto (generalmente  $36,7 \pm 0,2^\circ\text{C}$ ), compatibile con l'espletamento delle funzioni vitali. La **temperatura interna** del corpo può essere mantenuta **costante** solo se esiste un equilibrio tra il calore generato internamente e quello scambiato con l'ambiente circostante.

Nell'uomo, l'equilibrio termico è garantito dall'ipotalamo che opera in risposta a informazioni relative alla temperatura corporea ricevute dai recettori termici dislocati sia a livello epidermico che profondo. Il discostamento dalle condizioni di equilibrio del bilancio termico attiva una sequenza di procedure per lo smaltimento del calore in eccesso (aumento della circolazione sanguigna cutanea, sudorazione...) o per la produzione di ulteriore calore (brividi, aumento del tono muscolare, attività muscolare...) e la riduzione delle sue dispersioni (vaso costrizione). Questi adattamenti, in condizioni fisiologiche, ripristinano le condizioni corrette.

L'equazione (semplificata) che in prima approssimazione descrive il bilancio energetico dell'organismo (convenzionalmente riferita all'unità di tempo e quindi espressa in termini di potenza) è la seguente:

$$M \pm W \pm C \pm R - E = S \quad \text{dove:}$$

- M = potenza prodotta dai processi metabolici;
- W = potenza scambiata in termini di energia meccanica;
- C = potenza scambiata per via convettiva;
- R = potenza scambiata per irraggiamento;
- E = potenza ceduta per evaporazione (essenzialmente: traspirazione e sudorazione);
- S = potenza termica totale acquisita o dissipata dal corpo.

Affinchè siano rispettate le condizioni di **omeotermia**, cioè le condizioni di stabilità dell'equilibrio termico dell'organismo, è necessario che  $S = 0$ . Se  $S > 0$  si ha un aumento della temperatura corporea, se  $S < 0$  si ha una diminuzione.

Gli scambi termici uomo-ambiente sono influenzati dalle condizioni ambientali e da altri parametri più strettamente riconducibili al singolo individuo (tipo di lavoro svolto, abbigliamento, acclimatazione, allenamento, alimentazione, dimensione corporea, temperatura cutanea...).

In termini igienistici, si utilizzano fondamentalmente i seguenti 6 parametri, di cui i primi 4 sono riconducibili all'ambiente termico ed i rimanenti 2 dipendenti dal soggetto:

- temperatura dell'aria ..... t in °C o K
- temperatura media radiante ..... **trm** in °C o K
- umidità relativa ..... **UR** in %
- velocità dell'aria ..... **va** in m/s
- dispendio energetico metabolico ..... **M** in met o  $\text{W/m}^2$
- resistenza termica del vestiario ..... **Icl** in clo o  $\text{m}^2\text{K/W}$

Questi **parametri**, considerati in tutto o in parte, ovvero come parametri derivati ed eventualmente integrati con altri, vengono poi ricomposti in **indici** e valutati sulla base di **criteri**, spesso ottenuti empiricamente o mediante esperimenti che hanno coinvolto un numero ancora relativamente limitato di soggetti.

Il problema risulta molto complesso, tanto che anche il criterio che a tutt'oggi riscuote maggiori consensi nel campo della valutazione del comfort (equazione di Fanger - Norma ISO 7730/84) ammette una variabilità individuale tale che anche per un gruppo di persone esposte alle stesse condizioni microclimatiche non si possa in assoluto individuare una situazione ideale, valida per tutti.

Occorre dunque richiamare l'attenzione sui limiti di tali indici e criteri che, pur essendo utili strumenti, non garantiscono comunque una categorica demarcazione tra situazioni accettabili e non, e vanno quindi utilizzati con le dovute cautele.

Per un approccio concreto ad una problematica così complessa si accennerà qui agli orientamenti igienistici prevalenti.

Convenzionalmente gli ambienti termici vengono distinti in **ambienti severi**, ulteriormente suddivisi in **caldi** e **freddi**, e in **ambienti moderati**, vale a dire caratterizzati da condizioni microclimatiche omogenee con ridotta variabilità nel tempo, dall'assenza di rilevanti scambi termici localizzati fra soggetto ed ambiente e da attività fisica modesta.

Agli ambienti severi ci si rapporta con indici finalizzati alla prevenzione dello *stress termico* (da caldo o da freddo), agli ambienti moderati con indici finalizzati alla tutela del *comfort*.

L'indice più utilizzato per valutare il rischio di stress da caldo è probabilmente il **WBGT** (ISO 7243/82, ripreso dall'ACGIH). Altri indici utilizzati sono CET (o TEC), P4SR, HSI, ITS.

Esempi dei valori limite del WBGT in situazioni-tipo per carico di lavoro e riferiti a lavoratori acclimatati sono riportati in **Tabella 1** a seguito.

**Tabella 1:** Esempi di valori massimi ammissibili di WBGT (in °C)

Lavoro / Riposo (ogni ora)	Carico di lavoro		
	Leggero	Moderato	Pesante
Lavoro continuativo	30,0	26,7	25,0
75% lavoro / 25% riposo	30,6	28,0	25,9
50% lavoro / 50% riposo	31,4	29,4	27,9
25% lavoro / 75% riposo	32,2	31,1	30,0

Per lo stress da freddo si ricorre normalmente alla determinazione della **ECT**, temperatura equivalente di sensazione di freddo. Per approfondimenti si rimanda alla pubblicazione annuale dei TLV dell'ACGIH.

Tra i diversi metodi per la valutazione del comfort i più utilizzati sono:

ET\* - nuova Temperatura Effettiva (o Efficace)

TO - Temperatura Operativa

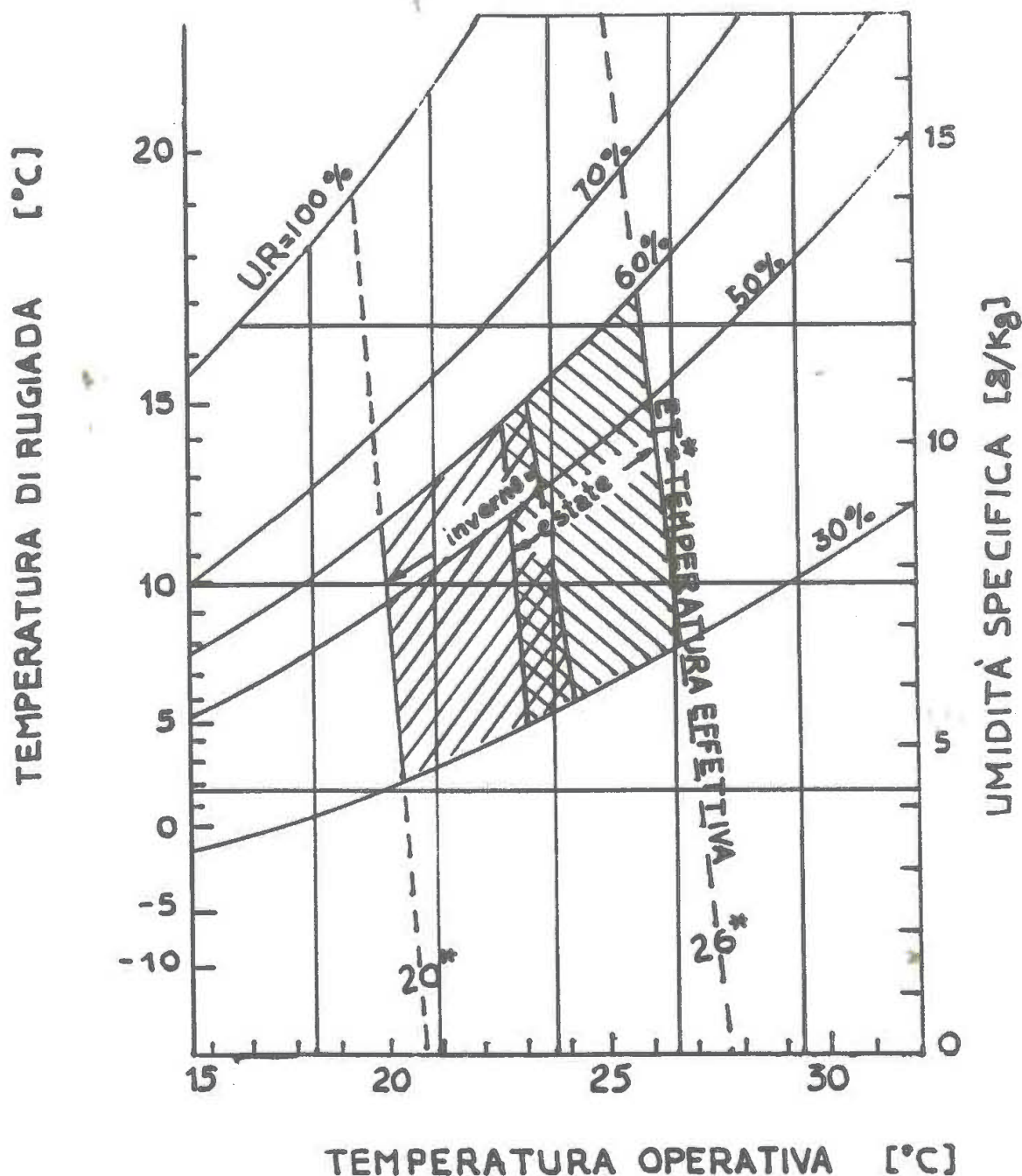
PMV - Voto Medio Previsto

PPD - Percentuale prevista di insoddisfatti

In **Figura 1** è riportato il diagramma, desunto dallo standard ASHRAE 55 (nella versione in revisione) delle condizioni ritenute accettabili (quelle, cioè, che soddisfano l'80% degli occupanti) sulla base dell'indice ET\*.

Il diagramma è riferito ad attività sedentaria ( $M \leq 1,2$  met), abbigliamento tipico per interno (estate: 0,5 clo; inverno: 0,9 clo) e velocità dell'aria moderate ( $v_a \leq 0,25$  m/s in estate e  $v_a \leq 0,15$  m/s in inverno).

**Fig. 1:** Zone di benessere termico (estate, inverno) secondo lo standard ASHRAE 55 (nella versione in revisione).

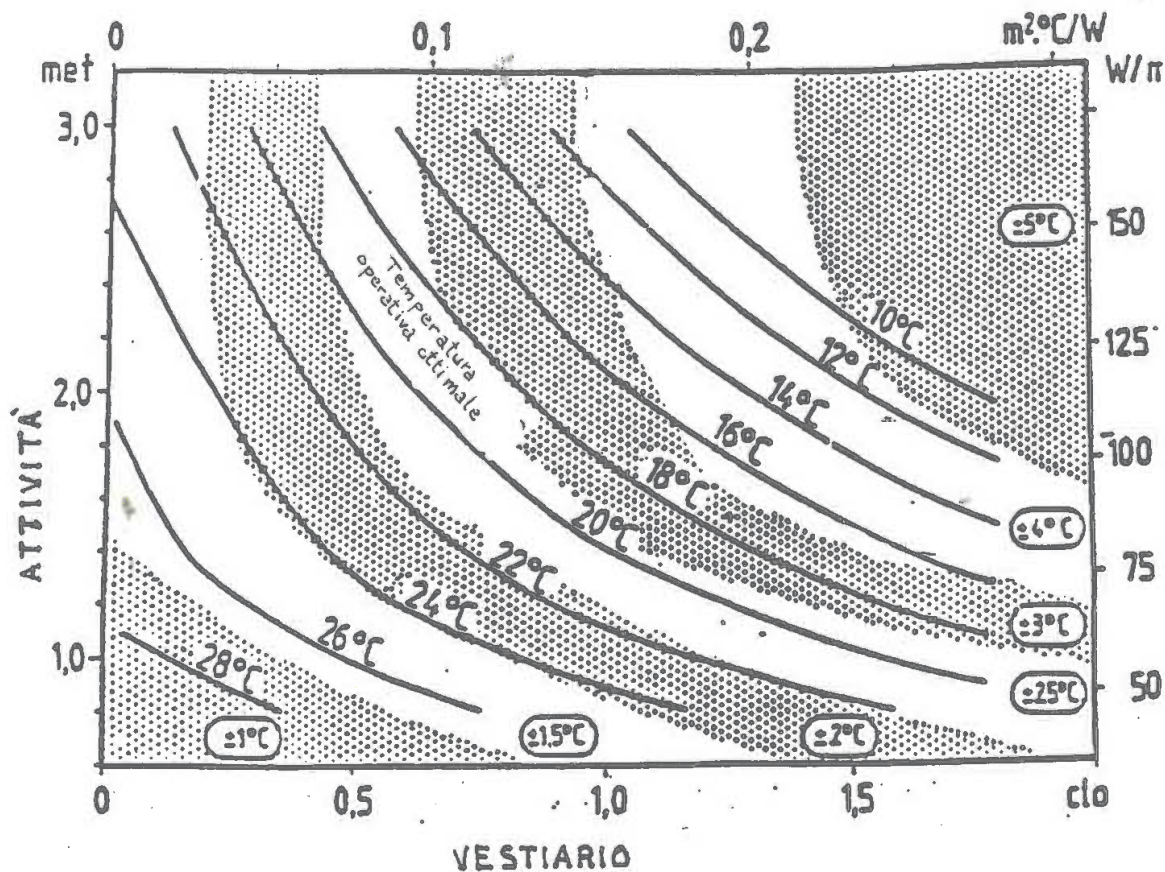


In **Figura 2** sono riportati i valori ottimali (che soddisfano il 95% degli occupanti:  $PMV = 0$ ) di TO in funzione del dispendio energetico metabolico e dell'isolamento termico del vestiario.

Il diagramma, desunto dalla norma ISO 7730/84, è utilizzabile in ambienti con  $UR = 50\%$  e aria calma.

Fig. 2: Temperatura Operativa ottimale (corrispondente a VMP = 0) in funzione di M e Icl.

Le aree bianche od ombreggiate indicano gli intervalli di TO nei quali il PMV è compreso tra  $\pm 0,5$  (gli intervalli sono riportati in basso e a destra nel diagramma).



Una diffusa applicazione pratica delle equazioni di benessere termico di Fanger, alla base della norma ISO 7730/84, è la determinazione del PMV e del PPD; indici che predicono la sensazione termica nel corpo nel suo insieme. In sintesi, il PMV (\*) prevede il punteggio medio che sarebbe attribuito da un ampio numero di soggetti su una scala di sensazione termica che va da +3 (molto caldo) a -3 (molto freddo).

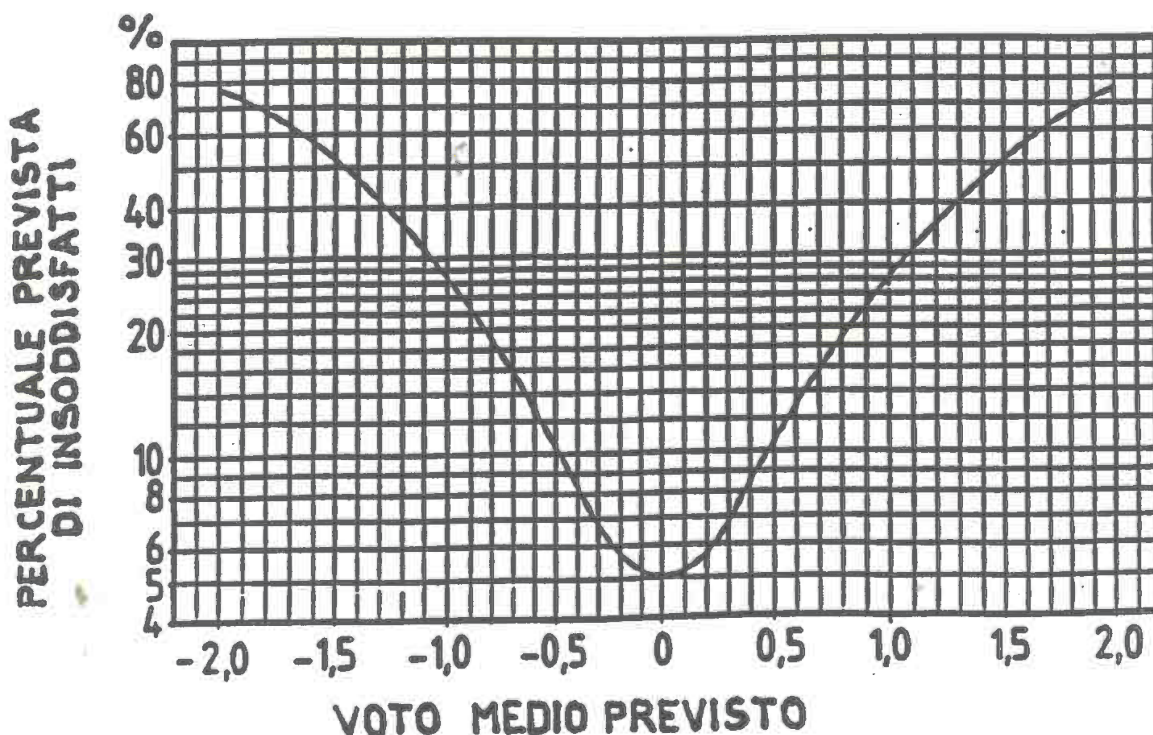
La correlazione tra PMV e PPD è desumibile dalla Figura 3.

\*: L'utilizzo dell'indice PMV è raccomandato solo quando ricorrono le particolari condizioni evidenziate nella ISO 7730/84 (punto 3.1).

Sempre con riferimento agli ambienti moderati è bene infine sottolineare che gli indici ed i criteri accennati fanno riferimento ad ambienti in condizioni microclimatiche pressochè stazionarie.

In realtà, nei concreti ambienti di vita e di lavoro, esiste una discreta casistica di condizioni per le quali, pur in presenza di indici (ET\*, PPD...) ottimali, non si riscontrano corrispondenti livelli di benessere.

Fig. 3: Percentuale Prevista di Insoddisfatti (PPD) in funzione del Voto Medio Previsto (PMV).



In queste situazioni occorre valutare i possibili *fattori di discomfort locale* che gli indici non considerano: *riscaldamento o raffreddamento locale di parti del corpo, differenze di temperatura verticali, asimmetrie di irraggiamento* ed anche *l'inadeguato ricambio dell'aria* (concettualmente non pertinente all'ambiente termico ma ad esso frequentemente correlato sul piano impiantistico).

I dati attualmente disponibili non permettono di prevedere con esattezza l'influenza dei fattori del discomfort locale sulla sensazione soggettiva e tuttavia sia lo standard ASHRAE 55 che la ISO 7730/84 precisano taluni criteri di accettabilità per condizioni microclimatiche non stazionarie.

In definitiva la *complessità del problema* richiede tanto un'oculata valutazione progettuale quanto scelte impiantistiche che privilegino un'opportuna *flessibilità*.

Valutare accuratamente le caratteristiche di **inerzia termica** e di **isolamento dei materiali** e la distribuzione delle **superfici finestrate**; tener conto, oltre che degli standards raccomandati, della effettiva **dislocazione del personale** e della permanenza nelle diverse posizioni; privilegiare l'**autoregolazione** dei parametri microclimatici nei singoli ambienti sono alcuni esempi di elementi che concorrono a realizzare il **benessere psicofisico** degli occupanti.

Per la ricognizione sui requisiti legislativi e l'identificazione degli standard prestazionali termigrometrici (essenzialmente: temperatura, umidità relativa e velocità dell'aria), vedi più oltre nel titolo: "**Standard termoigrometrici e di rinnovo dell'aria**".



## QUALITÀ DELL'ARIA INDOOR

L'inquinamento aerodisperso degli ambienti industriali è comunemente caratterizzato da concentrazioni più o meno elevate di inquinanti che vengono generate da sorgenti relativamente ben identificabili e correlate al processo produttivo.

Trattare della qualità dell'aria indoor significa invece fare riferimento ad una problematica di inquinamento a carattere diffuso, più spesso di modesta entità, con molteplici sorgenti ciascuna delle quali di difficile identificazione e non particolarmente dominante.

I problemi di una cattiva qualità dell'aria indoor sono andati accentuandosi dalla metà degli anni '70, e particolarmente a far data dall'emanazione della legge 373/76 quando, per sopravvenute priorità di risparmio energetico, si è andati all'adozione di scelte costruttive e di struttura degli edifici aventi caratteristiche di elevato contenimento termico, con forti riduzioni dei ricambi dell'aria.

Parallelamente, si sono affermati nuovi materiali per l'edilizia e gli arredi e si è fatto più frequente il ricorso agli impianti per il condizionamento, spesso centralizzati e funzionanti a ricircolo.

In questo contesto, il panorama dei fattori di rischio è decisamente complesso, coinvolge molteplici inquinanti di tipo chimico, fisico e biologico (vedi Tabella 2) ed è verosimilmente da considerare ancora incompleto.

Tabella 2: Principali inquinanti indoor

Agenti	Fonti
Radon	Suolo, acqua, materiali da costruzione;
Asbesto	Materiali da costruzione, isolanti;
Fibre minerali	Materiali da costruzione, isolanti;
Particelle respirabili	Combustioni, fumo, aria esterna;
Idrocarburi policiclici	Combustioni, fumo, aria esterna;
Antiparassitari	Legno, aria esterna;
Composti organici vol. (COV o VOC)	Arredamenti, fumo, prodotti per la pulizia, isolanti;
Formaldeide	Arredamenti;
Fluoroclorocarburi	Prodotti per la pulizia (spray);
NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> , CO	Combustioni, fumo, aria esterna;
CO <sub>2</sub>	Occupanti (respirazione), combustioni;
Ozono	Apparecchiature elettriche;
Cloro	Acqua;
Batteri, virus, funghi	Occupanti, animali domestici, impianti di condizionamento, aria esterna;
Pollini	Piante, aria esterna;

Relativamente al mondo del lavoro, gli ambienti interessati da questo tipo di problematica appaiono (\*) essenzialmente quelli del cosiddetto terziario (uffici, banche, scuole, ospedali...).

\*: Effettivamente, gli ambienti interessati alle problematiche dell'inquinamento indoor sono tutti i luoghi chiusi di lavoro ma, negli ambienti produttivi classici (fabbriche, laboratori...), il fenomeno è quasi sempre *sovrastato* da altri tipi di inquinamento di entità più rilevante.

Occorre poi rilevare che parecchi degli inquinanti indoor sono presenti anche nelle case, negli ambienti pubblici, sui mezzi di trasporto ed interessano la vita extralavorativa con evidenti ripercussioni sulla *diffusione del rischio* e sul *prolungamento dei tempi di esposizione*.

Sebbene l'esposizione dell'uomo a questo tipo di inquinamento sia estremamente diffusa, solamente da poco tempo si è iniziato a considerarne ed a studiarne le ripercussioni sulla salute, anche sull'onda degli eclatanti episodi di "legionellosi" che negli anni '70 si sono verificati negli Stati Uniti.

Negli ultimi anni si è tuttavia riusciti a delineare in modo abbastanza preciso un quadro di disturbi caratterizzato prevalentemente da sintomi irritativi a carico delle mucose, delle congiuntive e delle prime vie aeree e da manifestazioni riguardanti l'apparato respiratorio, digerente, cardiovascolare, osteo-muscolare, nervoso e cutaneo. Sempre più frequentemente questi casi di disturbi plurisintomatici, che nel loro insieme costituiscono un vero e proprio quadro patologico, vengono definiti come "*Sindrome da edificio malato*" (Sick Building Syndrome "*SBS*" o Building Illness "*BI*" [\*]).

\*: In realtà attualmente si tende ad operare una distinzione tra i due quadri, definendo con *SBS* un insieme di segni, sintomi od affezioni che colpisce la maggioranza degli occupanti di un edificio, manifestandosi con disturbi aspecifici che si presentano ripetutamente nel tempo ma di cui non si riconosce un fattore eziologico causale.

Il nome di *Building Illness* andrebbe invece riservato per i casi in cui l'agente patogeno venga identificato. La diagnosi di quest'ultima patologia può essere posta anche nel caso che solo un lavoratore (o pochi lavoratori) siano colpiti.

Tali sintomatologie possono talvolta manifestarsi anche in edifici privi di impianti di condizionamento dell'aria, ma per lo più compaiono solamente negli edifici condizionati (\*).

\*: Si rilevi la *contraddizione*: nonostante che il miglioramento della qualità dell'aria indoor sia affidato pressochè totalmente (in particolare) agli impianti di condizionamento (attraverso il rinnovo e/o la filtrazione), uno degli imputati principali per il peggioramento della qualità dell'aria indoor è proprio l'impianto di condizionamento. Accanto agli indubbi *vantaggi*, infatti, gli impianti di condizionamento possono determinare *rischi per la salute*, soprattutto laddove la progettazione non sia stata corretta oppure quando si verificano trascuratezze nella manutenzione, in particolare nelle unità di trattamento dell'umidità e nel sistema di filtrazione.

Qualora in un ambiente confinato vengano lamentati disturbi che suggeriscono la presenza di una *SBS* o *BI* si rende sovente opportuno provvedere ad una valutazione della qualità dell'aria, eventualmente integrata da accertamenti sanitari mirati.

In **Tabella 3** sono riportati i principali indicatori utilizzabili per una valutazione ambientale dell'aria indoor.

**Tabella 3:** Principali indicatori applicabili per una valutazione ambientale della qualità dell'aria indoor.

Indicatore	Significato
Anidride carbonica Ossido di carbonio	indicatore di aerazione/ventilaz.; per la valutazione delle emissioni da fonti di combustione;
VOC o COV	indice di inquinamento da composti organici volatili;
Polveri totali	per l'inquinamento particolato;
Colony forming units (CFU)	per l'inquinamento microbiologico;
Fibre minerali	per la contaminazione da fibre minerali;
Alfa-emissioni	per la contaminazione da radon;
Diluizione di gas traccianti	indicatore di aerazione/ventilaz.

### Generalità sul ricambio d'aria

In linea di massima è necessario ricorrere ad un impianto di aerazione o ventilazione generale forzato se:

- il *rapporto aerante è insufficiente* (\*) e non esiste la possibilità concreta di adeguarsi ai requisiti di aerazione naturale;

\*: Nella progettazione degli impianti RCV non si considera il contributo delle aperture in grado di garantire **aerazione naturale** del locale, in quanto variabile di effetto incontrollabile ed imprevedibile sui movimenti d'aria del locale. Questa **variabile** deve pertanto essere considerata in modo **indipendente**.

Gli impianti RCV devono garantire le prestazioni di progetto con finestrate chiuse mentre la possibilità di ricorrere alla aerazione naturale (e quindi all'apertura delle finestre) è praticamente sempre indispensabile e particolarmente utile, ad esempio, in casi di *funzionamento anomalo* o *disattivazione* dell'impianto, come misura integrativa del ricambio nelle circostanze di rapido ed *elevato affollamento* del locale o di *inquinamenti accidentali*.

In assenza di finestrate apribili (situazione conforme alle norme di igiene del lavoro solo se sussistono motivi di ordine produttivo e non, ad esempio, motivi di *sicurezza anti-intrusione* e di *contenimento energetico*) è necessario che gli impianti dispongano di più ampi margini di potenzialità.

- si devono *rimuovere inquinanti diffusi* (molteplicità e imprevedibilità delle sorgenti) a bassa *tossicità* (\*) e non è possibile ricorrere all'aspirazione localizzata.

\*: In presenza di inquinanti moderatamente o molto tossici e per sorgenti ben individuabili occorre rivolgersi alle **aspirazioni localizzate**.

Per *classificare la tossicità degli inquinanti*, orientativamente e con le opportune cautele, può essere utilizzato il seguente criterio basato sui TLV ACGIH:

Classi di tossicità	Range TLV, in ppm
- poco tossico	≥ 500
- moderatamente tossico	100 ÷ 500
- molto tossico	≤ 100

Per il controllo della qualità dell'aria indoor è normalmente accettabile ricorrere alla aerazione o alla ventilazione generale.

- sono richiesti (da una fonte legislativa, per esigenze produttive, ...) parametri certi di qualità dell'aria (in termini di *rinnovo e/o filtrazione/depurazione*);

Per tutte le situazioni di cui sopra l'impiantistica deve **garantire** il controllo delle variabili prefissate di purezza dell'aria **durante l'intero arco dell'anno**, indipendentemente dal macroclima (anche quando sono disattivati il riscaldamento o il raffreddamento). Il rispetto di questo principio è fondamentale, particolarmente negli ambienti *senza aerazione naturale*.

In termini progettuali, quali indicatori del ricambio (rinnovo) d'aria sono più spesso utilizzati i **ricambi/ora**, o **volumi/ora**, (**n**) e le **portate specifiche (Qs)**.

I **ricambi/ora** sono sostanzialmente il numero per il quale occorre moltiplicare la volumetria dell'ambiente per ottenere la portata **Q** in  $\text{m}^3/\text{h}$  richiesta all'impianto.

Questo modo di esprimere le portate di ventilazione, pur di facile uso, presenta non poche difficoltà alla definizione precisa di valori per la molteplicità delle variabili in gioco e solitamente sottostima la ventilazione necessaria negli ambienti piccoli con forte affollamento.

Sono in circolazione diverse tabelle che riportano (solo) dati di ricambi orari per alcuni tipi di ambienti o di destinazioni d'uso. Queste tabelle prospettano, talvolta con contraddizioni tra l'una e l'altra, larghi intervalli di variabilità: probabilmente frutto di esperienze concrete, vanno considerate in modo assolutamente indicativo.

L'attuale tendenza, ripresa oramai da molte delle più recenti normative, è invece quella di precisare le **portate specifiche**, riferite ad una singola persona (**Qs** in  $\text{m}^3/\text{h}$  per persona), da moltiplicare per l'**affollamento (\*)** previsto.

\*: I valori dell'affollamento vanno definiti sulla base delle peculiarità del locale. Solo in caso di impossibilità a quantificarne l'entità è ammesso far riferimento ai valori convenzionali della specifica tipologia edilizia desumibili in Letteratura, ad es., nella proposta di norma CTI 8/32 bis E02.08.0321 (vedi Bibliografia).

Anche questo criterio, certamente più preciso dal punto di vista tecnico, presenta tuttavia dei limiti che, contrariamente al criterio dei ricambi orari, si evidenziano particolarmente negli ambienti ampi con scarso affollamento.

In alcuni casi i **due criteri** compaiono **abbinati**: viene inizialmente fissata una portata specifica (**Qs**) che, unitamente all'affollamento, determina una portata complessiva (**Q**) dell'impianto; questa portata **Q** non può però mai scendere al di sotto di un altro valore minimo, questa volta ottenibile dai ricambi/h (**n**). L'integrazione dei due criteri consente di contenere fortemente i limiti di ciascuno di essi.

Infine, in talune normative le esigenze di ricambio d'aria si trovano espresse in **portata oraria per metro quadro** di superficie del locale. Questo modo di descrivere le esigenze di ricambio (**Qa** in  $\text{m}^3/\text{h m}^2$ ) si adatta abbastanza bene ad ambienti non sovraffollati e di discreta volumetria.

Per la ricognizione sui requisiti legislativi e l'identificazione degli standard prestazionali di rinnovo d'aria, si consulti il titolo: "**Standard termoigrometrici e di rinnovo dell'aria**"; le portate sono da intendersi riferite alle **condizioni standard** di  $15^\circ\text{C}$  di temperatura e  $101,3 \text{ kPa}$  di pressione.

## Filtrazione

L'aria di rinnovo (o ricambio) viene aspirata dall'esterno dell'edificio. Questa aria esterna risulta più o meno inquinata (\*) da contaminanti che possono provocare inconvenienti sia agli occupanti ed alle attività interne che all'impiantistica RCV. Parimenti, anche nell'aria di ricircolo si riscontrano presenze più o meno accentuate di contaminanti. Pertanto, gli impianti RCV solitamente prevedono **processi di filtrazione** per il trattenimento degli inquinanti corpuscolati mentre solo più raramente ricorrono alla **depurazione** (es.: trattamento degli odori e dei gas); per questo secondo aspetto si rimanda alla consultazione di testi specialistici.

\*: L'entità dell'inquinamento dell'aria esterna dipende essenzialmente dalla *località* e dalle *condizioni climatiche*, queste ultime intese anche come *stagione*. È stato osservato che le *particelle con  $\varnothing \leq 1 \mu m$*  costituiscono circa il **99%** del numero totale di particelle dell'aria, ma solo il **30%** in peso.

Per descrivere le prestazioni di un filtro sono particolarmente importanti tre caratteristiche:

- il **rendimento della filtrazione**, indice della capacità del filtro a rimuovere il contenuto di polveri da un flusso d'aria;
- la **capacità di ritenzione** delle polveri, quantità di polveri che il filtro è in grado di trattenere nel corso della sua vita operativa in condizioni prefissate;
- la **perdita di carico**, indice della resistenza opposta dal filtro all'attraversamento dell'aria (\*).

\*: Il progressivo intasamento del filtro nell'arco della sua vita di lavoro comporta un diretto aumento della perdita di carico che il flusso di aria incontra nel suo movimento con conseguente riduzione della portata d'aria e delle prestazioni dell'impianto. È pertanto raccomandato adottare **manometri differenziali** che segnalino l'esigenza di provvedere alla manutenzione/sostituzione del filtro.

La descrizione di tali caratteristiche è quanto mai problematica: in pratica non esiste un solo metodo di prova che possa individuare le prestazioni di ogni tipo di filtro nel campo di variazione delle grandezze coinvolte nelle situazioni reali (\*). Sono così stati definiti più metodi di prova, in particolare del rendimento della filtrazione, con presupposti differenziati e che, quindi, non consentono un preciso confronto dei risultati.

\*: Per ovviare a questa situazione in Germania, sotto la sigla **DIN 24 183**, è stata proposta una normativa in grado di classificare tutti i filtri con un unico metodo. Detta normativa, che si basa sulla espressione del **grado di separazione frazionario** e potrebbe costituire la base per un'unica (futura) classificazione europea, non è però ancora ufficiale.

Il rendimento dei **filtri grossolani, medi o fini**, viene comunemente determinato sulla base dello standard **ASHRAE 52/76**; questo utilizza due metodi:

- **Arrestanza** (detto anche **gravimetrico** o **ponderale**), per filtri grossolani. Questo test utilizza polveri sintetiche, con granulometrie che cercano di riprodurre la polvere grossolana naturale (e quindi raramente sovrapponibili ai contaminanti particolati reali);
- **Colorimetrico** (detto anche **opacimetrico**), per filtri medio-fini e ad elevate

prestazioni. Questo test descrive la capacità di un filtro a trattenere i contaminanti particolati ambientali (e quindi reali) presenti nel laboratorio di prova.

Per la valutazione dei **filtri ad elevatissime prestazioni** (detti anche **filtri assoluti** o **HEPA**) sono invece comunemente (\*) utilizzati i metodi:

- **Fiamma al sodio** (BS 3928, aerosol di prova: NaCl);
- **Prova di penetrazione mediante DOP** (US MIL-Std. 282, aerosol di prova: DOP, di-octil-ftalato).

\*: I metodi disponibili sono molteplici e tuttora validi. Tra i più importanti, vanno inoltre ricordati:

- **AFNOR X 44011** (aerosol di prova: uranine)
- **DIN 24 184** (aerosol di prova: olio di paraffina)

Per la prova dei filtri grossolani e medio-fini, l'**EUROVENT**, con il documento 4/5, classifica i filtri in classi sostanzialmente sulla base dello standard ASHRAE 52/76 mentre, per i filtri ad altissima efficienza (\*), con il documento 4/4, si riferisce al test di efficienza alla fiamma di sodio. Anche l'**UNI**, nella norma 7832/78, fa riferimento allo standard ASHRAE 52/76 per i filtri grossolani, medi e fini, mentre, per i filtri ad altissima efficienza la 7833/78 accetta nella sostanza il test DOP.

\*: Tipicamente filtri denominati **HEPA** (High Efficiency Particulate Air-filters). Nel linguaggio comune la sigla **HEPA** si trova spesso associata alla sigla **ULPA** (Ultra Low Penetration Air-filter). Questi ultimi filtri, per valutare i quali si ricorre estensivamente ai metodi prima descritti per gli **HEPA**, forniscono prestazioni superiori (**ULPA >HEPA**).

Sebbene non esista una relazione matematica fra i risultati dei diversi metodi di prova, in **Figura 4** sono proposti confronti indicativi tra i rendimenti valutati secondo i metodi ASHRAE 52/76 (Arrestanza e Colorimetrico) il metodo della fiamma al sodio e le classi EU dell'**EUROVENT**.

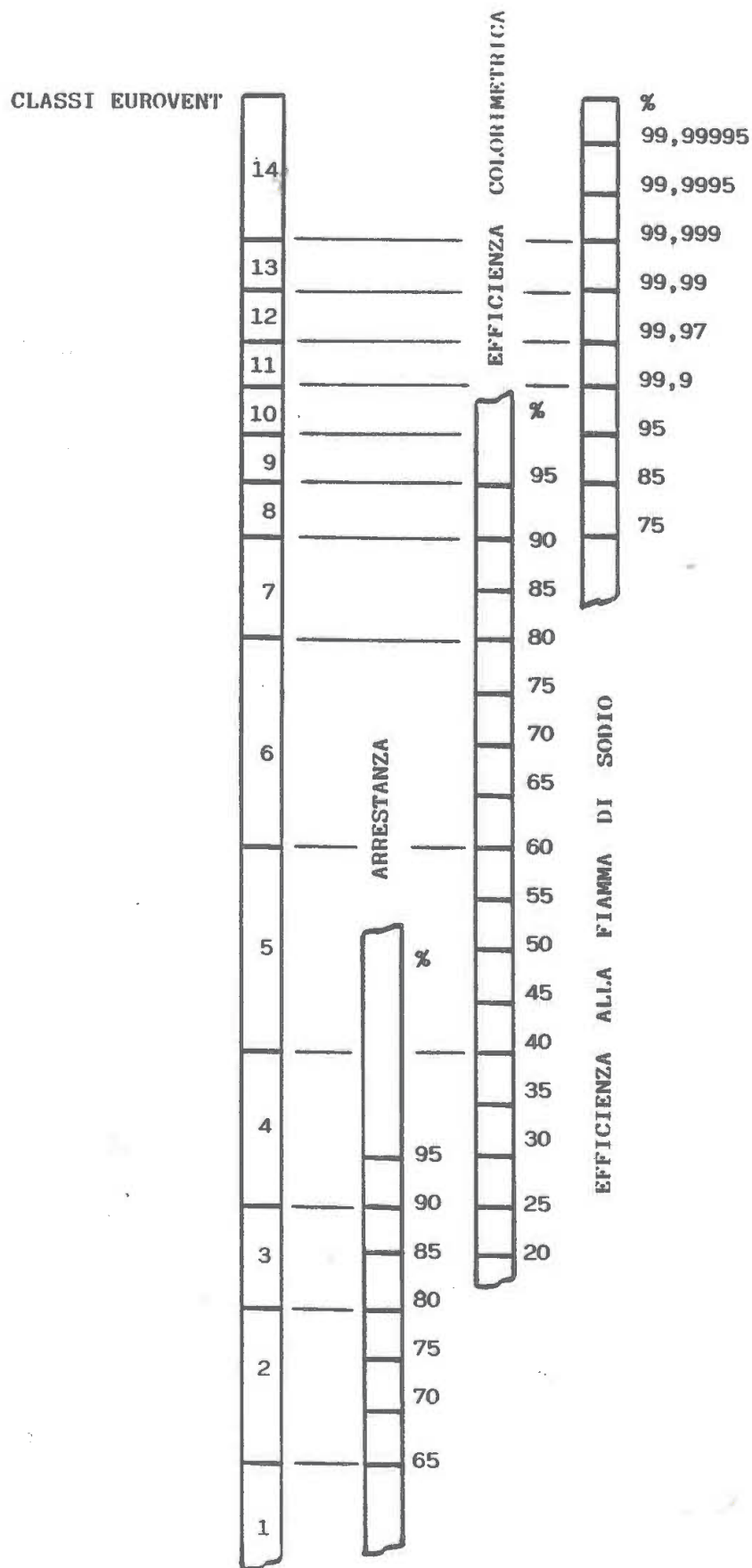
La tecnologia degli impianti RCV si è assestata su soluzioni che prevedono in modo generalizzato l'utilizzo di dispositivi filtranti per particolato. Se consideriamo un tipico schema di impianto di condizionamento (vedi **Figura 5**) le soluzioni più comunemente adottate (o comunque consigliabili) prevedono l'utilizzo di un filtro a bassa efficienza sull'aspirazione esterna (**prefiltrazione**) e uno o più filtri scelti in base al grado di efficacia filtrante sull'aria in mandata nei locali serviti (**filtrazione vera e propria**).

In questa soluzione progettuale è identificabile un preciso ruolo di ognuna delle due stazioni di filtraggio.

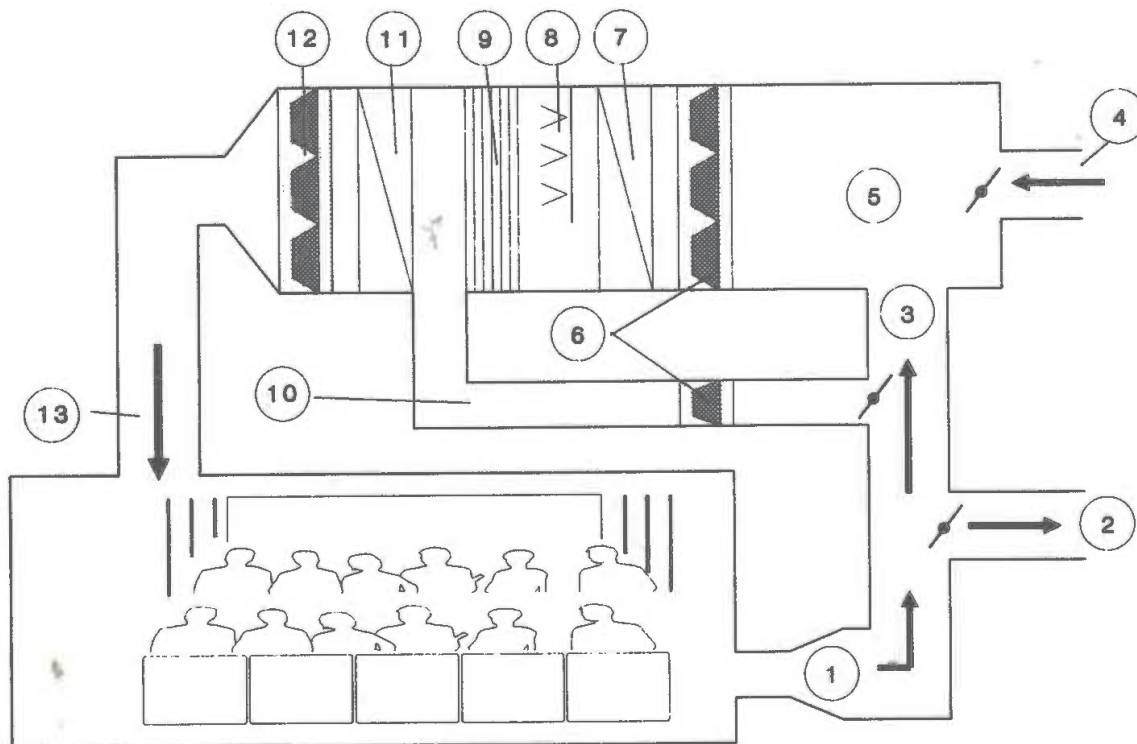
La **prefiltrazione** è sostanzialmente deputata ad un controllo dell'aria in ingresso, a protezione dell'impiantistica e per il prolungamento della durata operativa dei filtri successivi. La prima stazione di filtraggio, trattenendo comunque una elevata percentuale in peso del corpuscolato, evita accumuli di polveri su tutti i componenti dell'impianto, riducendo i costi di efficienza, i guasti e le necessità di manutenzione.

Lo stadio finale di **filtrazione** ha invece la specifica funzione del controllo dell'aria in mandata (\*).

**Fig. 4:** Confronti indicativi tra rendimenti di filtri valutati con metodi diversi e confrontati con le classi EUROVENT (Fonte AAF - Milano).



**Fig. 5:** Schema generale di un impianto di condizionamento estivo ed invernale (Fonte Freudenberg - Milano).



- |                           |                                      |
|---------------------------|--------------------------------------|
| 1) Aria in uscita         | 8) Umidificazione                    |
| 2) Aria di espulsione     | 9) Raffreddamento e Deumidificazione |
| 3) Aria di riciclo        | 10) Bypass                           |
| 4) Aria esterna           | 11) Post riscaldamento               |
| 5) Camera di miscelazione | 12) Filtrazione                      |
| 6) Prefiltrazione         | 13) Aria in entrata                  |
| 7) Preriscaldamento       |                                      |

\*: In effetti esso determina il grado di intervento e solo indirettamente il grado di qualità dell'aria che è funzione anche dell'entità e delle caratteristiche degli agenti inquinanti presenti nell'aria movimentata (di rinnovo e di ricircolo).

Laddove sia richiesto un preciso controllo della purezza dell'aria, qualitativamente elevato, e siano quindi richiesti i filtri ad alta o altissima efficienza, l'ultimo stadio filtrante deve essere collocato all'interno del locale servito. Questa soluzione viene ad essere imposta dalla necessità di non pregiudicare l'efficacia della filtrazione a causa dei possibili inquinamenti a valle della stazione filtrante (batteri, ingressi di aria esterna, ecc..). Dovendo installare filtri terminali ad alta o altissima efficienza è buona norma che gli stessi siano preceduti da filtri con efficienze inferiori.

Per stabilire il grado di filtrazione necessaria non sono definiti requisiti legislativi numerici nè in termini di qualità finale dell'aria (\*) nè in termini di efficienza filtrante.

\*: Solo taluni Regolamenti Comunali d'Igiene affrontano l'argomento prevedendo il vincolo a trattenere tutte le particelle aerodisperse con  $\varnothing \geq 50 \mu\text{m}$ .



Anche le **normative** non forniscono riferimenti molto precisi.

La normativa **UNI 5104/63** con **FA 1/91** indica, orientativamente, l'esigenza di provvedere all'eliminazione della polvere con un sistema di filtri atti a trattenere tutte le impurità solide di dimensioni maggiori di  $50\ \mu\text{m}$  ed il 90% di quelle comprese tra  $50$  e  $0,5\ \mu\text{m}$  (si ha ragione di ritenere che la qualità della filtrazione sia indicata in termini ponderali, ma questa è pur sempre un'interpretazione). È inoltre previsto che in dipendenza della specificità del caso possano essere adottate cautele particolari quali l'adozione di filtri elettrostatici o equivalenti per le impurità solide di dimensioni minori di  $0,5\ \mu\text{m}$ .

Sulla base di queste indicazioni risulta tuttavia difficile definire i tipi di filtri da installare per la variabilità della qualità dell'aria esterna ed anche per le diverse prestazioni fornite da filtri appartenenti ad una stessa classe.

Per la definizione degli standard prestazionali si è così deciso di far riferimento a fonti tecniche e commerciali che, più che sulla qualità finale dell'aria, incentrano l'attenzione sui filtri e sui loro rendimenti.

In particolare, gli standard prestazionali hanno puntato a definire la **qualità dei filtri** da utilizzare sulla seconda stazione di filtraggio (quella a tutela della qualità dell'aria in mandata).

*Le indicazioni finali (\*) risentono delle approssimazioni di un'esperienza non ancora consolidata.*

Tali indicazioni (orientative), sono riportate al titolo "**Riepilogo delle prestazioni**" e sono espresse in termini di classi EU dei filtri da installare.

\*: Si consideri che talune delle indicazioni finali risentono di **valutazioni più complesive**, non riferite alla sola filtrazione. Ad esempio, l'assegnazione delle classi **EU 3 + 5** agli ambienti di pubblico spettacolo destinati ai fumatori tiene conto che è stato sconsigliato provvedere al *ricircolo*; nel caso si intenda effettuare il ricircolo, per poter efficacemente intervenire sul trattenimento del fumo di sigaretta occorrerà utilizzare filtri certamente di classi EU superiori (orientativamente **EU 8 + 9**).

## **Ricircolo**

Il ricircolo è una modalità di gestione dell'aria di ventilazione che permette un risparmio economico, ma può comportare peggioramenti anche sensibili nella qualità dell'aria.

Le esperienze raramente positive degli impianti a ricircolo, probabilmente in parte condizionate da parallele *trascuratezze nella manutenzione*, fanno sempre propendere per valutare con attenzione la reale opportunità di una tale scelta: prima di andare all'adozione di un impianto con ricircolo ci si confronti coi tecnici dello SMPIL dell'USL locale.

L'aria dei locali chiusi di lavoro deve essere convenientemente e frequentemente rinnovata (art.9, DPR 303/56); ne discende che è *vietato il ricircolo totale*.

La legislazione, nazionale o locale, definisce alcune casistiche per le quali anche il *ricircolo parziale* dell'aria di aerazione o ventilazione generale è esplicitamente *vietato*.

La **CM 13011/74** relativa all'edilizia ospedaliera identifica i blocchi operatori, le sale travaglio, i reparti rianimazione, parti prematuri, lattanti, terapia intensiva, centro dialisi, la centrale di sterilizzazione (settore sterile) ed i laboratori di analisi. I **Regolamenti Comunali d'Igiene** solitamente prevedono il divieto al ricircolo parziale per l'aria proveniente dai servizi igienici (situazione comunque da evitare).

Più in generale, può essere invece consentito ricorrere al ricircolo parziale dell'aria di aerazione o ventilazione generale (\*) sempre che si tratti di aria non proveniente da locali con *inquinamenti specifici* (es.: locali foto/eliocopiatrici, camere oscure, ...) e che l'aria di ricircolo venga **filtrata**.

La sola presenza di *fumo di sigaretta* è motivo sufficiente a **sconsigliare il ricircolo**; una decisione diversa deve necessariamente presupporre che i filtri siano particolarmente incisivi nella loro azione (orientativamente  $EU\ 8 \div 9$ ).

\*: *Il ricircolo* (comunque parziale) dell'aria *da impianti di aspirazione localizzati* è subordinato a **condizioni particolarmente severe** per la cui analisi si rimanda alla Bibliografia.

Sul "quantum" ammissibile di ricircolo, lo standard **ASHRAE 62/89** (che riprende e ridefinisce i criteri dello standard 62/81) indica un algoritmo di calcolo che permette percentuali crescenti di ricircolo al crescere dell'efficienza dei sistemi di filtrazione.

Sullo stesso argomento **non** si è invece a conoscenza di **riferimenti legislativi (\*) e normative UNI**: i valori citati da queste due fonti sono sempre e solamente riferiti ad **aria di rinnovo**. Pertanto, l'adozione di impianti con ricircolo deve comunque **garantire i ricambi** evidenziati (sia  $Q_s$  che  $Q_a$  che  $n$ ) con **aria di rinnovo**.

\*: In provincia di Modena esistono alcuni Regolamenti Comunali d'Igiene che, negli "ambienti ad uso pubblico", definita una  $Q_s$  da garantire (normalmente  $Q_s \geq 30$ ), ammettono il ricircolo sino ad  $1/3$  della  $Q_s$  stessa.

Si osservi che questi casi adottano una *impostazione di fondo completamente diversa* da quella adottata per la formulazione degli standard nel presente opuscolo.

In questi Regolamenti è indicata una immissione complessiva comunque da garantire, eventualmente col ricorso al ricircolo ( $\max\ 1/3$ ). Nelle indicazioni di questo opuscolo sono invece adottate le portate minime di solo rinnovo che vanno comunque garantite.

Quest'ultima impostazione, adottata nel presente opuscolo, è suffragata anche dalla sempre più frequente adozione di **impiantistica** che permette il **recupero termico** (sia d'inverno che d'estate) dall'aria di estrazione mantenendo le portate in ingresso di **solo rinnovo**.

I valori di ricambi identificati sono quindi unicamente valori di rinnovo e sul ricircolo, più che andare all'individuazione di standard prestazionali, ci si è limitati ad un'espressione qualitativa che individua le situazioni nelle quali il ricircolo è:

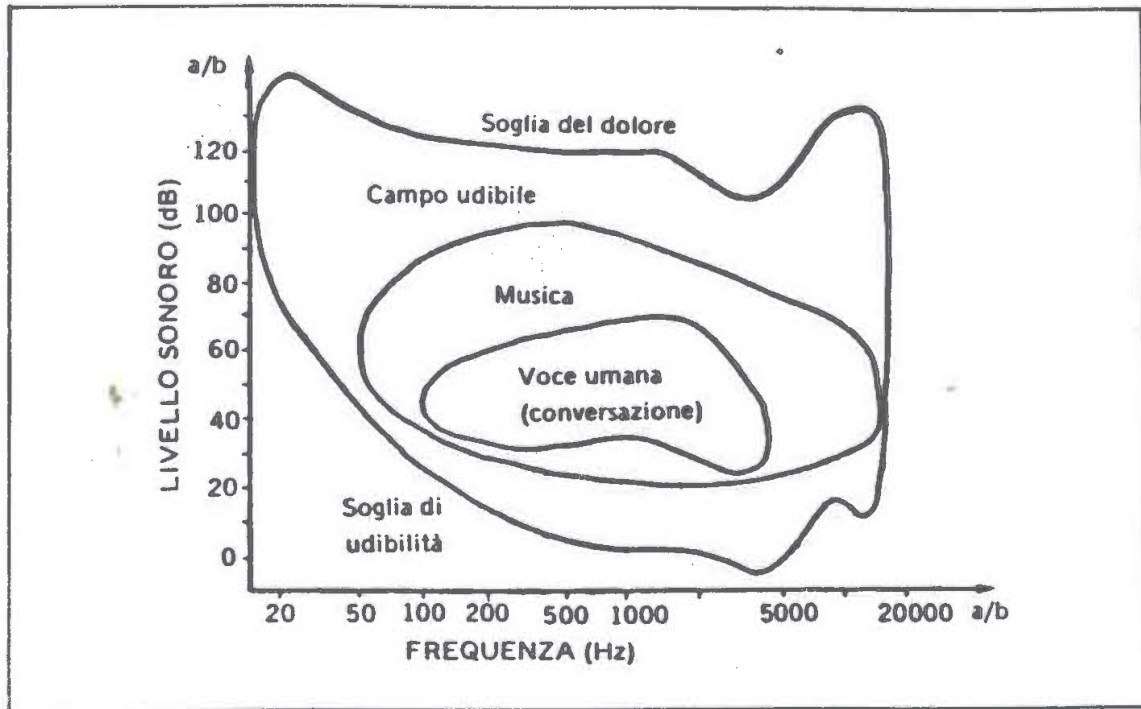
- espressamente **vietato** da fonti legislative (V);
- generalmente **sconsigliato** ma, da valutarsi caso per caso (S);
- generalmente **accettabile** (A), rispettando i rinnovi previsti.

Queste indicazioni sono direttamente riportate nel titolo "**Riepilogo delle prestazioni**".

## RUMOROSITA' DEGLI IMPIANTI

In generale, il **rumore** può essere definito come una vibrazione di origine meccanica che si propaga nell'aria e giunge all'apparato uditivo in modo disarmonico e quindi **fastidioso**. Affinchè le onde sonore siano percepibili all'apparato uditivo umano esse devono ricadere nello spettro 16/20Hz - 16/20kHz (vedi **Figura 6**).

**Fig. 6:** Campo di udibilità dell'orecchio umano.



In termini igienistici, il fenomeno sonoro viene essenzialmente stimato coi **decibel** (grandezza logaritmica), successivamente ponderato con un filtro (**A**) che riproduce schematicamente le diverse sensibilità dell'udito umano alle varie frequenze dello spettro (**dBA**).

Il rumore, inteso come un suono che influenza negativamente il benessere fisico e psichico degli individui, è senza dubbio uno dei fattori di nocività più diffusi nell'ambiente in cui si vive e si lavora.

L'esposizione a *rumori di elevata entità* è causa in primo luogo di effetti di tipo specifico a carico dell'apparato uditivo e di quello vestibolare.

I danni a carico dell'apparato uditivo si manifestano con l'*innalzamento*, inizialmente reversibile, della *soglia uditiva*. Nel tempo questa diminuzione di acuità uditiva diviene irreversibile per la *degenerazione* delle cellule nervose della coclea deputate alla ricezione del segnale sonoro, ad iniziare dall'intorno dei 3-4000 Hz.

Prolungando ulteriormente l'esposizione a rumore, i fenomeni degenerativi si estendono andando a compromettere la sensazione sonora anche per quanto riguarda la normale vita di relazione (difficoltà all'ascolto del parlato, della musica ecc.).

È ormai ampiamente dimostrato che esiste una stretta correlazione tra il livello di esposizione a rumore, il tempo per il quale si è esposti a tale livello e la *perdita della capacità uditiva*.

Per quanto concerne i **valori limite** di esposizione a rumore in ambiente produttivo, la Letteratura internazionale concorda che nell'intorno del livello di 80 dBA (livello equivalente di rumore riferito ad 8h/giorno ovvero 40 ore/settimana: LEP) inizia il rischio di danno uditivo e che operatori esposti a livelli crescenti hanno probabilità via via maggiori di contrarre *ipoacusia*.

La legislazione italiana per la protezione dei lavoratori contro il rischio di danno uditivo durante il lavoro è stata recentemente arricchita dal **Decreto Legislativo 277/91**. In questo provvedimento gli 80 dBA di LEP sono considerati un **livello di attenzione** al di sopra del quale occorre iniziare ad adottare alcune, prime, azioni di prevenzione. Le azioni richieste divengono più importanti al superamento degli 85 dBA (**livello di pericolo**) ed ulteriormente al superamento dei 90 dBA (**livello di danno**). In pratica, comunque, questi valori non stabiliscono una precisa linea di demarcazione tra rumore innocuo e nocivo per cui resta valida l'impostazione che il datore di lavoro deve provvedere a **ridurre la rumorosità** mediante misure tecniche, organizzative e procedurali, tutte le volte che ciò sia concretamente attuabile.

Le attuali conoscenze dell'incidenza del rumore sulla salute hanno poi permesso di evidenziare come il rumore, già a livelli modesti, possa ingenerare problemi attraverso una mediazione soggettiva che tende a sfuggire ad ogni classificazione.

Gli effetti del rumore a livelli non otolesivi vengono solitamente distinti in:

- *effetti non specifici* (sul sistema nervoso centrale e periferico, sul sistema neuroendocrino, sulla psiche, di tipo psicosomatico su organi bersaglio);
- *effetti psicosociali* (sulla trasmissione e sulla comprensione della parola, sull'efficienza lavorativa, sul rendimento, durata e qualità del sonno);
- *fastidio o annoyance* ("sentimento di scontentezza riferito al rumore che l'individuo sa o crede che possa agire su di lui in modo negativo") che, pur senza espletare normalmente un'azione diretta di danno su organi, sistemi o tessuti, determina tuttavia ripercussioni che possono essere limitate all'ambito strettamente soggettivo o riflettersi su relazioni interpersonali e sui rapporti tra l'uomo e la collettività.

Questi effetti, che hanno decisamente maggiore attinenza rispetto alle problematiche sviluppate nella presente pubblicazione, sono tali che presentano una *difficoltà* notevole sia di *osservazione* che di *interpretazione* anche perchè costituiscono spesso la risposta soggettiva agli effetti combinati di altri fattori ambientali o riconducibili allo stato di salute dell'individuo. Il problema di una stima oggettiva degli effetti psicosociali e dell'*annoyance* di un determinato rumore è uno dei più delicati in tema di acustica. Ogni persona ha, ad esempio, una propria opinione di "rumore" e quindi di "disturbo", opinione che oltretutto è soggetta a cambiare con le situazioni e nel tempo. Di qui l'esigenza, per poter giungere ad una misura oggettiva del rumore correlabile al disturbo, di basarsi sull'opinione di più persone e fare una media delle loro opinioni.

In questa direzione vanno, appunto, le ricerche dei più qualificati Istituti ed Organismi nazionali ed internazionali di acustica: basarsi su valutazioni statistiche per la normalizzazione delle metodiche di approccio e risposta. In Italia, per generiche valutazioni del disturbo da rumore negli ambienti abi-

tativi e nell'ambiente esterno si fa riferimento al **DPCM 1/3/91** "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno".

Gli impianti di riscaldamento, condizionamento e ventilazione sono deputati al mantenimento di specifiche condizioni termoigrometriche e di purezza dell'aria in spazi limitati; per essi il rumore va pertanto considerato come un sottoprodotto indesiderato e indesiderabile dei processi effettuati.

Le *principali fonti* di rumorosità degli impianti RCV possono essere ricondotte a:

- caldaie/bruciatori e gruppi frigoriferi;
- torri di raffreddamento dell'acqua; condensatori ad aria;
- unità di trattamento aria;
- ventilatori e pompe;

Un *problema* generale è poi quello della *movimentazione dell'aria* (canali dell'aria di mandata e di ripresa; serrande di regolazione; diffusori): le principali cause di produzione di rumore sono di origine aerodinamica, dovute alle turbolenze del flusso d'aria e alla sua instabilità.

In certe situazioni può invece creare problemi il fenomeno cosiddetto del "*cross-talk*" (trasmissione incrociata): una certa quantità di energia sonora già presente in un primo ambiente può entrare nelle condotte dell'aria; se queste sono comunicanti con altri ambienti, si può verificare la possibilità che il rumore presente nel primo ambiente sia percepito anche negli altri.

Infine, spesso gli impianti RCV propagano *rumore trasmesso per via solida*: energia, sotto forma di vibrazioni, si propaga nelle strutture dell'edificio e riemerge, sotto forma di rumore, in locali anche distanti dal punto di ingresso. Come visto, dunque, il rumore prodotto dagli impianti RCV può essere immesso all'interno degli ambienti sia direttamente per via aerea, sia attraverso le strutture e poichè il livello di rumore dipende anche dalle caratteristiche strutturali dell'edificio, è **l'unità edificio-impianto nel suo complesso che va fatta corrispondere ai criteri fisico-tecnici atti a contenere il livello di rumore entro i limiti stabiliti.**

## **Requisiti e standard prestazionali**

L'**Atto di intesa** tra Stato e regioni relativo agli aspetti igienico-sanitari concernenti la costruzione, la manutenzione e la vigilanza delle piscine ad uso natatorio (pubblicato sul S.o. alla GU n.39 del 17/2/92 - serie generale) prevede che il livello di rumore massimo nell'ambiente generato dagli impianti non ecceda i 50 dBA.

Il **DM 18/12/75** relativo all'edilizia scolastica fissa (in modo vincolante per le nuove costruzioni) il non superamento dei 36 dBA o dei 40 dBA a seconda che l'impianto sia da considerare a funzionamento continuo o discontinuo.

Non risultano altri **disposti legislativi** che fissino requisiti acustici per gli impianti RCV.

Dal punto di vista **normativo**, il problema delle prestazioni acustiche degli impianti RCV è stato inizialmente approcciato dall'Ente Italiano di Unificazione inizialmente con la UNI 5104 del 1963 (Impianti di condizionamento dell'aria: norme per l'ordinazione, l'offerta ed il collaudo). Successivamente, con la UNI 8199 del 1981 (Misura in opera e valutazione del rumore pro-

dotto negli ambienti dagli impianti di riscaldamento, condizionamento e ventilazione), i concetti della norma 5104/63 sono stati perfezionati, dettagliati ed estesi agli ambienti con impianti di riscaldamento e ventilazione.

Attualmente, il riferimento è quindi alla **UNI 8199/81**.

Essa specifica innanzitutto le modalità di misura del rumore (condizioni di funzionamento dell'impianto, posizione di misura, grandezze fonometriche da rilevare, apparecchiature di misura), le modalità di espressione dei risultati (inammissibilità del rumore impulsivo o eccessivamente variabile, penalizzazioni per la presenza di componenti tonali, correzioni per le caratteristiche acustiche dell'ambiente), lo standard di accettabilità del livello sonoro e gli elementi del resoconto di prova.

Il criterio al quale si ispira la valutazione di accettabilità è il confronto fra il **livello del rumore di fondo** ( $L_f$ : livello di rumore che si verifica essere superato nel 95% del tempo di osservazione, quando l'impianto RCV non è in funzione) ed il **livello sonoro corretto** ( $L_c$ : ricavato dal valore misurato con l'impianto RCV in funzione con le eventuali correzioni in relazione al tipo di rumore di cui si è in presenza e/o delle caratteristiche dell'ambiente di misura).

In estrema sintesi, i criteri decisionali indicati sono i seguenti:

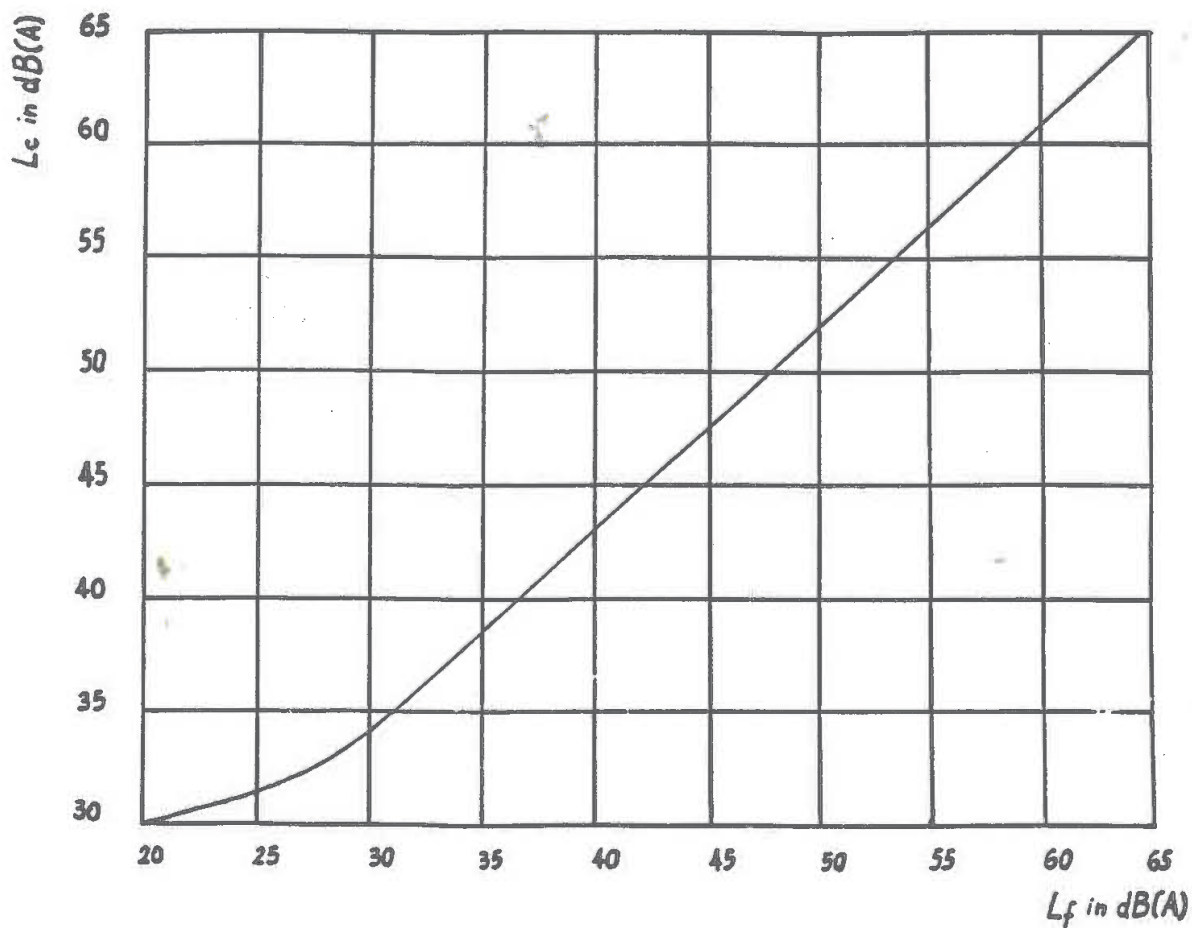
- se, a impianto RCV non funzionante,  $L_f < 27$  dBA (\*), il funzionamento dell'impianto deve mantenere  $L_c \leq 30$  dBA;

\*: Si ritiene che su questo valore, pur espressamente previsto dalla UNI 8199/81, sia intervenuto un errore materiale. Ragionevolmente avrebbe dovuto essere:  $L_f < 20$  dBA. Vedi anche **Figura 7**.

- se, a impianto RCV non funzionante,  $L_f > 60$  dBA, il funzionamento dell'impianto non ne deve provocare un sensibile innalzamento (in termini progettuali si può considerare, ad esempio, che il **livello** di rumore causato nell'ambiente dal solo funzionamento dell'impianto deve essere di circa **10 dBA inferiore ad  $L_f$** );
- per **condizioni intermedie** è proposta una **curva di confronto  $L_f/L_c$**  (vedi **Figura 7**) che accetta incrementi decrescenti del  $L_f$  all'aumentare del  $L_f$  medesimo.

**La UNI 8199/81 è attualmente in corso di revisione ed il nuovo testo dovrebbe essere disponibile nel 1993.**

Fig. 7: Standard di accettabilità del livello sonoro  $L_c$  in funzione del rumore di fondo  $L_f$  (UNI 8199/81)



## LA SICUREZZA

### Prevenzione incendi

Relativamente agli impianti RCV vanno prioritariamente considerati i problemi di prevenzione incendi della *centrale termica e frigorifera*. In questi ambienti possono determinarsi inneschi d'incendio per diverse cause, quali: fuoriuscita di combustibile, malfunzionamento del gruppo bruciatore/caldaia, anomalie sull'impianto elettrico, carenze di manutenzione ecc. Da questi locali *il fuoco può propagarsi* attraverso le canalizzazioni dell'aria che si comportano da vie privilegiate di trasmissione dell'incendio. Le canalizzazioni sono infatti un punto di discontinuità nel grado di resistenza al fuoco della parete e la trasmissione dell'incendio è favorita dal flusso dell'aria nei condotti. Le canalizzazioni non devono peggiorare il grado di resistenza al fuoco delle strutture edili attraversate (pareti, solai...); ciò è generalmente ottenuto utilizzando **serrande tagliafuoco** ad azionamento automatico.

Inoltre, per limitare il rischio di propagazione dell'incendio all'ambiente dalle **canalizzazioni**, quest'ultime devono essere **in materiale incombustibile** (UNI 5104/63, punto 2.1.9.2).

Le problematiche di prevenzione incendi inducono particolarmente a:

- controllare il **ciclo del combustibile e della fiamma**;
- installare impianti elettrici con particolari requisiti di **isolamento** per le parti in tensione e di **resistenza al fuoco** per i rivestimenti plastici;
- **compartimentare** le strutture edili dello stabile;
- **posizionare** correttamente la centrale termica garantendone i **requisiti edilizi** (in particolare: aerazione naturale);
- dotarsi di **dispositivi di estinzione** mobili e fissi (vedi Tabella 4);
- studiare, definire ed evidenziare le **vie di fuga** del personale.

Su questi e su altri aspetti esiste una corposa legislazione, per la maggior parte di competenza dei Vigili del Fuoco, di cui si indicano a seguito i principali riferimenti:

- DPR 547/55, Titolo II, Capo VI;
- Legge 615/66 "Provvedimenti contro l'inquinamento atmosferico";
- Legge 1083/71 "Norme per la sicurezza dell'impegno del gas combustibile";
- DM 16/2/1982 "Determinazione delle attività soggette alle visite di prevenzione incendi", (punto n° 91: le centrali termiche di potenzialità superiore a 100.000 kcal/h devono avere il Certificato di prevenzione incendi);
- DM 27/3/1985 "Modificazioni al DM 16/2/1982, ...";
- Circolare 68 del 25/11/1969 "Norme di sicurezza per impianti termici a gas di rete" (per Centrali termiche a metano);
- Circolare 73 del 29/9/1971 "Norme di sicurezza da applicarsi nella progettazione, installazione ed esercizio di impianti termici" (per Centrali termiche a gasolio);
- norme UNI 5104/63 e 8852/87;
- norma UNI-CIG 7129/92;
- norma CEI 81-1 "Protezione di strutture contro i fulmini".



**Tabella 4:** Compatibilità degli agenti estinguenti con i diversi tipi di incendio.

Natura dell'incendio	Agente estinguente				
	Acqua	Schiume	Polveri	CO <sub>2</sub>	Alogenati
- Classe A					
Solidi combustibili legno, carta, tessuti...	SI ++	SI +	SI ++	SI +	SI +
- Classe B					
Liquidi infiammabili diluenti, oli, vernici...	NO	SI ++	SI ++	SI +	SI ++
- Classe C					
Gas/Vapori infiammabili	NO	NO	SI +	SI +	SI ++
Apparecchiature elettriche	NO	NO	SI +	SI ++	SI ++

N.B.: i dati di tabella sono riferiti agli impianti di estinzione fissi per acqua e schiume; ai dispositivi mobili negli altri agenti.

Legenda: SI/NO = utilizzabile/non utilizzabile  
= adatto/particolarmente adatto

### Impianti operanti a pressione interna

Nella maggioranza dei casi, i componenti dell'impiantistica RCV operanti a pressione sono presenti nelle sole centrali termiche e frigorifere. Nel caso si utilizzi vapore d'acqua per riscaldamento, sono presenti anche negli altri locali.

I problemi di sicurezza riguardano innanzitutto il *rischio di scoppio delle parti in pressione*; eventualità sempre in agguato con elevata gravità potenziale dei danni sia alle persone che alle cose. Nel caso che l'impianto a pressione contenga fluidi nocivi (ad es.: ammoniacca negli impianti frigoriferi) oltre ai danni causati dal cedimento meccanico dell'impianto (scoppio) possono sommarsi danni da *esplosione* (per formazione di miscela esplosiva del fluido nocivo con l'aria ambiente) e danni alle persone dovuti all'*azione tossica del fluido nocivo*. Questi ulteriori danni sono possibili anche indipendentemente dallo scoppio, ad esempio per semplice fuoriuscita dovuta ad avarie o anormale funzionamento dell'impianto o del singolo componente.

In questi impianti gli allestimenti di sicurezza sono numerosi e di diversa natura, tutti comunque impostati sul controllo della **combustione**, della **temperatura** e **pressione** (termostati, pressostati, controlli di circolazione, ecc...) e sui dispositivi di **sicurezza ultima** nei casi che sia superata la massima pressione di esercizio (valvole di sicurezza con scarico del fluido relativo all'eccesso di pressione).

Si indicano i seguenti principali riferimenti legislativi:

- RD 824/27 (norma generale ancora riferimento legislativo in materia);
- DM 21/5/1974 "Norme integrative del regolamento approvato con RD 824/27 e disposizioni per l'esonero da alcune verifiche e prove stabilite per gli apparecchi a pressione";

- DM 1/12/1975 “Norme di sicurezza per apparecchi contenenti liquidi caldi sotto pressione”.

## Impianti elettrici

Gli impianti elettrici non devono comportare *rischio di folgorazione* e devono dare garanzie di funzionamento esente da innesco *di esplosione od incendio* (dispositivi automatici di interruzione per sovraccarichi e cortocircuito). Quest'ultima funzione è particolarmente importante per gli impianti RCV, in relazione agli impianti a pressione di cui al punto precedente.

Al fine di ridurre il *rischio di folgorazione* è necessario innanzitutto che le strutture metalliche delle macchine siano collegate ad **impianto di messa a terra** conforme alle specifiche normative CEI. Detto impianto deve essere sottoposto a verifica biennale da parte del Presidio Multizonale di Prevenzione della USL locale (PMP IV° Settore, Impiantistico-Antinfortunistico); verifica effettuata sulla base della denuncia con “Scheda Mod. B” che la Ditta deve inoltrare entro 30 giorni dalla messa in servizio dell'impianto elettrico. Inoltre, le linee elettriche di alimentazione delle centrali e delle diverse macchine devono essere protette da **interruttori differenziali** con soglia di intervento coordinata col grado di resistenza elettrica dell'impianto di messa a terra. Gli interruttori differenziali possono essere sostituiti da **interruttori non differenziali**, comunque con sezionamento automatico dell'alimentazione, nei casi in cui, in dipendenza dalla consistenza impiantistica della trasformazione di tensione e della messa a terra, garantiscano comunque le caratteristiche di intervento richieste (cabina di trasformazione interna, messa a terra del tipo TN, come definito dalle norme CEI).

La **componentistica** degli impianti elettrici deve garantire le caratteristiche richieste sul grado di isolamento delle parti in tensione e loro durata nel tempo; la presenza del **marchio CEI, IMQ** o dei marchi stranieri riconosciuti (vedi **Figura 8**), costituisce presunzione di conformità.

Ai fini di evitare *esplosioni ed incendi* determinati dagli impianti elettrici (\*) connessi alla impiantistica RCV, la normativa vigente incentra l'attenzione soprattutto sul locale della centrale termica. Vengono poi presi in considerazione i locali interessati dalla presenza delle canalizzazioni e le aree esterne, in prossimità delle emissioni in atmosfera, degli impianti di aspirazione localizzata che trattino vapori o polveri esplosive.

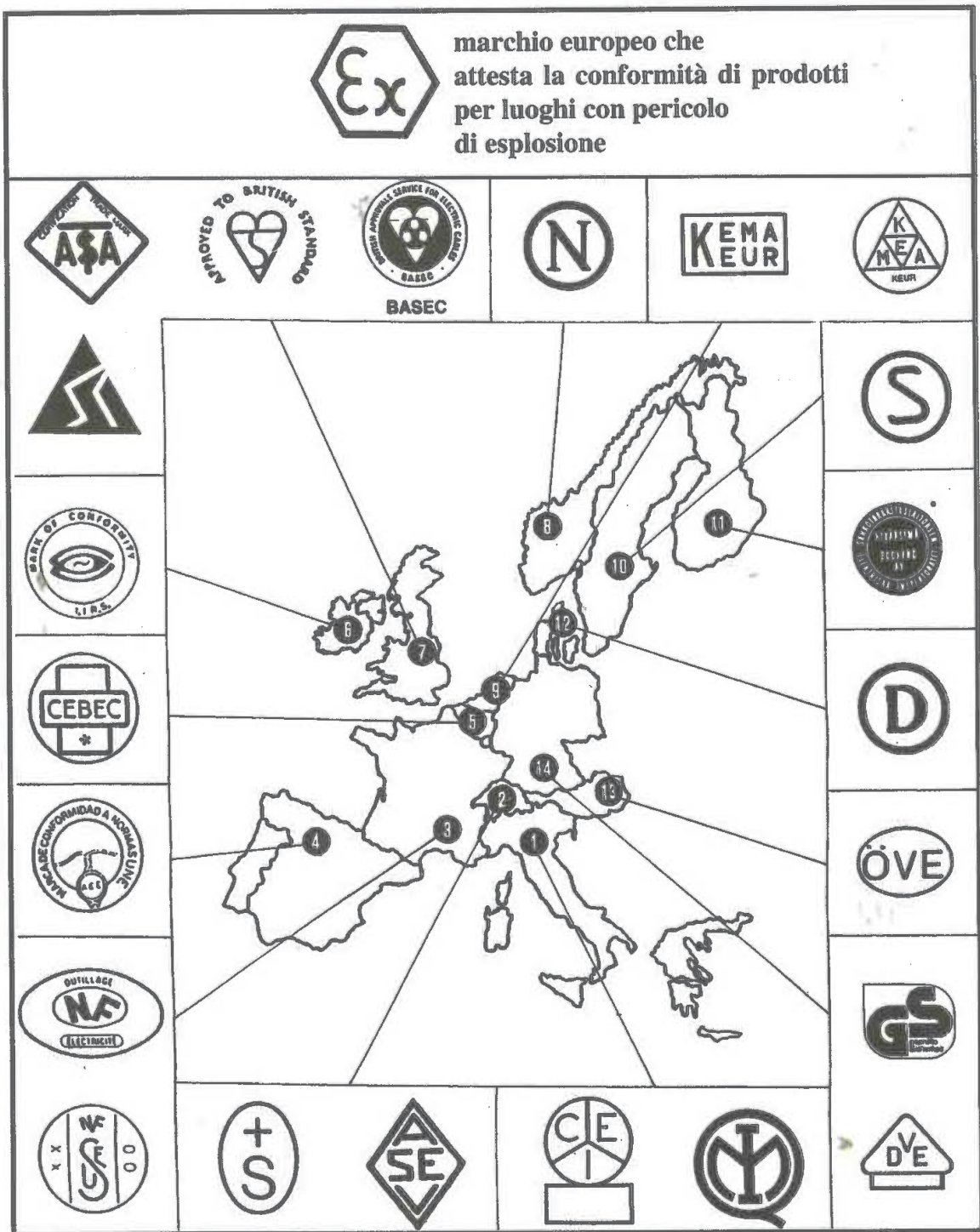
\*: L'utilizzo di sostanze potenzialmente in grado di produrre miscele esplosive, se in quantitativi superiori a limiti specificati dalla CEI 64-2, comporta per gli impianti elettrici la denuncia Mod. C al PMP locale.

Per la centrale termica l'esecuzione dell'impianto elettrico deve essere conforme alle norme **CEI 64-8**, secondo la recente **variante V2** per “locali a maggior rischio in caso di incendio”. Questi vincoli sono relativi sia alle circuitazioni elettriche di potenza che alle circuitazioni di comando di tensioni inferiori.

Si indicano i seguenti principali riferimenti legislativi:

- DPR 547/55, Titolo VII;
- L. 186/68 “Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni ed impianti elettrici ed elettronici”;
- norma CEI 64-8 “Impianti elettrici utilizzatori”, variante V2;

Fig. 8: Panoramica dei contrassegni nazionali in ambito CENELEC



- norma CEI 64-2 "Impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione";
- L. 46/90 "Norme per la sicurezza degli impianti".

### Scariche elettrostatiche

Il trasporto di fluidi in canalizzazioni può dare luogo a formazione di cariche elettrostatiche con circostanze di rischio soprattutto nel *caso di presenza di vapori o polveri esplosive* delle quali la *scarica elettrostatica può determinare l'innesco*.

Un altro rischio è relativo alla *pericolosità delle scariche elettrostatiche per la persona*: il contatto con la struttura metallica può sottoporre la persona a corrente elettrica di intensità anche forte. Il rischio è tanto più elevato quanto più estesa e ramificata è la canalizzazione che funge da accumulo di carica. Per impedire il fenomeno dell'accumulo di carica sulla struttura metallica le **canalizzazioni metalliche** devono essere **collegate** all'impianto di messa a terra. In corrispondenza di eventuali guarnizioni o giunzioni isolanti, deve essere assicurata la **continuità elettrica** con uso di "ponticelli" in cavo metallico di sezione adeguata alle prescrizioni delle norme relative.

Ai fini della prevenzione dei rischi di esplosione/incendio da scariche elettrostatiche, la norma CEI 64-4 prevede che nei locali in cui vengono somministrati gas anestetici, si attui un **controllo dell'UR** che non deve scendere al di sotto del  $50 \pm 5\%$ .

Si indicano i seguenti principali riferimenti legislativi:

- DPR 547/55, Titolo VII;
- norma CEI 64-4, "Impianti elettrici in locali adibiti ad uso medico";
- norma CEI 64-8, "Impianti elettrici utilizzatori".

## INDICAZIONI PER LA MANUTENZIONE

La manutenzione è classicamente definita come un insieme di opere destinate a **mantenere** nel tempo le **caratteristiche originali** degli impianti.

Negli ultimi tempi il concetto si è arricchito e si va sempre più affermando il principio secondo cui la manutenzione va considerata come un'investimento necessario a **garantire** anche i prefissati **standard di sicurezza** per evitare che il naturale degrado dell'impiantistica comporti condizioni di pericolo.

Un notevole impulso all'evoluzione del concetto di manutenzione è stato indubbiamente fornito dalla legge 46/90.

Si consideri ad esempio l'impatto della legge sul piano delle competenze a operare: viene definito (art. 2) che sono abilitate alla manutenzione le sole imprese iscritte nel registro previsto dal RD 2011/34 e che l'esercizio delle attività è subordinato al possesso dei **requisiti tecnico-professionali**.

Non possono dunque più operare imprese che non abbiano ottenuto il riconoscimento dei requisiti tecnico-professionali (\*).

\*: Al momento, la formazione di questi elenchi, almeno per la provincia di Modena, è in corso di completamento.

In questo capitolo si farà riferimento alla manutenzione così come definito dalla l. 46/90 e relativi regolamenti di attuazione (art. 8, DPR 447/91), cioè:

“Per interventi di ordinaria manutenzione degli impianti si intendono tutti quelli finalizzati a contenere il degrado normale d'uso nonché a far fronte ad eventi accidentali che comportino la necessità di primi interventi che comunque non modifichino la struttura essenziale dell'impianto e la loro destinazione d'uso.

### Manutenzione preventiva o a rottura?

Analizzando il problema da un punto di vista strettamente tecnico, va osservato come anche per gli impianti RCV si ponga il problema della scelta della **tipologia di manutenzione**, se preventiva o a rottura.

Se per gli impianti dell'industria di processo il quesito è da tempo risolto a favore della manutenzione preventiva, è lecito porsi il dubbio sull'opportunità di applicare questa opzione negli impianti RCV.

Si rileva infatti che, normalmente, queste tipologie di impianto presentano una casistica molto ampia di interventi di riparazione ricorrenti per usure, intasamenti, incrostazioni, accumuli di sporco, ecc. ed una seconda casistica, estremamente contenuta, di interventi di altra natura sulla cui prevedibilità giocano fattori spesso non individuabili prima dell'evento.

Per la grande maggioranza degli impianti RCV la soluzione condivisibile è quindi quella di mantenere un normale **controllo periodico** sul piano della pura manutenzione ordinaria (vedi **Tabella 5**). In altre parole conviene normalmente investire sull'**affidabilità dei componenti** più soggetti ad avarie (\*), senza disperdere risorse per tutelarsi da ogni evenienza negativa ipotizzabile.

\*: Provvedere alla sostituzione dei componenti deteriorati con altri ad incrementato valore di affidabilità è sempre un buon **investimento manutentivo**. L'investimento risulta a **convenienza massima** quando l'incremento di affidabilità viene concentrato sui singoli componenti generatori di avarie.

**Tabella 5: Principali interventi di manutenzione ordinaria sugli impianti RCV**

<b>IMPIANTI DI RISCALDAMENTO</b>	
<b>Pulizie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- della camera di combustione;</li> <li>- dell'efficienza della combustione (accessori del bruciatore, ugello...);</li> <li>- delle canne fumarie e dei loro cassettei di raccolta ceneri.</li> </ul>
<b>Controlli</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- dell'efficienza degli accessori di sicurezza (valvola e tubo di sicurezza), di quelli di protezione (pressostati, termostati...), di quelli di regolazione (termostati, miscelatrici...);</li> <li>- della pressione di precarica dei vasi di espansione chiusi;</li> <li>- dell'efficienza di intervento delle serrande tagliafuoco negli impianti ad aria calda;</li> <li>- delle caratteristiche di combustione (determinazione CO<sub>2</sub> e CO) con regolazione dell'eccesso d'aria;</li> <li>- del rendimento di combustione e taratura bruciatore.</li> </ul>
<b>IMPIANTI DI CONDIZIONAMENTO E VENTILAZIONE</b>	
<b>Pulizie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sostituzione dei filtri;</li> <li>- degli scambiatori delle batterie refrigeranti;</li> <li>- dei ventilatori;</li> <li>- dei raccoglitori delle condense;</li> <li>- dei componenti che prevedano acqua stagnante al loro interno (torri di raffreddamento, umidificatori...).</li> </ul>
<b>Controlli</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- delle parti in movimento;</li> <li>- delle parti soggette a vibrazioni;</li> <li>- dei dispositivi di regolazione nell'ambiente;</li> <li>- sulla setticità delle canalizzazioni soprattutto nei casi di portate d'aria ad elevato tasso di UR.</li> </ul>

Per i casi in cui all'atto del guasto possano entrare in gioco fattori di sicurezza, siano cioè prevedibili *condizioni di pericolo* per gli occupanti, gli impianti o l'edificio, è invece decisamente opportuno orientarsi alla **manutenzione preventiva**.

### **Decalogo della manutenzione**

Le **indicazioni del costruttore** sulle necessità manutentive devono essere sempre rigorosamente rispettate.

I componenti degli impianti sono sempre accompagnati da indicazioni sulla loro installazione, sul loro uso e la loro manutenzione; indicazioni redatte dal costruttore nello specifico "**Libretto di uso e manutenzione**": esse non vanno disattese.

Le indicazioni di manutenzione del costruttore devono essere seguite sia per quanto attiene al tipo di intervento che alla tempistica ed alle modalità esecutive: il loro mancato rispetto inibisce il più delle volte i reclami per vizi occulti dei componenti.

Di fondamentale importanza è la **preparazione professionale** dell'addetto agli interventi di manutenzione. La conoscenza delle particolari caratteristiche dell'impianto completa il quadro di conoscenze necessario al buon risultato dell'intervento.

Il manutentore deve avere in dotazione le **necessarie attrezzature**; in non pochi casi esse sono specifiche per quel determinato impianto e fornite direttamente dal costruttore. Senza queste specifiche attrezzature l'intervento comporta tempi più lunghi, incertezza del risultato e, molto spesso, condizioni di rischio per l'addetto.

Un corretto comportamento manutentivo deve sempre rispettare anche le **indicazioni fornite dall'installatore** dell'impianto.

È pertanto importante che il responsabile delle manutenzioni di un impianto si doti dei manuali operativi, delle specifiche delle apparecchiature e dei componenti, degli schemi degli impianti e dell'eventuale progetto esecutivo, delle documentazioni di legge qualora esistenti, nonché provveda alla compilazione di un registro degli interventi manutentivi, sia preventivi che a rottura. Ad esempio, per le centrali termiche con potenzialità superiore alle 50000 Kcal/h (58,1 kW) è obbligatoria la tenuta e l'aggiornamento del "Libretto di Centrale" nel rispetto delle tempistiche di manutenzione indicate.

**STANDARD TERMOIGROMETRICI E DI RINNOVO DELL'ARIA**



## LEGISLAZIONE PER IL CONTENIMENTO ENERGETICO

Prima di entrare nel merito dell'identificazione degli standard termoigrometrici e di rinnovo dell'aria è opportuno richiamare, almeno per sommi capi, la legislazione sul contenimento dei consumi energetici.

Innanzitutto occorre citare la **legge 373/76** ed il relativo regolamento di esecuzione (**DPR 1052/77**) che recano indici numerici per quanto concerne la temperatura massima ottenibile per riscaldamento in tutti gli edifici pubblici e privati con esclusione di quelli adibiti ad attività industriale o artigianale (solo gli ambienti produttivi).

Il limite di temperatura d'esercizio massimo ammesso è generalmente fissato in 21°C, con esclusione per gli ospedali, case di cura ed edifici adibiti ad attività sportive, ove è ammesso derogare previo parere favorevole dell'Autorità comunale.

Circa i periodi di riscaldamento, il **DL 574/79**, per l'esercizio degli impianti di cui al **DPR 1052/77**, fissa le zone climatiche, e quindi la stagionalità del funzionamento, con le rispettive durate giornaliere di attivazione degli impianti.

Sugli ambienti industriali ed artigianali (sui soli ambienti produttivi) interviene poi il **DM 23/11/82**. La temperatura d'esercizio massima ammessa è di 20°C e viene definito che il computo dei ricambi orari (**n**) debba attenersi alla formula:

$$n = \frac{40 P}{V} \quad \text{dove:}$$

P è il numero max di persone contemporaneamente presenti e  
V è la volumetria del locale in m<sup>3</sup>.

Il **DM 23/11/82** fissa anche coppie di portate di aria di ricambio e di numero di ore annue di funzionamento.

È da rilevare come questi provvedimenti siano storicamente e culturalmente superati.

Anche dal punto di vista legislativo si è in attesa di uno specifico regolamento di attuazione della **legge 10/91** impostato sulla base di nuovi criteri. Pertanto, nel prosieguo di questo lavoro non saranno ulteriormente ripresi.

## SPECIFICHE DI SETTORE/COMPARTO/TIPOLOGIA EDILIZIA

### Locali di pubblico spettacolo

Le prestazioni richieste agli impianti RCV nei locali di pubblico spettacolo sono caratterizzate da una specifica evoluzione legislativa e normativa che ha avuto origine negli anni '50.

La CM (Ministero dell'Interno) n. 16 del 15/2/1951 ha fissato per la prima volta requisiti da utilizzare nella progettazione e costruzione degli impianti RCV. Tali requisiti sono stati in seguito sviluppati, integrati e, nella maggior parte dei casi, sostituiti da più recenti provvedimenti legislativi.

Ai fini dell'esenzione dal divieto di fumare il DM 18/5/76 fissa "Disposizioni in ordine agli impianti di condizionamento o ventilazione (leggi: condizionamento invernale) di cui alla legge 11 novembre 1975, n. 584, concernente il divieto di fumare in determinati locali e su mezzi di trasporto pubblico". Nei locali chiusi adibiti a pubblica riunione, nelle sale chiuse di spettacolo cinematografico o teatrale, nelle sale da ballo, nelle sale corse, nelle sale di riunione delle accademie, nei musei, biblioteche, sale di lettura aperte al pubblico, pinacoteche e nelle gallerie d'arte pubbliche o aperte al pubblico, gli impianti di condizionamento dell'aria devono garantire una  $Q_s \geq 20 \text{ m}^3/\text{h}$  per persona.

La velocità dell'aria nelle zone occupate dal pubblico, dal pavimento fino all'altezza di metri 2,00 non deve superare 0,15m/s. Tuttavia nelle vicinanze delle bocchette di estrazione ed eventualmente di quelle di mandata, nel caso queste si trovino nella zona occupata dalle persone, possono essere tollerate velocità maggiori a 0,70 m/s purché l'ubicazione e la forma delle bocchette siano tali da non arrecare disturbo alle persone.

La temperatura e l'umidità relativa dell'aria vanno mantenute entro i seguenti limiti:

- nei periodi nei quali non è necessaria la refrigerazione dell'aria la temperatura interna deve essere mantenuta tra i 18 e i 20°C; l'umidità relativa va mantenuta tra il 40 e il 60%;
- nei periodi nei quali è necessaria la refrigerazione dell'aria la differenza di temperatura dell'aria tra l'esterno e l'interno non deve superare il valore di 7°C, mentre l'umidità relativa deve essere compresa tra il 40 ed il 50%.

Per quanto riguarda gli impianti di solo condizionamento invernale occorre assicurare l'immissione di aria esterna con lo stesso limite di velocità fissato per gli impianti di condizionamento ed una  $Q_s \geq 32 \text{ m}^3/\text{h}$  per persona; inoltre, all'interno dei locali, la temperatura dell'aria non deve essere inferiore a 20°C e l'umidità relativa non deve essere inferiore al 30%.

Non è permesso riscaldare l'aria immessa senza la necessaria umidificazione, né è permesso raffreddarla senza la necessaria deumidificazione, così come sono assolutamente vietati i sistemi a refrigerazione diretta, cioè quella nei quali l'aria di condizionamento è inviata a investire direttamente i tubi del refrigerante, a meno che non si impieghino come fluidi refrigeranti acqua e aria. Per i locali nei quali sia vietato fumare, la CM 16 del 15/2/51 fornisce indicazioni quantitative sul ricambio d'aria ( $Q_s \geq 15$ ), per altro solo indicative (non vincolanti).

Anche per la costruzione dei locali da adibirsi a pubblico spettacolo debbono essere osservate le norme prescritte dai locali Regolamenti Edilizi e Regolamenti Comunali d'Igiene.

Solitamente (\*) i vincoli imposti si limitano a:

- fissare una temperatura minima da garantire nella stagione invernale, indipendentemente dal fatto che nell'ambiente sia consentito o meno di fumare;

- determinare i ricambi da garantire in assenza di aerazione naturale (per spogliatoi e servizi);
- prevedere locali con volumi disponibili (cubature) superiori a 4 m<sup>3</sup> per persona;
- indicare i requisiti della temperatura nelle piscine coperte:  
la temperatura dell'aria deve essere superiore di 4-5°C rispetto alla temperatura dell'acqua della vasca (a sua volta determinata in 20-22°C), comunque mai superiore a 30°C e mai inferiore a 24°C.

\*: La lettura preliminare dei Regolamenti Comunali d'Igiene e dei Regolamenti Edilizi è sempre doverosa e non priva di specificità.  
Ad esempio, per i locali di pubblico spettacolo il Regolamento Edilizio del comune di Carpi ed alcuni Regolamenti Comunali d'Igiene prevedono sempre una  $Q_s \geq 30$  m<sup>3</sup>/h persona (indipendentemente dal fatto che si tratti di ambienti per fumatori o meno), l'UR estiva è previsto che oscilli tra il 40 e il 60%.

Sin qui i requisiti legislativi.

Sul versante normativo il riferimento è alla UNI 5104/63 con FA-1/91, "Impianti di condizionamento dell'aria. Norme per l'ordinazione, l'offerta ed il collaudo" (\*).

\*: Il CTI ha recentemente predisposto un progetto di revisione di questa norma (vedi Bibliografia).  
Il testo, attualmente noto con la sigla CTI - 8/32 bis E02.08.0321, sarà prossimamente sottoposto dall'UNI ad inchiesta pubblica prima della sua ufficializzazione.

Questa norma è applicabile a tutti i locali di pubblico spettacolo contemplati dalla CM 16 del 15/2/51 e dal DM 18/5/76.

Essa specifica che nei locali di pubblico spettacolo e riunione, quando è installato un impianto di condizionamento, questo deve essere bilanciato in modo da immettere in ambiente le portate di aria esterna riportate in **Tabella 6**. Inoltre, negli atri e, più in generale, negli ambienti chiusi annessi ai locali di pubblico spettacolo ed accessibili al pubblico, ove sia consentito fumare, la norma prevede l'esigenza di un impianto che espella all'esterno l'aria viziata con una portata di almeno 50 m<sup>3</sup>/h per ogni m<sup>2</sup> di superficie calpestabile ( $Q_a \geq 50$  m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup>).

Gli standard previsti per i locali (sempre di pubblico spettacolo) in cui vengono svolte attività sportive o assimilabili, sono equiparati a quelli per gli ambienti nei quali è consentito fumare.

**Tabella 6:** Portate specifiche in funzione della volumetria disponibile (UNI 5104/63, FA 1/91).

Volume disponibile (V/n in m <sup>3</sup> /pers.)	Locali con divieto di fumare (Q <sub>s</sub> in m <sup>3</sup> /h pers.)	Altri locali (*) (Q <sub>s</sub> in m <sup>3</sup> /h pers.)
minore di 15	25	50
15 - 45	30 - V/3n	2 (30 - V/3n)
maggiore di 45	15	30

Note: V è il volume lordo del locale in m<sup>3</sup>;

n è il numero di persone (supposto) presente nel locale;

Q<sub>s</sub> è la portata specifica di aria esterna in m<sup>3</sup>/h persona.

\* locali nei quali è consentito fumare o nei quali vengono svolte attività sportive o assimilabili.

Occorre innanzitutto rilevare che la norma UNI 5104/63 con FA 1/91 supera la contraddizione (almeno in termini igienistici) di una legislazione che prevedeva valori di rinnovo diversi a seconda del tipo di impianto installato (condizionamento solo invernale o anche estivo).

In generale, si è reputato che sul versante dei rinnovi il foglio di aggiornamento della norma UNI, più recente ed articolato, risponda ai dettami legislativi e li interpreti in maniera aggiornata. Alla stessa stregua, si ritiene importante che l'impianto garantisca comunque almeno 1 ricambio/h ( $n > 1$ ).

L'ambito di validità della norma UNI avrebbe potuto essere esteso anche ai parametri termoigrometrici invernali ed estivi che, d'altra parte, non differiscono in modo sostanziale dai requisiti legislativi. Tuttavia, la presenza di tali specifici requisiti (per altro più recenti) ci ha indotto a privilegiare la temperatura invernale minima e gli intervalli di UR (sia invernali che estivi) previsti dal DM 18/5/76.

Infine, per quanto attiene alla velocità dell'aria nei luoghi con presenza di persone, il requisito legislativo di  $v_a \leq 0,15$  m/s va visto in modo estensivo per tutte le casistiche considerate.

Nell'ambito delle tipologie edilizie del "Pubblico spettacolo", discorso a parte meritano gli impianti sportivi in genere e le piscine coperte.

Per i locali adibiti ad attività sportive e assimilabili non esistono requisiti da fonti legislative.

I valori di ricambio, come visto, sono richiamati dalla UNI 5104/63 con FA 1/91 (vedi **Tabella 6**). Non si è invece provveduto all'identificazione degli standard termoigrometrici reputando che l'approfondimento della tematica esulasse dagli scopi del presente opuscolo (possono essere presenti zone -area spettatori e area sportiva vera e propria- con esigenze divergenti, talvolta contrapposte).

Relativamente agli spogliatoi di impianti sportivi il DM 25/8/89 fissa, in assenza di aerazione naturale, l'esigenza di garantire una  $Q_s \geq 25$  m<sup>3</sup>/h persona. Non si è reputato opportuno formalizzare un'esigenza di controllo della UR anche in relazione alla brevità dei tempi di permanenza. Va invece certamente previsto un controllo sulla temperatura minima.

Per le piscine coperte, oltre a requisiti numerici previsti (normalmente) dai Regolamenti Comunali d'Igiene, sono disponibili i requisiti recentemente pubblicati (Supplemento ordinario alla G.U. n.39 del 17/2/92, serie generale), a cura del Ministero della Sanità, nell'Atto di intesa tra Stato e regioni relativo agli aspetti igienico-sanitari concernenti la costruzione, la manutenzione e la vigilanza delle piscine ad uso natatorio (d'ora in poi abbreviato con la sigla "AdI 17/2/92").

Generalmente i Regolamenti Comunali d'igiene fissano i requisiti della temperatura dell'acqua in vasca ( $20 \div 24^\circ\text{C}$ ) per le sole piscine coperte e, rispetto a questa, stabiliscono che la temperatura dell'aria (senza precisare se nelle sole zone aperte ai frequentatori o anche nella sezione balneazione) debba essere di  $4 \div 5^\circ\text{C}$  superiore. In questo modo risulta definito l'intervallo di temperature  $24 \div 30^\circ\text{C}$ .

Più analiticamente, l'AdI 17/2/92 identifica tre aree e, rispetto a queste, elenca i requisiti di **Tabella 7**.

**Tabella 7:** Requisiti termigrometrici e di rinnovo d'aria previsti per le piscine dall'AdI 17/2/92.

Tipo di area	t aria (° C)	UR (%)	rinnovi	va (m/s)
A1	22 ÷ 24(≡)	≤ 70	Qa ≥ 20 (•)	≤ 0,15 (+ s)
A2	≥ 24	≤ 70	n ≥ 4	-
B2	≥ 20	≤ 70	n ≥ 4	-

Note: A1 = piscine coperte, sezione attività natatorie e di balneazione (vasca e dintorni) comprese le zone utilizzate dai frequentatori (es.: gradinate);  
 A2 = piscine coperte, altre zone destinate ai frequentatori (spogliatoi, servizi igienici, pronto soccorso);  
 B2 = piscine scoperte, zone come A2;  
 ≡ = la temperatura dell'aria deve essere uguale alla temperatura dell'acqua in vasca;  
 • = la Qa è riferita ad ogni m<sup>2</sup> della vasca;  
 + s = va ≤ 0,15 si riferisce alle zone utilizzate dai frequentatori; per la vasca e gli immediati dintorni in Letteratura (vedi Bibliografia essenziale) sono consigliati valori di va ≤ 0,1 m/s;

I requisiti legislativi e gli standard prestazionali identificati per le piscine ipotizzano che le temperature indicate dai Regolamenti Comunali d'Igiene si riferiscano alle aree tipo A2.

In **Tabella 8** è riportato il quadro di sintesi degli standard individuati per le tipologie dei locali più sopra analizzati.

Nella lettura di questa tabella, come per tutte le altre tabelle di sintesi che seguiranno, si consideri che per esigenze di spazio si sono utilizzate le seguenti convenzioni grafiche:

- le note che si riferiscono al solo parametro sono addossate a questo; quando sono previste più note, esse risultano separate dal simbolo “/”;
- quando per uno stesso parametro una sola fonte (legislativa, normativa, bibliografica...) prevede un intervallo di valori (es.: UR tra 40 e 60%) o valori diversi per condizioni diverse (es.: n ≥ 6 per aerazione continua di WC; n ≥ 12 per aerazione intermittente abbinata all'utilizzo), si è utilizzato il simbolo “÷”;
- quando su di uno stesso parametro insistono più fonti che definiscono valori diversi per scopi diversi (es.: per i reparti diagnostica n ≥ 6 per la CM 13011/74, eventualmente n ≥ 20 per la CEI 64-4), si è utilizzato il simbolo “-”;
- quando per uno stesso parametro sono individuati più criteri (es.: Qs e n), i criteri risultano collegati dal simbolo “+”; in questi casi dovrà essere privilegiato il criterio più restrittivo;
- i parametri evidenziati in grassetto derivano direttamente da fonti legislative nazionali o locali.

**Tabella 8:** Standard prestazionali identificati per alcune tipologie di locali di pubblico spettacolo.

SETTORE Tipologia dei locali	inverno				vel. aria	estate		
	t	UR	ricambi			t	UR	ricambi
PUBBLICO SPETTACOLO (CM 16 15/2/51, DM 18/5/76, DM 25/8/89, Reg. Com. d'Igiene, UNI 5104/63 e FA 1/91, AdI 17/2/92)								
- Sale da ballo - Cinematografi - Teatri	(f)	≥ 20	40 ÷ 60	$Q_s \geq 30 \div 50 + n > 1$	≤ 0,15	δ t	40 ÷ 50	$Q_s \geq 30 \div 50 + n > 1$
- Sale riunioni - Biblioteche - Sale di lettura - Musei - Pinacoteche - Gallerie d'arte - Sale corsa	(-f)	≥ 20	40 ÷ 60	$Q_s \geq 15 \div 25 + n > 1$	≤ 0,15	δ t	40 ÷ 50	$Q_s \geq 15 \div 25 + n > 1$
- Atri & a. per fumatori		≥ 20	40 ÷ 60	$Q_a \geq 50$	≤ 0,15	δ t	40 ÷ 50	$Q_a \geq 50$
- L.attività sport. & a.		*	*	$Q_s \geq 30 \div 50 + n > 1$	≤ 0,15	*	*	$Q_s \geq 30 \div 50 + n > 1$
- Spogliatoi imp. sport.		≥ 20	*	$Q_s \geq 25(-a)$	≤ 0,15	*	*	$Q_s \geq 25(-a)$
- Piscine coperte, aree A1		20 ÷ 25	≤ 70	$Q_a \geq 20$	≤ 0,10-0,15	20 ÷ 25	≤ 70	$Q_a \geq 20$
aree A2		24 ÷ 30	≤ 70	$n \geq 4$	≤ 0,15	24 ÷ 30(l)	≤ 70	$n \geq 4$
- Piscine scoperte, aree B2		≥ 20	≤ 70	$n \geq 4$	≤ 0,15	≥ 20	≤ 70	$n \geq 4$

Note:

- a = in assenza di aerazione naturale;
- f/-f = locali per fumatori (f)/locali ove è vietato fumare (-f);
- l = valori tipicamente previsti dai Regolamenti Comunali d'Igiene: controllare!
- δt = è ammesso un raffreddamento massimo di 7° C dalla temperatura esterna (vedi DM 18/5/76 o UNI 5104/63);
- \* = valori non previsti.

### Locali per attività commerciali

Per attività commerciali si intendono generalmente i luoghi accessibili al pubblico per l'acquisto di prodotti o servizi.

Le dimensioni di questi locali sono estremamente variabili.

Le sorgenti di inquinamento sono riconducibili sia alla presenza di persone (clienti e dipendenti) che di materiali e sostanze che determinano emanazioni (odori, vapori).

#### a) Supermercati

I problemi nella progettazione degli impianti RCV sono più comunemente presenti nella categoria delle attività commerciali conosciuta come "supermercati". Le notevoli dimensioni che generalmente hanno questi locali creano non poche difficoltà nel rispettare i corretti rapporti aeranti (finestrature apribili) e nel garantire un ricambio dell'aria uniforme.

In questi esercizi esiste poi il problema della variabilità dell'affollamento nell'arco della giornata con oscillazioni che non hanno riscontro negli altri ambienti: le grandi volumetrie determinano infatti per l'impianto un notevole

effetto di "volano", con tempi di risposta lunghi rispetto alle variazioni dell'affollamento.

Inoltre, nei locali adibiti al ricevimento delle merci, molto spesso attigui o ricavati dal locale di vendita, il continuo ingresso di autocarri per lo scarico può comportare inquinamenti da gas di scarico.

In questi locali, in primo luogo, l'impiantistica deve porsi l'obiettivo di garantire nel miglior modo possibile l'uniformità delle variabili termoigrometriche e di rinnovo dell'aria nel locale. In sede di progetto andrà approfondito lo studio dei movimenti d'aria per evitare aree di ristagno; ciò consiglia un elevato numero di punti di immissione ed estrazione.

Riguardo la variabilità dell'affluenza l'impegno maggiore va rivolto alla stima del dato di affollamento reale sulla base del quale determinare il ricambio complessivo (\*) col criterio della portata/ora per persona.

\*: Nei periodi di affollamento, per ridurre il disagio e aumentare il grado complessivo di ricambi, può essere utile avvalersi di una immediata e flessibile portata di semplice aerazione in estrazione.

Una soluzione di questo tipo non può essere posta in atto nei locali in cui l'aria in ingresso debba essere filtrata e deve garantire che i nuovi movimenti d'aria non contrastino con i preesistenti.

Infine, laddove sono presenti inquinamenti specifici (ad es.: l'ingresso degli autocarri nelle aree destinate allo scarico merci) occorre garantire l'aspirazione localizzata nei punti di emissione. Queste portate di estrazione possono essere inserite nel computo complessivo del ricambio d'aria.

Qualunque siano le soluzioni impiantistiche adottate non vanno comunque ritenute sostitutive della necessaria dotazione di finestrate apribili, come previsto dal DPR 303/56.

Per l'individuazione degli standard prestazionali degli impianti RCV nei supermercati non esistono riferimenti legislativi ad eccezione dei riferimenti sulla temperatura minima invernale da garantirsi (solitamente  $\geq 18^{\circ}\text{C}$ , si veda il locale Regolamento Comunale d'Igiene).

La principale norma di riferimento è la UNI 5104/63 con FA 1/91 che, nel caso di locali con divieto di fumare, richiede almeno  $15 \text{ m}^3/\text{h}$  per persona. Nei locali ove è ammesso fumare il valore di portata specifica deve invece essere elevato a  $20-25 \text{ m}^3/\text{h}$  per persona. Queste  $Q_s$ , non vincolate alla volumetria disponibile per persona, sono subordinate al rispetto di una ventilazione minima del locale di 1 ricambio orario.

La UNI 5104/63 correla poi l'umidità relativa alla temperatura, definendo il campo di accettabilità riportato in **Tabella 9**; sono ovviamente fatte salve le esigenze di quei locali o aree ove si svolgono lavorazioni che richiedono requisiti termoigrometrici di prodotto (es.: lavorazioni carni).

**Tabella 9:** Limiti di accettabilità di UR e temperatura secondo la norma UNI 5104/63.

Parametro	Inverno		Estate		
Temperatura esterna °C	-	25	30	32	34
Temperatura interna °C	18-20	23	25	26	27
Umidità rel. min. UR%	35	--	--	--	--
Umidità rel. max. UR%	(*)	65	60	55	50

Nota \*: pur non essendo definita dalla UNI 5104/63 una UR massima invernale, è comunque opportuno che il parametro sia controllato per ridurre il rischio della proliferazione di microrganismi patogeni, particolarmente sui filtri.  
In Letteratura sono consigliati valori massimi del 60%.

### b) Negozi e lavanderie

I requisiti legislativi e gli standard identificati sono in tutto simili a quelli dei supermercati ad eccezione dell'aerazione forzata d'emergenza, solitamente prevista (dai Regolamenti Comunali d'Igiene) per le lavanderie al fine di consentire una sollecita evacuazione di possibili inquinamenti accidentali (es.: da solventi utilizzati per il lavaggio a secco).

Ancora a proposito delle lavanderie, ma con un'osservazione valida per tutte le tipologie edilizie analizzate, si consideri che i valori di rinnovo indicati si riferiscono solamente alle esigenze di qualità dell'aria per gli occupanti e non già all'eventuale necessità di rimuovere inquinamenti specifici (ad esempio da percloroetilene).

Gli standard identificati per le attività commerciali sono riassunti in **Tabella 10**.

**Tabella 10:** Standard identificati per le attività commerciali.

SETTORE Tipologia dei locali	inverno				estate		
	t	UR	ricambi	vel. aria	t	UR	ricambi
ATTIVITA' COMMERCIALI (Rif. tecnici: Reg. Com. d'Igiene, UNI 5104/63 con FA 1/91)							
Supermercati	≥ 18(l)	35 ÷ 60	$Q_s \geq 15 + 25 + n > 1$	≤ 0,15	δt	40 ÷ 50	$Q_s \geq 15 + 25 + n > 1$
Negozi	≥ 18(l)	35 ÷ 60	$Q_s \geq 15 + 25 + n > 1$	≤ 0,15	δt	40 ÷ 50	$Q_s \geq 15 + 25 + n > 1$
Lavanderie	≥ 18(l)	35 ÷ 60	$Q_s \geq 15 + 25 + n > 1 +$ $+ n \geq 30(e/l)$	≤ 0,15	δt	40 ÷ 50	$Q_s \geq 15 + 25 + n > 1 +$ $+ n \geq 30(e/l)$

Note: e = aerazione forzata di emergenza;

l = valori tipicamente previsti dai Regolamenti Comunali d'Igiene: controllare!

δt = è ammesso un raffreddamento massimo di 7° C dalla temperatura esterna (vedi DM 18/5/76 o UNI 5104/63);

### Edilizia scolastica

Il riferimento legislativo è al DM 18/12/75: "Norme tecniche aggiornate relative alla edilizia scolastica, ivi compresi gli indici minimi di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica".



Nei requisiti di carattere generale viene precisato che la scuola deve essere ubicata in località aperta, possibilmente alberata e ricca di verde, che consenta il massimo soleggiamento, lontana da depositi, da scoli di materie di rifiuto, da industrie dalle quali provengono esalazioni moleste e nocive, in località non esposta a venti fastidiosi e non situata sottovento a zone da cui possano provenire esalazioni o fumi nocivi o fastidiosi.

I parametri termoigrometrici e di rinnovo dell'aria indicati per questi locali sono:

- temperature invernali:  
20 ± 2°C (\*), fatti salvi locali ad uso speciale;
- umidità relativa invernale:  
alla temperatura interna di 20°C è raccomandata una umidità relativa di 45-55% da realizzarsi mediante un trattamento di umidificazione dell'aria esterna garantito dall'impianto di termoventilazione invernale (il controllo della UR è raccomandato, ma non vincolante);
- ricambio dell'aria (portate di aria esterna):
  - a) negli ambienti adibiti ad attività didattica collettiva o attività di gruppo:

scuole materne ed elementari .....	2,5 ricambi/h;
scuole medie .....	3,5 ricambi/h;
scuole secondarie di 2° grado .....	5,0 ricambi/h;
  - b) ambienti di passaggio, uffici ..... 1,5 ricambi/h; |  - c) servizi igienici, palestre, refettori ..... 2,5 ricambi/h; |

\*: Il DM 26/8/92 fa espresso divieto che i generatori di calore funzionanti a combustibile liquido o gassoso (stufe) siano installati all'interno di locali con presenza di persone.

Il DM 18/12/75 precisa che nelle zone in cui si verificano condizioni particolarmente gravi di inquinamento atmosferico, dovrà porsi particolare cura per quanto riguarda la presa di aria esterna.

Il DM 18/12/75 esprime il ricambio d'aria esterna in ricambi/h del locale, non fissando alcun valore minimale di  $Q_s$ .

È raccomandabile, soprattutto per locali piccoli con elevati affollamenti, che il progettista, oltre che col criterio dei ricambi/h, verifichi i risultati raggiunti in termini di  $Q_s$ , in questo caso rapportandosi con le Norme UNI 5104/63 con FA 1/91 ( $Q_s \geq 15$ ).

Naturalmente i valori di ricambio d'aria riportati dal DM 18/12/75 hanno un significato di carattere minimale. Un progetto finalizzato a garantire un elevato livello qualitativo dell'aria, deve muovere da considerazioni ben più ampie, che riguardano principalmente:

- la qualità dell'aria esterna all'edificio;
- il carico complessivo di inquinanti presenti;
- il numero di persone presenti;
- l'attività svolta.

Inoltre il ricambio deve essere uniforme in tutti i punti del locale considerato.

Il DM 18/12/75 non precisa la velocità massima accettabile dell'aria negli ambienti; allo scopo si può però fare riferimento al consolidato valore di 0,15 m/s (UNI 5104/63), tenendo presente che, particolarmente nelle scuole materne ed elementari, è opportuno contenere ulteriormente questi valori.

Per quanto riguarda i WC (bagno e antibagno) i ricambi/h minimi prescritti ( $n \geq 2,5$ ) vanno previsti pur in presenza di finestre apribili.

In caso di impossibilità a garantire l'aerazione naturale occorre riferirsi ai requisiti dei Regolamenti Comunali di Igiene che, normalmente, prevedono 6 ricambi/h di aerazione forzata complessiva se a funzionamento continuo e 12 o più ricambi/h se a funzionamento abbinato all'utilizzo.

Per la stagionalità dell'utilizzo dei locali scolastici, il DM 18/12/75 non prevede alcun requisito termoigrometrico e di rinnovo d'aria per la stagione estiva. Qualora si intenda provvedere al condizionamento estivo, gli standard identificati fanno riferimento ai parametri termoigrometrici enunciati dalla UNI 5104/63 (vedi **Tabella 9**), mantenendo inalterati i valori di ricambio d'aria previsti dallo stesso DM 18/12/75.

Gli standard prestazionali termoigrometrici e di rinnovo dell'aria sono riportati in **Tabella 11**.

**Tabella 11:** Standard identificati per l'edilizia scolastica.

SETTORE Tipologia dei locali	inverno			vel. aria	estate			Note
	t	UR	ricambi		t	UR	ricambi	
EDILIZIA SCOLASTICA (Rif. tecnici: DM 18/12/75, Reg. Com. d'igiene, UNI 5104/63)								
Scuole materne ..... (ud)	$\geq 20^\bullet$	45 ÷ 55	$n \geq 2,5$	$\leq 0,15$	$\delta t$	50 ÷ 65	$n \geq 2,5$	
Scuole elementari ..... (ud)	$\geq 20^\bullet$	45 ÷ 55	$n \geq 2,5$	$\leq 0,15$	$\delta t$	50 ÷ 65	$n \geq 2,5$	
Scuole medie inferiori (ud)	$\geq 20^\bullet$	45 ÷ 55	$n \geq 3,5$	$\leq 0,15$	$\delta t$	50 ÷ 65	$n \geq 3,5$	
Scuole medie superiori (ud)	$\geq 20^\bullet$	45 ÷ 55	$n \geq 5,0$	$\leq 0,15$	$\delta t$	50 ÷ 65	$n \geq 5,0$	
Palestre	$\geq 20$	45 ÷ 55	$n \geq 2,5$	$\leq 0,15$	$\delta t$	50 ÷ 65	$n \geq 2,5$	
Refettori	$\geq 20$	45 ÷ 55	$n \geq 2,5$	$\leq 0,15$	$\delta t$	50 ÷ 65	$n \geq 2,5$	
Ambienti di passaggio	$\geq 20$	45 ÷ 55	$n \geq 1,5$	$\leq 0,15$	$\delta t$	50 ÷ 65	$n \geq 1,5$	
Uffici	$\geq 20$	45 ÷ 55	$n \geq 1,5$	$\leq 0,15$	$\delta t$	50 ÷ 65	$n \geq 1,5$	
Servizi igienici	$\geq 20$	45 ÷ 55	$n \geq 2,5-6 + 12(-a/l)$	$\leq 0,15$	$\delta t$	50 ÷ 65	$n \geq 2,5-6 + 12(-a/l) (V/l)$	

Note:

- a = in assenza di aerazione naturale;
- l = valori tipicamente previsti dai Regolamenti Comunali d'Igiene: controllare!
- V = ricircolo vietato da fonti legislative;
- $\delta t$  = è ammesso un raffreddamento massimo di 7° C dalla temperatura esterna (vedi DM 18/5/76 o UNI 5104/63);
- ud = locali ad uso didattico;
- $\bullet$  = la temperatura è fissata fatte salve particolari specifiche esigenze;

### Edilizia ospedaliera

I locali di edilizia ospedaliera presentano esigenze in termini di variabili termoigrometriche e di rinnovo dell'aria estremamente differenziate, in dipendenza dell'uso (sale di degenza, laboratori, sale operatorie, servizi...). Parimenti differenziate sono le tipologie di rischio (chimico, fisico e biologico) e gli effetti sulla salute e la sicurezza che si possono verificare.

Il riferimento principale che detta requisiti tecnici per le costruzioni ospeda-

liere pubbliche (\*), fissa i parametri termoigrometrici ed i requisiti funzionali degli impianti è la Circolare 13011/74 del Ministero dei LL.PP..

\*: Sull'edilizia ospedaliera privata (case di cura), insiste il DM 5/8/77 che, sul versante termoigrometrico e di purezza dell'aria prescrive:

- sale di degenza e di soggiorno .....  $t \geq 20^{\circ}\text{C}$ ,  $n \geq 2$ ;
- sale di visita e di medicazione .....  $t \geq 22^{\circ}\text{C}$ ,  $n \geq 3$ ;
- servizi (igienici, cucine...) .....  $t = 17 \div 19^{\circ}\text{C}$ ,  $n \geq 4$ .

In questo stesso DM 5/8/77 viene vietato il ricircolo dell'aria nei settori destinati a specifiche attività terapeutiche (sale operatorie, sale parto, sale di degenza degli immaturi, rianimazione, terapie intensive...). È prescritto che siano esclusi dal riscaldamento i locali di deposito dei medicinali, del materiale sporco e dei rifiuti.

In essa è previsto che in tutti i reparti ospedalieri, compresi i servizi, venga mantenuta una temperatura invernale  $20^{\circ}\text{C}$ , salvo diverse prescrizioni per locali di particolare destinazione.

Nelle camere di degenza, nei locali ad uso collettivo e se possibile anche nei disimpegni, nel periodo invernale dovrà essere assicurata, mediante un trattamento di umidificazione dell'aria di ventilazione, una  $UR \geq 40 \pm 5\%$ .

La CM 13011/74 indica in una apposita tabella i locali in cui è necessario adottare impianti per il ricambio forzato dell'aria ed i relativi requisiti numerici. L'aria di ricambio va prelevata dall'esterno, prevedendo idonea filtrazione ed eventuale sterilizzazione ove necessaria (non sono comunque formalizzati requisiti numerici). Particolare attenzione viene richiesta per la localizzazione della presa d'aria nei luoghi ad elevato inquinamento ambientale. La velocità dell'aria nelle zone occupate da persone deve mantenersi inferiore a  $0,15 \text{ m/s}$ .

La CM 13011/74 precisa successivamente che nei blocchi operatori, sale travaglio, rianimazione, parti prematuri, lattanti, terapia intensiva, centro dialisi, centrale di sterilizzazione (settore sterile) e laboratorio analisi debba essere previsto un impianto di condizionamento senza ricircolo atto ad assicurare in tutti i suddetti locali, sia in estate che in inverno, valori prestabiliti della temperatura interna, dell'umidità relativa e della velocità dell'aria tenendo eventualmente conto (non in maniera vincolante) di quanto previsto per questi parametri dal punto 2.1.6., norma UNI 5104/63 (vedi Tabella 9).

Purtroppo la CM 13011/74 è oltremodo imprecisa nel liguaggio, tanto da rendere difficile l'interpretazione in certi passaggi chiave.

Ad esempio, nella tabella in cui sono indicati i locali per i quali vanno previsti impianti per il ricambio forzato dell'aria, compaiono le diciture, decisamente generiche, di "Reparti speciali" e "Servizi".

L'interpretazione adottata in questo opuscolo prevede:

- la corrispondenza del termine "reparti speciali" coi luoghi per i quali, al punto successivo è fissato l'obbligo al controllo delle variabili termoigrometriche anche nel periodo estivo;
- la corrispondenza del termine "servizi" col termine "servizi igienico-sanitari" (essenzialmente: WC, bagni, avambagni, docce, vuotatoi).

È giusto evidenziare che queste corrispondenze risentono di una incertezza di base, suffragata da altri tipi di corrispondenze riscontrati in Letteratura (ad es.: servizi con servizi igienico-sanitari ma anche con lavanderie e cucine). Pur tuttavia l'interpretazione adottata ci è parsa la più convincente.

Si noti che l'interpretazione adottata non è priva di implicazioni; ad esem-

pio, una diversa e più ampia lettura del termine "servizi" non avrebbe sempre subordinato l'esigenza di rinnovo all'assenza di aerazione naturale. Alla luce di queste considerazioni, i requisiti previsti dalla CM 13011/74 sono stati individuati come indicato in **Tabella 12**.

**Tabella 12:** Requisiti legislativi previsti dalla CM 13011/74; interpretazione adottata.

SETTORE Tipologia dei locali	inverno			vel. aria	estate			Note
	t	UR	ricambi		t	UR	ricambi	
EDILIZIA OSPEDALIERA (Rif. leg.: CM 13011/74)								
- Degenze in genere	≥ 20*	35 + 45	n ≥ 2	≤ 0,15	*	*	n ≥ 2	
- Degenze bambini	≥ 20*	35 + 45	n ≥ 3	≤ 0,15	*	*	n ≥ 3	
- Isolamento (malatt. infettive)	≥ 20*	35 + 45	n ≥ 12	≤ 0,15	*	*	n ≥ 12	
- Reparti diagnostica	≥ 20*	≈ > 35	n ≥ 6	≤ 0,15	*	*	n ≥ 6	
- Reparti speciali (rs)	≥ 20*	≈ > 35	n ≥ 6	≤ 0,15	≈ δt	≈ 50 + 65	n ≥ 6	(V)
- Soggiorni	≥ 20	35 + 45	Qs ≥ 30	≤ 0,15	*	*	Qs ≥ 30	
- Disimpegni	≥ 20	≈ 35 + 45	*	≤ 0,15	*	*	*	
- Servizi igienico-sanitari	≥ 20	*	n ≥ 10 (-a)	≤ 0,15	*	*	n ≥ 10 (-a)	

- Note:
- a = in assenza di aerazione naturale;
  - rs = blocchi operatori, sale travaglio, rianimazione, parti prematuri, lattanti, terapia intensiva, centro dialisi, centrale di sterilizzazione (settore sterile), laboratorio analisi...;
  - δt = è ammesso un raffreddamento massimo di 7° C dalla temperatura esterna (vedi UNI 5104/63);
  - V = ricircolo vietato
  - \* = la temperatura è fissata fatte salve particolari specifiche esigenze;
  - ≈ = parametro di cui è consigliato il controllo in modo quantitativo;
  - \* = valori non previsti.

Ancora sotto il profilo dei requisiti legislativi, un preciso riferimento per i ricambi orari da garantirsi e l'umidità relativa minima nelle sale ove si somministrano gas anestetici esplosivi, è contenuta nelle norme CEI 64-4 (\*) "Impianti elettrici in locali adibiti ad uso medico".

\*: La legge 186/68 ha espressamente riconosciuto valore giuridico alle norme CEI.

Al fine di limitare il rischio di esplosione (\*) la norma CEI 64-4 richiede (in alternativa alla realizzazione di un impianto elettrico a sicurezza) di garantire almeno 20 ricambi/h.

\*: Allo stesso fine la norma prevede o la ridondanza dell'impianto (ad es. due linee di alimentazione da rete diversa o doppio motore) o sistemi alternativi concernenti l'espulsione dei gas anestetici.

Per evitare i pericoli di scariche elettrostatiche occorre invece mantenere una umidità relativa superiore a 50 ± 5%.

Sulle sale operatorie intervengono anche alcune indicazioni di uno speciale gruppo di lavoro (GdL) costituito presso l'Assessorato alla Sanità della Regione Emilia-Romagna.

Al termine di un apposito approfondimento, questo GdL ha definito e pubblicato le caratteristiche degli impianti di condizionamento nelle sale operatorie, che possono essere utilizzate ad integrazione della Circolare 13011/74 e della CEI 64-4.

Le temperature e le umidità relative sono così fissate:

estate :  $t = 24 \div 26^{\circ}\text{C}$ ; UR = 60% max  
 inverno:  $t = 22 \div 24^{\circ}\text{C}$ ; UR = 60% max

Sulla portata d'aria dell'impianto è richiesto un controllo da effettuarsi tramite dispositivi di rilievo (anemometri, manometri differenziali...) in grado comandare opportune serrande di regolazione. Viene infine indicata l'esigenza di mantenere una pressione relativa tra i vari ambienti costituenti il nucleo operatorio per realizzare flussi d'aria dagli ambienti più sterili a quelli meno sterili.

A questo punto, acquisiti i riferimenti legislativi e di altre fonti, si è andati all'identificazione degli standard termoigrometrici e di rinnovo dell'aria riportati in **Tabella 13**.

**Tabella 13:** Standard prestazionali termoigrometrici e di rinnovo dell'aria individuati per l'edilizia ospedaliera.

SETTORE Tipologia dei locali	inverno			vel. aria	estate			Note
	t	UR	ricambi		t	UR	ricambi	
EDILIZIA OSPEDALIERA (Rif. tecnici: CM 13011/74, CEI 64-4, GdL Regione E-R., UNI 5104/63)								
- Degenze in genere	$\geq 20^{\circ}$	35 ÷ 45	$n \geq 2$	$\leq 0,15$	$\delta t$	50 ÷ 65	$n \geq 2$	
- Degenze bambini	$\geq 20^{\circ}$	35 ÷ 45	$n \geq 3$	$\leq 0,15$	$\delta t$	50 ÷ 65	$n \geq 3$	
- Isolamento (infettive)	$\geq 20^{\circ}$	35 ÷ 45	$n \geq 12$	$\leq 0,15$	$\delta t$	50 ÷ 65	$n \geq 12$	
- Reparti diagnostica	$\geq 20^{\circ}$	50-60	$n \geq 6-20$	$\leq 0,15$	$\delta t$	50 ÷ 65	$n \geq 6-20$	
- Reparti speciali.....(rs)	$\geq 20^{\circ}$	50-60	$n \geq 6-20$	$\leq 0,15$	$\delta t$	50 ÷ 65	$n \geq 6-20$	(V)
- Sale operatorie	22 ÷ 24 <sup>•</sup>	50-60	$n \geq 20$	$\leq 0,15$	24 ÷ 26	50-60	$n \geq 20$	(V)
- Soggiorni	$\geq 20$	35 ÷ 45	$Q_s \geq 30$	$\leq 0,15$	$\delta t$	50 ÷ 65	$Q_s \geq 30$	
- Disimpegni	$\geq 20$	35 ÷ 45	$Q_s \geq 15 \div 25 + n \geq 1$	$\leq 0,15$	$\delta t$	50 ÷ 65	$Q_s \geq 15 \div 25 + n \geq 1$	
- Servizi igienico-sanitari	$\geq 20$	35 ÷ 60	$n \geq 10$ (-a)	$\leq 0,15$	$\delta t$	50 ÷ 65	$n \geq 10$ (-a)	(V/l)

- Note:
- a = in assenza di aerazione naturale;
  - l = valori tipicamente previsti dai Regolamenti Comunali d'Igiene: controllare!
  - $\delta t$  = è ammesso un raffreddamento massimo di 7° C dalla temperatura esterna (vedi DM 18/5/76 o UNI 5104/63);
  - rs = blocchi operatori (escluso le sale operatorie), sale travaglio, rianimazione, parti prematuri, lattanti, terapia intensiva, centro dialisi, centrale di sterilizzazione (settore sterile), laboratorio analisi;
  - V = ricircolo vietato da fonti legislative;
  - = la temperatura è fissata fatte salve particolari specifiche esigenze;

I criteri utilizzati sono stati i seguenti:

- il parametro della temperatura invernale viene ovunque identificato con quanto previsto dalla CM 13011/74 ad eccezione delle sale operatorie, ove l'esperienza dimostra la maggiore attendibilità delle indicazioni fornite dal GdL della Regione Emilia-Romagna;

- il parametro della UR invernale tiene conto in primo luogo dei requisiti o dei suggerimenti della CM 13011/74 e, a titolo meramente indicativo, assegna ai reparti diagnostica, ai reparti speciali ed alle sale operatorie (\*) il limite inferiore del 50% previsto dalla CEI 64-4 ed il limite superiore (60%) indicato dal GdL della Regione Emilia-Romagna.

Per i servizi igienico-sanitari, in assenza di altre fonti è stato attribuito lo standard della UNI 5104/63 (UR > 35%) integrato con l'indicazione bibliografica di una UR max del 60% per ridurre il rischio della proliferazione di microrganismi patogeni, particolarmente sui filtri;

- i ricambi indicati corrispondono ai requisiti della CM 13011/74 integrati (ancora a titolo indicativo) dalle prescrizioni CEI 64-4 per i reparti diagnostica, speciali e sale operatorie (\*).

Per i disimpegni ci si è riferiti al punto 2.1.4.1. del FA 1/91 della UNI 5104/63;

- per le sale operatorie è stato assegnato il valore unico di  $n > 20$  della CEI 64-4 tenendo conto della impossibilità pratica a realizzarvi le garanzie alternative di sicurezza;

- i parametri termoigrometrici estivi recepiscono gli standard della UNI 5104/63 tenendo conto, unicamente per le sale operatorie, delle più precise indicazioni del gruppo di lavoro della Regione Emilia-Romagna, più volte richiamato.

\*: Come si può facilmente intuire, tuttavia, il rischio può essere presente in locali diversi da questi e, reciprocamente, taluni dei locali cui è stato assegnato il problema, possono invece non presentarlo.

## **Ambienti industriali**

Le tipologie edilizie riferibili agli ambienti industriali sono molteplici, ciascuna da considerarsi in relazione al tipo di attività svolta ed, in particolare, ai cicli tecnologici presenti.

Molteplici sono pure gli inquinanti che si diffondono dalle varie lavorazioni, più comunemente sotto forma di polveri, fumi, nebbie, vapori e gas.

### *a) Ambienti industriali in generale*

Nella maggior parte dei comparti produttivi il controllo di tutte le variabili termoigrometriche e di rinnovo dell'aria non viene affrontato nelle diverse stagioni. In particolare è ricorrente il mancato intervento sulla temperatura e sull'umidità estiva ed anche sull'umidità invernale. L'intervento è solitamente limitato al riscaldamento invernale (\*) spesso integrato da una aerazione generale.

\*: Tra i vari tipi di impianti di riscaldamento in commercio ve ne sono di quelli che utilizzano apparecchi a fuoco diretto.

L'uso di questi apparecchi negli ambienti di lavoro quando non è espressamente vietato per motivi di sicurezza (possibili inneschi di esplosione/incendio per presenza di miscele comburenti o esplosive con fiamme libere), è subordinato alla presenza di condotti del fumo privi di valvole regolatrici e con tiraggio sufficiente ad evitare la dispersione nell'aria ambiente dei prodotti della combustione (DPR 303/56, art. 12).

L'impiego di apparecchiature a fuoco diretto senza condotti di evacuazione dei fumi, sempre igienisticamente sconsigliabile, può essere accettato limitatamen-

te ai casi in cui, per l'ampiezza del locale (ovvero per le ridotte potenzialità termiche impiegate e per la sporadica presenza di operatori), l'impianto di evacuazione dei fumi di combustione non sia necessario.

È comunque vietata l'installazione di generatori d'aria calda a scambio diretto e di sistemi modulari a tubi radianti senza scarico esterno di potenzialità complessiva superiore a 34,89 kW (Lett. Circ. 1321/4134 e 1322/4134 del 28/1/92). Prima di installare apparecchi di riscaldamento a fuoco diretto all'interno di ambienti chiusi di lavoro, è sempre opportuno confrontarsi coi tecnici del locale SMPIL.

Ci sono casi in cui l'aerazione generale è di fatto sostenuta da impianti di aspirazione localizzata con reintegro dell'aria attraverso le aperture naturali e quindi senza riscaldamento.

È frequente l'utilizzo dell'impiantistica di distribuzione dell'aria degli impianti di riscaldamento per garantire una aerazione nel periodo estivo. L'assenza generalizzata del condizionamento estivo e del controllo dell'umidità invernale è da porre in relazione all'ingente onere economico dovuto alle grandi dimensioni dei locali ed alla possibilità di effettuare con l'aerazione anche un certo controllo del microclima.

La presenza di agenti inquinanti determina rischi specifici per la salute degli addetti sulla cui riduzione si interviene normalmente con modalità diverse dall'aerazione o dalla ventilazione generale. Sostituzione dei prodotti, cicli chiusi, aspirazioni localizzate, mezzi di protezione personale sono tutti esempi di modalità concrete per il contenimento dei rischi.

In generale, solo in presenza di inquinanti poco tossici (vedi nota nel paragrafo "Ricambio e filtrazione"), dispersi in ambiente da più punti di emissione in posizioni imprevedibili, è ammissibile intervenire con un impianto di aerazione o di ventilazione generale che garantisca il ricambio con aria salubre necessario ad ottenere la diluizione dell'inquinante al di sotto del limite di accettabilità (\*).

\*: Riguardo alla presenza di emissioni inquinanti si sottolinea che qualora sia ammesso ricorrere alla ventilazione generale per diluizione (anziché all'aspirazione localizzata), il valore di Q dell'aria esterna di ventilazione deve tenere conto della quantità e tipo di inquinanti che si liberano nell'ambiente. Per il computo della portata di ventilazione (laddove è necessario un controllo di qualità dell'aria in ingresso) o di aerazione (qualora il controllo della qualità dell'aria in ingresso non sia richiesto) generale, per inquinanti di tipo chimico (gas/vapori) si può utilizzare la:

$$Q = \frac{K \dot{m}}{STD} \text{ dove:}$$

- Q = portata necessaria in m<sup>3</sup>/h
- K = fattore di sicurezza adimensionale, variabile nel range 3 ÷ 10, di valore crescente in funzione del numero di esposti, della tossicità del composto e della vicinanza alla sorgente degli addetti;
- $\dot{m}$  = quantità di inquinante immessa in ambiente in mg/h;
- STD = Limite di accettabilità dell'inquinante in mg/m<sup>3</sup>, (ad es.: STD = 1/2 TLV-TWA; criterio NIOSH)

Se escludiamo, per la loro specificità, i lavori in sotterraneo e nell'esercizio di cave e miniere (\*) è da rilevare come la legislazione nazionale non fissi alcun requisito prestazionale numerico per gli ambienti industriali.

\*: In estrema sintesi, i DPR 320/56 e 128/59 fissano una temperatura massima di 30-32°C considerata compatibile con l'esecuzione di attività della durata di 8 h/d.

È vietata la normale attività al superamento dei 35°C.

È inoltre fissata una aerazione minima di rinnovo per i lavori in galleria di 180 m<sup>3</sup>/h per lavoratore (art.30, DPR 320/56) che deve essere elevato a 360 m<sup>3</sup>/h per lavoratore nel caso in cui le gallerie di carreggio siano servite da locomotive a combustione interna.

Il riferimento normativo primario è alla UNI 8852/87. Questa normativa definisce, per il solo periodo invernale, la relazione dei livelli di attività fisica con le variabili termoigrometriche e di ricambio d'aria minimi, compatibili col comfort degli addetti (Vedi Tabella 14).

**Tabella 14:** Standard termoigrometrici e di ricambio dell'aria minimi nei locali industriale in inverno, da UNI 8852/87.

Tipo di attività	Temp. (°C)	UR (%)	Qs (m <sup>3</sup> /h pers.)
- attività pesante	10-11	30-70	40
- attività media	12-13	30-70	30
- attività leggera	14-15	30-70	25
- lavori di precisione, conversazione, lettura, studio	17-18	30-70	15

La norma prevede che la somma delle portate specifiche Qs deve comunque garantire un minimo di 0,5 ricambi orari dell'ambiente. Benchè i valori riportati dalla norma UNI per i ricambi d'aria siano da intendersi al netto degli eventuali inquinanti sviluppati dalle lavorazioni (che devono trovare specifiche misure di estrazione), il valore minimo di 0,5 ricambi orari è stato più volte contestato in quanto ritenuto insufficiente.

Ma è soprattutto riguardo agli standard di temperatura che sono sollevabili critiche. I valori minimi indicati potrebbero forse ritenersi accettabili in situazioni ideali, ad esempio qualora tutti gli addetti del locale eseguissero lavori con stesso carico metabolico. In realtà queste situazioni ideali sono pressochè inesistenti.

A fronte di quest'ultimo problema intervengono (normalmente) i Regolamenti Comunali di Igiene che, sulla base di indicazioni della Regione Emilia-Romagna, hanno provveduto a fissare un limite minimo di 16°C per la temperatura dei locali chiusi di lavoro (magazzini, depositi, laboratori e locali adibiti ad attività lavorativa) fatte salve particolari esigenze connesse alle tecniche di lavorazione o alla loro pericolosità.

La UNI 8852/87 definisce infine la velocità dell'aria massima accettabile. Il superamento del più volte richiamato limite di 0,15 m/s (fino a 0,30 m/s) può essere accettato a condizione di incrementare parimenti la temperatura interna del locale.

Circa gli standard prestazionali per il condizionamento estivo dell'aria, in assenza di riferimenti direttamente applicabili, se ne propone l'estrapolazione dalla UNI 5104/63 con FA 1/91.

Per il condizionamento estivo la norma definisce coppie di valori di temperatura e umidità relativa che garantiscono un medesimo livello di comfort (vedi



**Tabella 9)**, supponendo costante la velocità dell'aria nell'ambiente. Per le portate d'aria di rinnovo estivo (sia  $Q_s$  che  $n$ ) il riferimento naturale è agli standard della UNI 8852/87.

#### *b) Camere bianche del comparto biomedicale*

Le camere bianche sono locali o ambienti privi di aerazione naturale diretta nei quali, per l'esigenza di realizzare prodotti a massima affidabilità tecnologica oppure di disporre di spazi a parziale o elevata sterilità, sono controllati i livelli di determinati contaminanti ambientali.

Le camere bianche richiedono il condizionamento per l'intero periodo dell'anno, con relativo controllo delle variabili termoigrometriche e di purezza dell'aria.

L'esigenza del controllo della contaminazione dell'aria ad elevati livelli si è imposta in diverse attività industriali (es.: laboratori di ricerca, industrie farmaceutiche, alimentari, dei semiconduttori...) e si va estendendo anche in campo ospedaliero (es.: sale operatorie). In provincia di Modena sono comunemente utilizzate nelle aziende del comparto biomedicale; comparto della produzione di apparecchiature elettromedicali e di accessori plastici monouso (disposable) per scopi sanitari.

Secondo la norma USA, Federal Standard 209D, una camera bianca è un locale nel quale viene controllata la concentrazione di particelle contaminanti sospese nell'aria entro limiti ben definiti.

La classe di una camera bianca indica il grado di decontaminazione o di pulizia da ottenere. Risulta definita dall'equivalente numero massimo di particelle contaminanti di misura 0,5 micrometri per piede cubo.

In **Figura 9** è riportato un grafico, in accordo con il FS 209D (\*), che permette l'identificazione della classe della camera bianca.

\*: Attualmente è in discussione la nuova versione (FS 209E) che si propone, tra l'altro, di armonizzare la classificazione USA con la classificazione CEN, anch'essa in corso di perfezionamento.

Secondo la proposta di direttiva CEE "Disciplina relativa ai medicinali nella Comunità Europea", nel fascicolo "Guida alle norme per la buona fabbricazione dei medicinali", per aree controllate (camere bianche) si intende un'area in cui si attui un determinato controllo particellare e batterico dell'ambiente. Questa area andrà realizzata e utilizzata in modo da ridurre l'introduzione, la produzione e la ritenzione di contaminanti nell'area stessa.

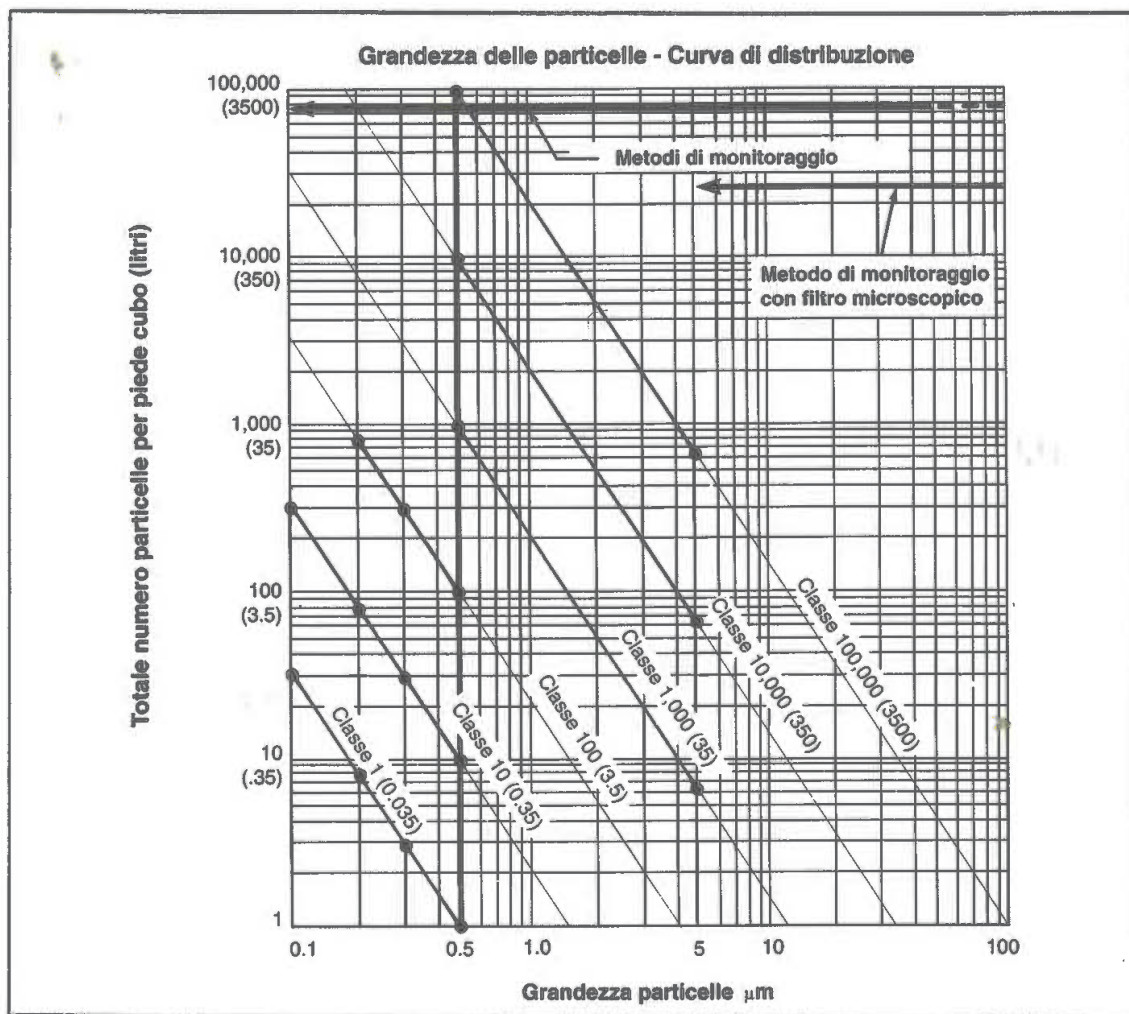
Il sistema di classificazione che compare sulla versione conosciuta di questa proposta di direttiva CEE è riportato in **Tabella 15**.

Fig. 9: Classi delle camere bianche secondo il FS 209D (Fonte AAF - Milano)

Classe Camera Bianca	Grandezza Delle Particelle Misurate (Micrometri)				
	0.1	0.2	0.3	0.5	5.0
1	35	7,5	3	1	NA
10	350	75	30	10	NA
100	NA	750	300	100	NA
1.000	NA	NA	NA	1.000	7
10.000	NA	NA	NA	10.000	70
100.000	NA	NA	NA	100.000	700

(NA – Non applicabile)

Il livello della Classe è definito dall'equivalente numero massimo di particelle di misura di 0,5 micrometri per piede cubo.  
 Particelle di misura inferiore a 0,5 micrometri sono accettabili in numero maggiore.



Grandezza delle particelle e loro distribuzione in conformità alle norme Federali Standard 209D

**Tabella 15:** Sistema di classificazione dell'aria per la fabbricazione di prodotti sterili secondo la proposta di direttiva CEE, fascicolo "Guida alle norme per la buona fabbricazione dei medicinali".

Classe	Numero massimo consentito di particelle/m <sup>3</sup> con Ø:		Numero massimo consentito di microorganismi vivi per m <sup>3</sup>
	≥ 0,5µm	≥ 5µm	
A (!)	3500	nessuna	1 (*)
B	3500	nessuna	5 (*)
C	350000	2000	100
D	3500000	20000	500

Note: ! = lavorazione con circolazione d'aria a flusso laminare;  
 \* = valori affidabili quando si prelevi un elevato numero di campioni d'aria.

**Osservazioni:**

- I sistemi con circolazione d'aria a flusso laminare dovranno presentare una velocità omogenea dell'aria di 0,30 m/s per flussi verticali e di 0,45 m/s per flussi orizzontali;
- Per raggiungere le classi B, C e D, il numero di ricambi dell'aria dovrà di norma risultare superiore a 20 all'ora in un locale con un buon modello di flusso dell'aria e dotato di adeguati filtri HEPA;
- Le indicazioni fornite per il numero massimo consentito di particelle corrispondono approssimativamente allo USA Federal Standard 209D articolato nel modo seguente: classe 100 (classi A e B), classe 10000 (classe C) e classe 100000 (classe D);
- Poichè durante le operazioni di riempimento è il prodotto stesso che può dare origine alla dispersione di particelle o di goccioline, si ammette che non sempre, nel punto di riempimento, è possibile rispettare gli standard particellari fissati.

Nel comparto biomedicale la scelta della classe di una camera bianca in relazione al tipo di prodotto da realizzare non è, al momento, regolamentata da fonti legislative.

In Italia, attualmente, sono stabilite dal Ministero della Sanità indicazioni indirette (\*) per la commercializzazione dei prodotti.

\*: le esigenze di qualità del prodotto determinano indirettamente le classi delle camere bianche da utilizzare.

Per l'esportazione occorre attenersi ai riferimenti stabiliti dai vari enti nazionali (es.: FDA - Food and Drug Administration, USA).

Nel biomedicale sono correntemente utilizzate le camere bianche di classe 10000 per i prodotti destinati alla cardiocirurgia e di classe 100000 per i disponsabile dell'emodialisi e del trasfusionale.

Principalmente, per controllare la contaminazione nelle camere bianche del comparto biomedicale, si utilizzano i seguenti criteri:

- la pressurizzazione dell'ambiente va definita in maniera direttamente proporzionale al livello di pulizia richiesto;
- gli inquinanti emessi da specifiche fonti devono essere catturati con impianti di aspirazione localizzata;
- la quantità di aria immessa/estratta dai locali dal sistema di condizionamento deve essere tale da rimuovere anche l'inquinamento diffuso presente;
- l'aria immessa dal sistema di condizionamento deve essere tanto più pulita quanto più alte sono le contaminazioni diffuse;
- la distribuzione dell'aria all'interno dei locali deve essere tale da limitare al massimo la possibilità delle particelle di arrivare alle superfici critiche;
- non si devono creare cariche elettrostatiche e deformazione dei prodotti.

I criteri di cui sopra si traducono nelle seguenti indicazioni:

- differenza di pressione tra locali classificati diversamente variabile da 10-20 Pa (dati sperimentali);
- introduzione di grandi quantità di aria a bassa velocità (dati sperimentali: 0,15 - 0,45 m/s);
- utilizzo di sistemi filtranti progressivi, con efficienze crescenti, fino al raggiungimento della purezza richiesta (tipicamente filtri HEPA o ULPA);
- movimento dell'aria (laminare o non, vedi **Figura 10**) indirizzato verso il basso o comunque tale da consentire il lavaggio dello stesso con flussi che privilegino le superfici critiche;
- umidità relative comprese fra 35 e 65%.

Fin qui le esigenze tecnologiche e di prodotto.

Le prestazioni che l'impianto di condizionamento garantisce in termini di purezza dell'aria per le esigenze produttive potrebbero, in prima approssimazione, essere ritenute sufficienti a rispettare le norme di igiene del lavoro ma, esiste una forte tendenza ad utilizzare impiantistiche con ricircolo spinto e basse portate di rinnovo.

A questo proposito, ribadito che la captazione delle emissioni inquinanti localizzate deve avvenire direttamente sulle sorgenti, si ritiene che il ricircolo sia ammissibile, ma vanno comunque garantite le portate di rinnovo previste dalla UNI 8852/87 (vedi **Tabella 14**).

Inoltre è opportuno indicare un valore limite per la velocità dell'aria affinché la purezza della stessa sia mantenuta agendo principalmente sul contenimento degli inquinamenti ambientali e non sul numero elevato di ricambi.

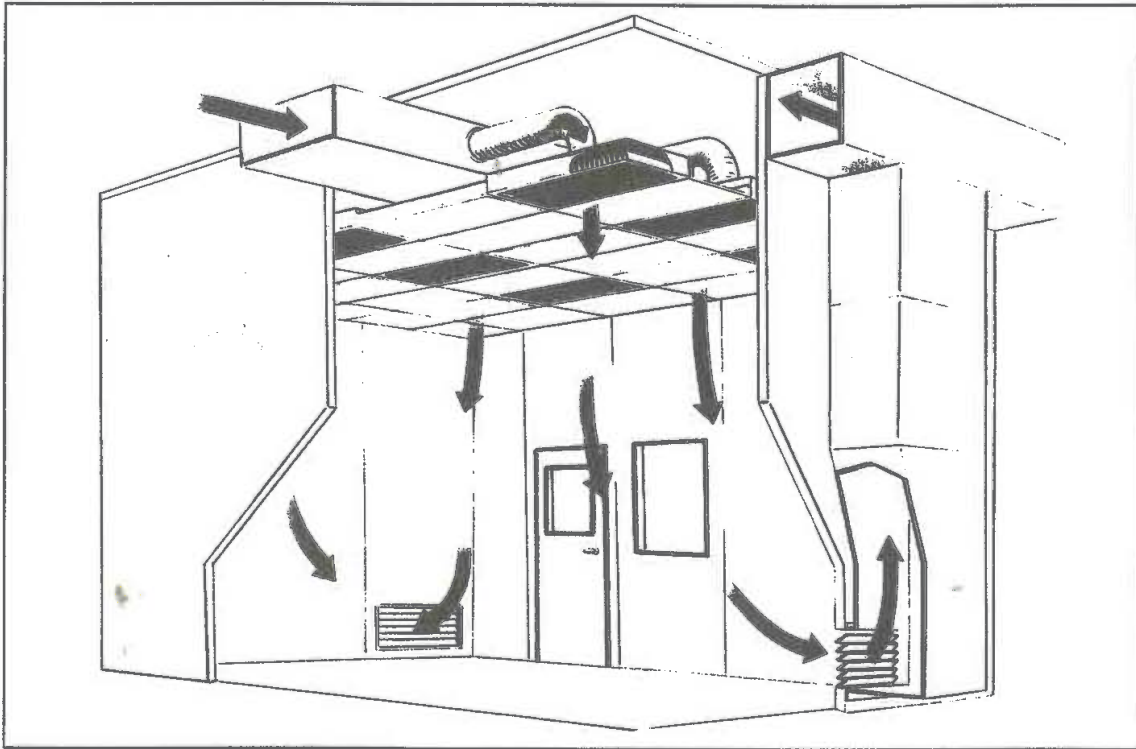
In sostanza occorre evitare la movimentazione di portate d'aria inutilmente elevate che possono costituire pregiudizio alla salute dei lavoratori in ragione delle velocità che impongono.

Considerato anche lo stato dell'arte, si ritiene che la velocità dell'aria non debba mai superare gli 0,3 m/s.

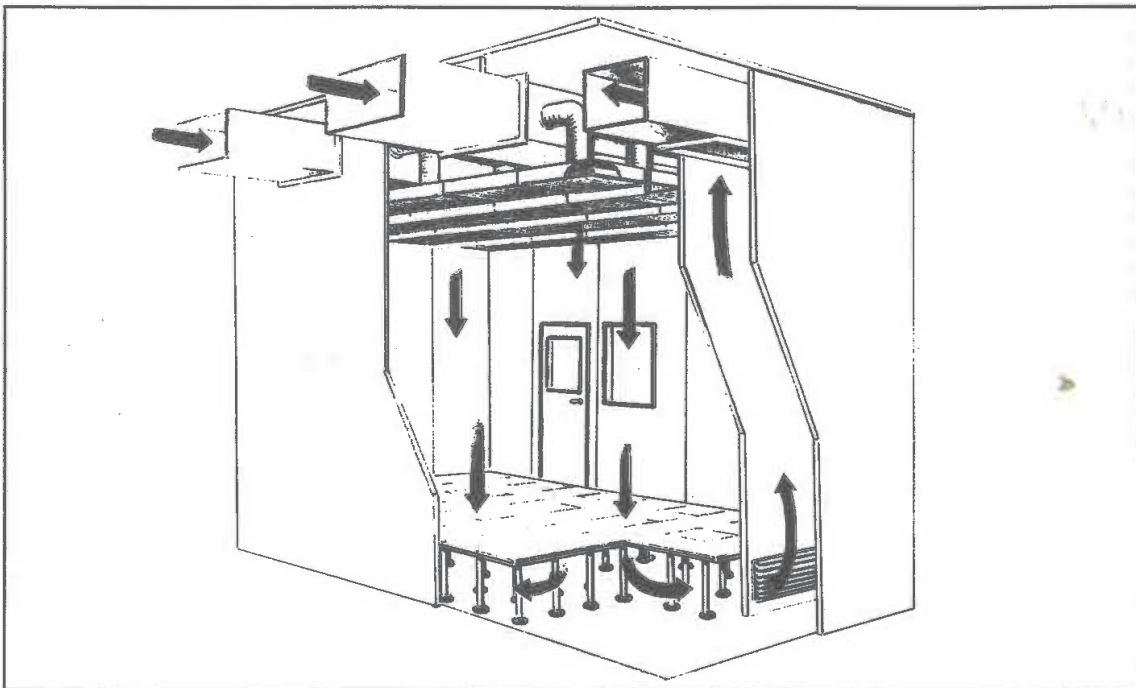
All'impianto di condizionamento è inoltre affidato il comfort termico, e quindi la corretta temperatura ambientale.

Come detto, nelle camere bianche del biomedicale la temperatura dell'aria

**Fig.10:** Esempi di camere bianche a) con flusso non laminare e b) con flusso laminare (Fonte AAF - Milano).  
 Nel comparto biomedicale normalmente si utilizzano solo camere bianche a flusso non laminare.



a) Camera Bianca con flusso non laminare, con canalizzazioni individuali, illustrante il controsoffitto con filtri sigillati in terminali a cappa, sistemi illuminanti e pannelli ciechi



b) Camera Bianca con flusso laminare discendente, con canalizzazioni individuali e controsoffitto totalmente completo di filtri sigillati in cappe terminali, corpi illuminanti con profilo a goccia, e pavimento flottante forato

è controllata nell'intero arco dell'anno. Si è avuto modo di osservare che temperature dell'aria nell'intorno dei  $20 \div 25^{\circ}\text{C}$ , con  $v_a \leq 0,3 \text{ m/s}$ , risultano normalmente ben accettate.

### c) *Produzioni alimentari e bevande*

Per questa tipologia di ambienti industriali (più compiutamente definibile di lavorazione, trasformazione, produzione, preparazione e confezionamento di alimentari e bevande) gli unici requisiti termoigrometrici e di rinnovo dell'aria (normalmente) sono desumibili dai Regolamenti Comunali d'Igiene. In genere risultano fissati i requisiti minimi di temperatura invernale ( $> 16^{\circ}\text{C}$ ) e di ricambi ( $n > 5$ ), questi ultimi da garantirsi (in ogni stagione dell'anno) nell'eventualità che siano presenti odori, vapori, fumi o altre esalazioni. Per il completamento degli standard il riferimento normativo primario è alla UNI 8852/87 che definisce sia l'intervallo di umidità relative che le Qs da rispettare nella stagione invernale.

Relativamente all'eventuale adozione di un condizionamento nella stagione estiva si reputa corretto far riferimento agli standard termoigrometrici della UNI 5104/63, mantenendo ferme le esigenze di ventilazione come individuate per la stagione invernale.

### d) *Locali a requisiti CEE per lavorazioni carni*

I locali a requisiti CEE per lavorazione carni possono essere considerati un sottoinsieme della tipologia di ambienti industriali esaminata al punto precedente sui quali, però, insiste, come precisa specifica di prodotto, l'obbligo a limitare la temperatura ambientale a  $12^{\circ}\text{C}$ .

La legislazione comunitaria a tutela delle condizioni igienico-sanitarie dei prodotti a base di carni (Direttive 91/497/CEE e 92/5/CEE), ha infatti imposto per alcune locali produttivi questo specifico vincolo.

Dal punto di vista igienistico la permanenza nel tempo a queste temperature e gli sbalzi termici con l'esterno (\*), relativi soprattutto al periodo estivo, possono determinare circostanze di danno per la salute degli addetti.

\*: Una delle misure più efficaci per contenere i possibili danni dovuti agli sbalzi termici (e che ha attinenza alla determinazione dei parametri termoigrometrici ambientali) è la realizzazione di locali adibiti alla acclimatazione degli addetti prima e dopo il turno di lavoro. Questi locali, che in generale possono coincidere con gli spogliatoi, vanno mantenuti nella stagione estiva a temperature intermedie fra l'esterno ed i locali di lavoro (condizionati a  $12^{\circ}\text{C}$ ) permettendo di limitare gli effetti dello sbalzo termico.

Similmente andranno individuate le temperature nei servizi igienici.

Dal punto di vista impiantistico, il mantenimento di queste condizioni ambientali si presenta particolarmente pesante nella stagione estiva per l'elevata differenza di temperatura con l'esterno.

Per il mantenimento della temperatura richiesta vanno poi di fatto fortemente limitati gli scambi diretti di aria con l'esterno.

Pertanto, per garantire i requisiti CEE, viene ad imporsi l'esigenza di un'impiantistica di condizionamento.

Come detto, per esigenze del prodotto, la temperatura ambientale massima è fissata dalla legislazione comunitaria in  $12^{\circ}\text{C}$  relativamente all'intero pe-

riodo invernale, possono essere ritenute valide per tutto l'arco dell'anno.

- \*: Le direttive comunitarie prima richiamate non precisano i requisiti di filtrazione dell'aria in ingresso. Non di meno tale operazione è sempre opportuna così come una corretta collocazione della presa d'aria esterna che va collocata lontana da sorgenti d'inquinamento anche biologico (stalle, concimaie...).

Particolarmente tassativo è poi da considerare il valore massimo di velocità dell'aria di 0,15 m/s in dipendenza di condizioni ambientali già decisamente severe.

Occorre infine segnalare che esistono altre situazioni (ad es.: quando, quotidianamente, si provvede al lavaggio degli impianti e dei locali) che richiedono aerazioni o ventilazioni con portate decisamente superiori ( $n \geq 5$ , dai Regolamenti Comunali d'Igiene) che possono essere garantiti con impiantistica apposita.

Negli altri ambienti produttivi del comparto lavorazione carni (quelli per i quali non valgono i vincoli di una  $t \leq 12^\circ \text{C}$ ), i requisiti e gli standard sono in tutto simili (\*) al paragrafo precedente (Produzione alimentari e bevande).

- \*: Si consideri che fasi specifiche della lavorazione carni liberano quantitativi elevati di umidità (es.: cottura prosciutti, scongelamento e lavaggio carni) e di odori a tal punto da renderne vincolante il controllo.

Quando le immissioni in ambiente sono cospicue (essenzialmente: lavaggio prodotto, lavaggio attrezzature, locali di cottura, locali di fusione dei grassi) e se tecnicamente possibile, l'aspirazione andrà collocata in prossimità della sorgente emittente con cappe aspiranti specificamente sagomate; in questo caso la progettazione dell'impianto andrà impostata con i consolidati criteri delle aspirazioni localizzate.

Laddove il problema delle immissioni risulta contenuto si potrà invece ricorrere ad impianti di ventilazione generale, garantendo almeno 5 ricambi orari. Questa portata andrà incrementata in ragione dei quantitativi di inquinanti da asportare e della ridotta volumetria dell'ambiente.

Per l'umidità relativa di questi ambienti, in considerazione della specificità delle lavorazioni, possono essere ritenuti accettabili anche lievi superamenti del valore massimo.

In generale è inoltre da evitare il ricircolo per i reparti di macellazione (eviscerazione, budellerie, tripperie).

#### e) *Archivi, magazzini e depositi*

Per questi ambienti, l'unico requisito legislativo è (normalmente) desumibile dai Regolamenti Comunali d'Igiene: la temperatura invernale, fatte salve specifiche esigenze produttive, non può scendere al di sotto dei  $16^\circ \text{C}$ .

Gli standard di UR invernali,  $Q_s$  e  $n$  sono quelli della UNI 8852/87.

Relativamente all'eventuale adozione di un condizionamento nella stagione estiva si reputa corretto far riferimento agli standard termoigrometrici della UNI 5104/63, mantenendo ferme le esigenze di ventilazione come individuate dalla UNI 8852/87.

#### f) *Ambulatori e camere di medicazione*

Anche per questi ambienti, l'unico requisito legislativo (talvolta) presente è fissato dai Regolamenti Comunali d'Igiene: la temperatura invernale non può scendere al di sotto dei  $18^\circ \text{C}$ .

Tale requisito è tuttavia insufficiente a garantire il comfort di chi accede a questi servizi (\*).

\*: Si consideri, ad esempio, che il riferimento della temperatura minima da garantirsi nel pronto soccorso annessi alle piscine scoperte è stato fissato in 20°C.

Quale accostamento più appropriato si propone l'utilizzo degli standard individuati per le "degenze in genere" dell'edilizia ospedaliera.

A chiusura del paragrafo, in **Tabella 16** si riporta il quadro di sintesi di tutti gli standard individuati relativamente agli ambienti industriali.

**Tabella 16:** Standard prestazionali termoigrometrici e di rinnovo dell'aria individuati per gli ambienti industriali.

SETTORE Tipologia dei locali	inverno				estate		
	t	UR	ricambi	vel. aria	t	UR	ricambi
AMBIENTI INDUSTRIALI (Reg. Com. d'Igiene, UNI 5104/63, UNI 8852/87, CM 13011/74, 91/497/CEE e 92/5/CEE, dati sper.)							
- In generale	• ≥ 16 (l)	30 ÷ 70	$Q_s \geq 15 \div 40 + n \geq 0,5$	≤ 0,30 (l)	δt	50 ÷ 65	$Q_s \geq 15 \div 40 + n \geq 0,5$
- Camere bianche biomedicale	20 ÷ 25	35 ÷ 65	$Q_s \geq 15 \div 40 + n \geq 0,5$	≤ 0,30 (l)	20 ÷ 25	35 ÷ 65	$Q_s \geq 15 \div 40 + n \geq 0,5$
- Prod. alimentari e bevande	• ≥ 16 (l)	30 ÷ 70	$Q_s \geq 15 \div 40 + n \geq 0,5-5$ (l)	≤ 0,30 (l)	δt	50 ÷ 65	$Q_s \geq 15 \div 40 + n \geq 0,5-5$ (l)
- Lavorazioni carni CEE	≤ 12	30 ÷ 70	$Q_s \geq 15 \div 40 + n \geq 0,5-5$ (l)	≤ 0,15	≤ 12	30 ÷ 70	$Q_s \geq 15 \div 40 + n \geq 0,5-5$ (l)
- Archivi, magazzini, depositi	• ≥ 16 (l)	30 ÷ 70	$Q_s \geq 15 \div 40 + n \geq 0,5$	≤ 0,30 (l)	δt	50 ÷ 65	$Q_s \geq 15 \div 40 + n \geq 0,5$
- Ambulatori, camere medicaz.	≥ 20	35 ÷ 45	n ≥ 2	≤ 0,15	δt	50 ÷ 65	n ≥ 2
- Note:	l	= valori tipicamente previsti dai Regolamenti Comunali d'Igiene: controllare!					
	δt	= è ammesso un raffreddamento massimo di 7° C dalla temperatura esterna (vedi DM 18/5/76 o UNI 5104/63);					
	•	= la temperatura è fissata fatte salve particolari specifiche esigenze;					

## Uffici

Per gli uffici l'unico requisito prestazionale (normalmente) fissato (dai Regolamenti Comunali d'Igiene) è il rispetto di una temperatura minima invernale di 18°C (\*).

\*: Il DM 18/12/75, per gli uffici scolastici, prevede una temperatura invernale minima di 20°C e  $n \geq 1,5$ ; il controllo della UR (45-55%) è solo raccomandato.

Il riferimento normativo è alla UNI 5104/63 con FA-1/91 che, per gli impianti di condizionamento, fissa i valori di temperatura e di umidità relativa, idonei a garantire sia in inverno che in estate condizioni di benessere fisiologico (vedi **Tabella 9**).

Per quanto riguarda il rinnovo dell'aria, la stessa norma (punto 2.1.4.1 del FA 1/91) definisce il ricambio di aria esterna minimo in  $Q_s \geq 15$  m<sup>3</sup>/h persona; valore da elevarsi a 20-25 m<sup>3</sup>/h persona in relazione alla percentuale prevista di fumatori ed alla durata dei periodi di inquinamento dell'aria.



Negli uffici occorre comunque garantire un valore minimo di ricambio d'aria esterna  $n > 1$  ricambio/h.

La velocità dell'aria va mantenuta inferiore a 0,15 m/s nella zona occupata dalle persone.

Gli standard individuati per gli uffici vanno estensivamente adottati anche per i cosiddetti box-ufficio e sono riportati in **Tabella 17**.

**Tabella 17:** Standard prestazionali termoigrometrici e di rinnovo dell'aria individuati per gli uffici.

SETTORE Tipologia dei locali	inverno			vel. aria	estate		
	t	UR	ricambi		t	UR	ricambi
UFFICI (Rif. tecnici: Reg. Com. d'Igiene, UNI 5104/63 con FA 1/91, DM 18/12/75)							
- Uffici scolastici	$\geq 20$	45 ÷ 55	$n \geq 1,5$	$\leq 0,15$	$\delta t$	50 ÷ 65	$n > 1,5$
- Uffici, box-ufficio	$\geq 18$ (l)	35 ÷ 60	$Q_s \geq 15-25 + n \geq 1$	$\leq 0,15$	$\delta t$	50 ÷ 65	$Q_s \leq 15-25 + n \geq 1$
- Note:	l	= valori tipicamente previsti dai Regolamenti Comunali d'Igiene: controllare!					
	$\delta t$	= è ammesso un raffreddamento massimo di 7° C dalla temperatura esterna (vedi DM 18/5/76 o UNI 5104/63);					

## Locali ausiliari e servizi

### a) Autorimesse

Per questi ambienti sono disponibili riferimenti numerici legislativi sul DM 20/11/81.

I requisiti di aerazione delle autorimesse sono fissati in 2 o 3 ricambi minimi a seconda se l'altezza del locale supera o meno i 3 m.

Non si è reputato opportuno provvedere all'integrazione di tali requisiti con standard/livelli/indicazioni prestazionali per gli altri parametri vista la peculiarità di questi ambienti, spesso con ampie aperture (portoni od altro) direttamente comunicanti con l'esterno in ogni condizione di tempo o stagione. Resta da precisare che col termine di autorimesse si devono intendere i soli locali destinati al deposito dei veicoli e non già, ad esempio, i box ad uso ufficio normalmente presenti.

Per questi ultimi, che richiedono soluzioni impiantistiche tali da realizzare una leggera sovrappressione interna, i riferimenti prestazionali devono essere più propriamente individuati nella voce, appunto, "Uffici, box-ufficio".

### b) Cucine

Le attività che vengono svolte nelle cucine professionali (ristoranti, mense, ecc..) comportano una notevole produzione di vapore d'acqua, con il quale si liberano anche odori, fumi, prodotti della combustione e si cedono all'ambiente elevate quantità di calore.

Le condizioni ambientali presenti richiedono un controllo della temperatura e della umidità solitamente per ottenerne una diminuzione.

Il controllo della qualità dell'aria va realizzato prioritariamente con dispo-

tivi di aspirazione localizzata (\*), soprattutto sulle emissioni massicce (es.: lavastoviglie).

\*: la velocità di richiamo dell'aria negli impianti di aspirazione localizzata non deve scendere al di sotto del valore di 0,25 m/s; questo valore minimo deve essere incrementato in presenza di rilevanti perturbazioni del moto dell'aria (indicazioni ACGIH).

Nella maggior parte dei casi è tuttavia consentito ricorrere a dispositivi di aerazione o, meglio, di ventilazione generale.

Si può evidenziare che la prima soluzione con portate (e costi) inferiori tutela maggiormente dal punto di vista igienico, ma si dimostra più rigida nella possibilità di variare il lay-out del locale.

L'unico requisito (normalmente) fissato è relativo alla temperatura minima invernale (18°C, dai Regolamenti Comunali d'Igiene).

Se gli standard di UR (\*), invernali ed estivi, e delle temperature estive della norma UNI 5104/63 possono essere ritenuti trasponibili alle cucine industriali, non altrettanto si può affermare a proposito dei rinnovi (decisamente insufficienti).

\*: per l'umidità relativa, in considerazione della specificità dell'attività, possono essere ritenuti accettabili anche modesti superamenti del valore massimo (UR max = 70%).

Relativamente ai rinnovi pare invece più ragionevole ricorrere al progetto di norma CTI 8/32 bis E02.08.0321 che prevede, specificamente per le cucine, un portata d'aria per m<sup>2</sup> di superficie calpestabile  $Q_a \geq 60 \text{ m}^3/\text{h m}^2$ .

### c) Refettori

Richiamato che per i refettori scolastici valgono le apposite prescrizioni del DM 18/12/75 ( $t \geq 20^\circ\text{C}$ ,  $n \geq 2,5$  e, raccomandato ma non vincolante, UR =  $50 \pm 5\%$ ), per gli altri refettori, l'unico requisito (in genere) fissato è relativo alla temperatura minima invernale (18°C, dai Regolamenti Comunali d'Igiene).

Similmente alle cucine, gli standard di UR, invernali ed estivi, e le temperature estive possono essere dedotte dalla norma UNI 5104/63 mentre per i rinnovi è più ragionevole ricorrere al progetto di norma CTI 8/32 bis E02.08.0321 che prevede una  $Q_s \geq 35 \text{ m}^3/\text{h}$  per persona (valore arrotondato).

### d) Docce, spogliatoi

Relativamente alle docce ed agli spogliatoi vanno richiamate le seguenti situazioni peculiari:

- negli spogliatoi delle piscine (vedi paragrafo del pubblico spettacolo) è richiesta una aerazione forzata tale da garantire 4 ricambi/h ed il controllo della UR ( $\leq 70\%$ ).

Nelle piscine scoperte la temperatura degli spogliatoi non dovrà essere inferiore a 20°C, nelle piscine coperte non inferiore a 24°C (AdI 17/2/92);

- nell'edilizia ospedaliera (vedi paragrafo specifico), quanto meno relativamente ai locali destinati ai pazienti, deve essere garantita una temperatura minima di 20°C (CM 13011/74);

- gli spogliatoi annessi ai locali a requisiti CEE per lavorazione carni posso-

no essere utilizzati quali locali di acclimatazione (vedi paragrafo "Ambienti industriali").

Negli altri casi, sui Regolamenti Comunali d'Igiene sono (di regola) fissati i requisiti di temperatura minima invernale ( $18^{\circ}\text{C}$ ) e di aerazione forzata da garantire in caso di assenza o carenza di aerazione naturale (normalmente  $n \geq 3$  ma, per gli spogliatoi di impianti sportivi  $Q_s \geq 25$ ).

Non si è reputato utile inserire ulteriori specifiche.

#### e) Servizi igienici

Relativamente ai servizi igienici vanno richiamate le seguenti situazioni peculiari:

- nel campo dell'edilizia scolastica (vedi paragrafo specifico) sono comunque da prevedersi 2,5 ricambi/h anche in presenza di adeguata aerazione naturale, la temperatura va mantenuta sui  $20^{\circ}\text{C}$  ed è raccomandato il controllo della UR nell'intervallo  $45 \div 55\%$  (DM 18/12/75);
- i servizi igienici dell'edilizia ospedaliera devono garantire una temperatura non inferiore a  $20^{\circ}\text{C}$  ed un'aerazione forzata (in assenza di aerazione naturale)  $n \geq 10$  ricambi/h;
- la temperatura estiva dei servizi igienici del comparto lavorazione carni (soltanto per quelli utilizzati dalle maestranze che operano a  $12^{\circ}\text{C}$ ) è opportuno che sia mantenuta ad un valore intermedio tra la temperatura esterna e quella dell'ambiente di lavoro.

Negli altri casi, quando questi locali siano dotati di aerazione naturale e risultino riscaldati nella stagione invernale ( $t \geq 18^{\circ}\text{C}$ , dai Regolamenti Comunali d'Igiene), la presenza di ulteriore impiantistica non è strettamente necessaria.

I Regolamenti Comunali di Igiene, in genere, a fronte di una insufficiente aerazione naturale, prevedono un impianto di ventilazione con caratteristiche differenziate nel caso di funzionamento dell'impianto in continuo o abbinato all'utilizzazione.

Utilizzando i requisiti proposti dalla Provincia di Modena per l'aggiornamento dei Regolamenti Comunali d'Igiene si osserva che per le latrine l'impianto di ventilazione deve garantire:

- con funzionamento continuo: 6 ricambi/h;
- con funzionamento abbinato all'utilizzo e per i 3 minuti successivi: 12 ricambi/h.

Tutta la portata di aria di ventilazione deve essere smaltita all'esterno: è pertanto vietato il ricircolo d'aria.

Nel periodo estivo, qualora si intendano condizionare questi locali si possono utilizzare gli standard termigrometrici della UNI 5104/63.

A chiusura del paragrafo, in **Tabella 18** si riporta il quadro di sintesi degli standard individuati per i locali ausiliari ed i servizi.

**Tabella 18:** Standard prestazionali termoigrometrici e di rinnovo dell'aria individuati per i locali ausiliari ed i servizi.

SETTORE Tipologia dei locali	inverno			vel. aria	estate			Note
	t	UR	ricambi		t	UR	ricambi	
LOCALI AUSILIARI (DM 20/11/81, Reg. Com. d'Igiene, UNI 8852/87, UNI 5104/63 con FA 1/91, prog. di norma CTI 8/32)								
- Autorimesse	*	*	$n \geq 2 + 3$	$\leq 0,30$ (l)	*	*	$n \geq 2 + 3$	.
- Cucine	$\geq 18$ (l)	$35 \div 70$	$Qa \geq 60$	$\leq 0,30$ (l)	$\delta t$	$50 \div 70$	$Qa \geq 60$	
- Refettori	$\geq 18$ (l)	$35 \div 60$	$Qs \geq 35$	$\leq 0,15$	$\delta t$	$50 \div 65$	$Qs \geq 35$	
- Docce, spogliatoi	$\geq 20$	*	$n \geq 3(-a/l)$	$\leq 0,15$	*	*	$n \geq 3(-a/l)$	
- Servizi igienici	$\geq 18$ (l)	*	$n \geq 6 + 12(-a/l)$	$\leq 0,15$	$\delta t$	$50 \div 65$	$n \geq 6 + 12(-a/l)$ (V/l)	

- Note:
- a = in assenza di aerazione naturale;
  - l = valori tipicamente previsti dai Regolamenti Comunali d'Igiene: controllare!
  - $\delta t$  = è ammesso un raffreddamento massimo di 7° C dalla temperatura esterna (vedi DM 18/5/76 o UNI 5104/63);
  - V = ricircolo vietato da fonti legislative;
  - \* = valori non previsti.

## **RIEPILOGO DELLE PRESTAZIONI**

## SINTESI DEI REQUISITI LEGISLATIVI

Col termine di **requisiti prestazionali** per gli impianti RCV si vuol fare riferimento ai parametri ambientali che indirizzano il progettista a dimensionare e scegliere l'impianto, se desumibili da **fonti legislative**. Per quanto riguarda gli impianti RCV, detti parametri possono essenzialmente essere ricondotti a temperatura, umidità relativa, velocità dell'aria, ricambi, filtrazione, ricircolo e rumore.

Se per la temperatura, l'umidità relativa, la velocità dell'aria ed i ricambi, le fonti legislative (\*) affrontano l'argomento in un certo numero di casi, quasi completamente trascurati sono invece gli aspetti della filtrazione, del ricircolo e del rumore.

\*: Il DPR 303/56 ed il DPR 547/55 non sono mai suffragati da requisiti numerici sull'argomento. Questi provvedimenti forniscono comunque **indicazioni vincolanti**, la cui portata non va assolutamente sottovalutata.

Si pensi, ad esempio, alla prescrizione sulla temperatura dei locali chiusi di lavoro (art. 11, DPR 303/56). In caso di "**pregiudizio alla salute dei lavoratori**", con una Costituzione che pone il bene salute al di sopra delle considerazioni economiche, il rispetto di questa o quella legge/norma/raccomandazione perde praticamente ogni valore.

Si pensi, inoltre, alle prescrizioni sulle **finestre apribili**, che il DPR 303/56 (art. 7) definisce necessarie in tutti i locali con postazioni di lavoro fisse.

Altre deduzioni particolarmente importanti sono:

- l'esigenza di garantire il controllo delle emissioni inquinanti prioritariamente con le **aspirazioni localizzate**;
- la **non ammissibilità del ricircolo totale**.

In **Tabella 19** viene riportato il quadro, necessariamente schematico, dei requisiti prestazionali previsti dalle fonti legislative.

Nella lettura della tabella, per la cui comprensione integrale si rimanda al testo precedente, si consideri che per esigenze di spazio si sono utilizzate le seguenti **convenzioni grafiche**:

- le note che si riferiscono al solo parametro sono addossate a questo; quando sono previste più note, esse risultano separate dal simbolo **"/"**;
- quando per uno stesso parametro una sola fonte legislativa prevede un intervallo di valori (es.: UR tra 40 e 60%) o valori diversi per condizioni diverse (es.:  $n \geq 6$  per aerazione continua di WC;  $n \geq 12$  per aerazione intermittente abbinata all'utilizzo), si è utilizzato il simbolo **"÷"**;
- quando su di uno stesso parametro insistono più fonti legislative che definiscono valori diversi per scopi diversi (es.: per i reparti diagnostica  $n \geq 6$  per la CM 13011/74, eventualmente  $n \geq 20$  per la CEI 64-4), si è utilizzato il simbolo **"-"**;
- quando per uno stesso parametro sono individuati più criteri (es.: Qs e n), i criteri risultano collegati dal simbolo **"+"**; in questi casi si privilegerà il criterio più restrittivo.

Si sottolinea che i **requisiti dei ricambi** sono identificati **indipendentemente dal fatto** che gli impianti adottino o meno il **ricircolo**: i parametri indicati in tabella devono pertanto essere sempre rigorosamente rispettati anche nell'eventualità fossero adottati impianti con ricircolo. Inoltre le portate definite (Qs/Qa/n) vanno **garantite sempre**, per l'intero arco dell'anno, anche nei periodi nei quali non sono attivi gli impianti di riscaldamento o refrigerazione.

Infine, poichè tra le **fonti legislative** si sono considerate anche quelle locali

(Regolamenti Comunali d'Igiene e Regolamenti Edilizi) e questi testi **possono differire (\*)**, talvolta in modo sostanziale, da Comune a Comune, se ne raccomanda la consultazione prima di impostare o valutare un progetto.

\*: È da rilevare che i regolamenti locali intervengono su di una materia per la quale esiste riserva dello Stato (art. 4 legge 833/78) a normare per tutelare l'uniformità delle condizioni di salute sull'intero territorio nazionale. Non di meno, nei singoli Comuni, la mancata ottemperanza alle disposizioni di questi regolamenti costituisce pregiudizio al rilascio della **Concessione edilizia** o del **Certificato d'uso**.

Circa la loro differenziazione va evidenziato che esistono Regolamenti locali che identificano standard per ambienti che in questa ricerca non sono stati considerati (ad es.: camere oscure e laboratori scientifici) ed altri che adottano standard diversi da quelli prospettati (ad es.: per i locali ad uso pubblico  $Q_s \geq 30$  indipendentemente se sia ammesso fumare o meno, ricircolo ammissibile sino ad  $1/3$  della  $Q_s$ , controllo di t e UR con valori diversi da quelli di tabella). La *complessità della casistica* non ne ha permesso una sintesi completa; l'unica raccomandazione valida resta pertanto quella della **consultazione dei testi in sede locale**.

Per la presente ricerca si sono utilizzati i valori dei Regolamenti locali aggiornati più ricorrenti in provincia di Modena, anche desunti dagli orientamenti Regionali e Provinciali sulla base dei quali molti Comuni stanno provvedendo all'aggiornamento dei loro testi.

**Tabella 19:** Quadro di sintesi dei requisiti prestazionali da fonti legislative (obblighi da regole tecniche).

SETTORE Tipologia dei locali	inverno		estate		filtraz.	-va-	ric.	dBA
	t	UR	t	UR				
<b>PUBBLICO SPETTACOLO</b> (Rif. leg.: CM 16 del 15/2/51, DM 18/5/76, DM 25/8/89, AdI 17/2/92, Reg. Com. d'Igiene)								
- Sale da ballo								
- Cinematografi					*	≤ 0,15	*	*
- Teatri	18 ÷ 20	40 ÷ 60	δt	40 ÷ 50				
- Sale riunioni					Qs ≥ 20			
- Biblioteche	≥ 20	≥ 30	*	*	Qs ≥ 32	≤ 0,15	*	*
- Sale di lettura								
- Musei								
- Pinacoteche	18 ÷ 20	*	*	*	≈ Qs ≥ 15	(v/l)	*	*
- Gallerie d'arte								
- Sale corsa								
- Atri & a. per fumatori	*	*	*	*	*	(v/l)	*	*
- L. attività sport. & a.	*	*	*	*	*	(v/l)	*	*
- Spogliatoi imp. sport.	*	*	*	*	Qs ≥ 25(-a)	(v/l)	*	*
- Piscine coperte, aree A1	22 ÷ 24	≤ 70	22 ÷ 24	≤ 70	Qa ≥ 20	≤ 0,15	*	≤ 50
- Piscine scoperte, aree B2	24-30(l)	≤ 70	24-30(l)	≤ 70	n ≥ 4	(v/l)	*	≤ 50
	≥ 20	≤ 70	≥ 20	≤ 70	n ≥ 4	(v/l)	*	≤ 50
<b>ATTIVITA' COMMERCIALI</b> (Rif. leg.: Reg. Com. d'Igiene)								
- Supermercati	≥ 18(l)	*	*	*	*	(v/l)	*	*
- Negozi	≥ 18(l)	*	*	*	*	(v/l)	*	*
- Lavanderie	≥ 18(l)	*	*	*	n ≥ 30(e/l)	(v/l)	*	*
<b>EDILIZIA SCOLASTICA</b> (Rif. leg.: DM 18/12/75, Reg. Com. d'Igiene)								
- Scuole materne	• ≥ 20	≈ 45 ÷ 55	*	*	n ≥ 2,5	(v/l)	*	≤ 36 ÷ 40
.....(ud)	• ≥ 20	≈ 45 ÷ 55	*	*	n ≥ 2,5	(v/l)	*	≤ 36 ÷ 40
- Scuole elementari	• ≥ 20	≈ 45 ÷ 55	*	*	n ≥ 3,5	(v/l)	*	≤ 36 ÷ 40
.....(ud)	• ≥ 20	≈ 45 ÷ 55	*	*	n ≥ 5,0	(v/l)	*	≤ 36 ÷ 40
- Scuole medie inferiori	• ≥ 20	≈ 45 ÷ 55	*	*	n ≥ 2,5	(v/l)	*	≤ 36 ÷ 40
(ud)	• ≥ 20	≈ 45 ÷ 55	*	*	n ≥ 2,5	(v/l)	*	≤ 36 ÷ 40
- Scuole medie superiori	• ≥ 20	≈ 45 ÷ 55	*	*	n ≥ 2,5	(v/l)	*	≤ 36 ÷ 40
(ud)	• ≥ 20	≈ 45 ÷ 55	*	*	n ≥ 2,5	(v/l)	*	≤ 36 ÷ 40
- Palestre	• ≥ 20	≈ 45 ÷ 55	*	*	n ≥ 1,5	(v/l)	*	≤ 36 ÷ 40
- Refettori	• ≥ 20	≈ 45 ÷ 55	*	*	n ≥ 1,5	(v/l)	*	≤ 36 ÷ 40
- Ambienti di passaggio	• ≥ 20	≈ 45 ÷ 55	*	*	n ≥ 1,5	(v/l)	*	≤ 36 ÷ 40
- Uffici	• ≥ 20	≈ 45 ÷ 55	*	*	n ≥ 1,5	(v/l)	*	≤ 36 ÷ 40
- Servizi igienici	• ≥ 20	≈ 45 ÷ 55	*	*	n ≥ 2,5-6 ÷ 12(-a/l)	*	V(l)	≤ 36 ÷ 40



EDILIZIA OSPEDALIERA (Rif. leg.: CM 13011/74, CEI 64-4)									
- Degenze in genere	* $\geq 20$	*	*	$n \geq 2$	F/S	$\leq 0,15$	*		*
- Degenze bambini	$\bullet \geq 20$	*	*	$n \geq 3$	F/S	$\leq 0,15$	*		*
- Isolamento (malatt. infettive)	$\bullet \geq 20$	*	*	$n \geq 12$	F/S	$\leq 0,15$	*		*
- Reparti diagnostica	$\bullet \geq 20$	*	*	$n \geq 6-20$	F/S	$\leq 0,15$	V		*
- Reparti speciali	$\bullet \geq 20$	$\approx \delta t$	*	$n \geq 6-20$	F/S	$\leq 0,15$	V		*
- Sale operatorie	$\bullet \geq 20$	$\approx \delta t$	*	$n \geq 6-20$	F/S	$\leq 0,15$	V		*
- Soggiorni	$\geq 20$	*	*	Qs $\geq 30$	*	$\leq 0,15$	*		*
- Disimpegni	$\geq 20$	*	*	$n \geq 10(-a)$	*	$\leq 0,15$	V(l)		*
- Servizi igienico-sanitari	$\geq 20$	*	*		*	$\leq 0,15$	V(l)		*
AMBIENTI INDUSTRIALI (Rif. leg.: Reg. Com. d'Igiene, direttive 91/497/CEE e 92/5/CEE)									
- In generale	$\bullet \geq 16(l)$	*	*	*	*	(v/l)	*		*
- Camere bianche del biomedicale	$\bullet \geq 16(l)$	*	*	*	*	(v/l)	*		*
- Prod. alimentari e bevande	$\bullet \geq 16(l)$	*	*	$*-n \geq 5(l)$	*	(v/l)	*		*
- Lavorazioni carni CEE	$\leq 12$	*	*	$*-n \geq 5(l)$	*	(v/l)	*		*
- Archivi, magazzini, depositi	$\bullet \geq 16(l)$	*	*	*	*	(v/l)	*		*
- Ambulatori, camere medicaz.	$\geq 18(l)$	*	*	*	*	(v/l)	*		*
UFFICI (Rif. leg.: Reg. Com. d'Igiene)									
- Uffici, box-ufficio	$\geq 18(l)$	*	*	*	*	(v/l)	*		*
LOCALI AUSILIARI E SERVIZI (Rif. leg.: DM 20/11/81, Reg. Com. d'Igiene)									
- Autorimesse	$\bullet \geq 16(l)$	*	*	$n \geq 2 \div 3$	*	(v/l)	*		*
- Cucine	$\geq 18(l)$	*	*	*	*	(v/l)	*		*
- Refettori	$\geq 18(l)$	*	*	*	*	(v/l)	*		*
- Docce, spogliatoi	$\geq 18(l)$	*	*	$n \geq 3(-a/l)$	*	*	*		*
- Servizi igienici	$\geq 18(l)$	*	*	$n \geq 6 \div 12(-a/l)$	*	*	V(l)		*
- Note:									
-a =	in assenza di aerazione naturale;								
ca/ci =	condizionamento solo invernale (ci) o anche estivo (ca);								
$\delta t$ =	è ammesso un raffreddamento massimo di 7°C dalla temperatura esterna (vedi DM 18/5/76 o UNI 5104/63);								
e =	aerazione forzata di emergenza;								
f/-f =	locali per fumatori (f)/locali ove è vietato fumare (-f);								
F/S =	è richiesto (qualitativamente) un trattamento di filtrazione ed eventuale sterilizzazione;								
l =	valori tipicamente previsti dai Regolamenti Comunali d'Igiene: controllare!								
ud =	locali ad uso didattico;								
v =	in ogni postazione fissa di lavoro va $\leq 0,30$ m/s (valore tipicamente derivato dai Reg. Com. d'Igiene);								
V =	ricircolo vietato;								
$\bullet$ =	temperatura fissata fatte salve particolari specifiche esigenze;								
$\approx$ =	parametro di cui è raccomandato il controllo in modo quantitativo;								
* =	valori non previsti.								

## SINTESI DEGLI STANDARD PRESTAZIONALI

Questo capitolo riporta, sotto forma di tabella, il riepilogo degli **standard prestazionali** individuati dal Gruppo di Lavoro sulla base delle considerazioni esposte precedentemente.

Non è stato facile decidere l'inserimento in testo di questa tabella, soprattutto per la preoccupazione di possibili interpretazioni errate dei valori presentati al di fuori del contesto che li ha maturati.

Si è comunque deciso di privilegiare l'aspetto pratico del veder ricondotta a sintesi l'intera problematica, confidando nell'uso esperto che ne faranno i destinatari dell'opuscolo.

In estrema sintesi si potrebbe sostenere che **gli obblighi** al controllo dei parametri termoigrometrici e/o di purezza dell'aria a stretti termini di legge sono quelli **indicati in Tabella 19**.

La tabella che segue (**Tabella 20**), invece, parte dai requisiti legislativi, li interpreta ed li integra sulla base di una lettura riflettuta, condivisa ed attuale delle **normative di buona tecnica**.

In altri termini: all'atto della progettazione o della valutazione di un impianto RCV, le norme di buona tecnica vincolano o indirizzano ai valori di **Tabella 20**.

Gli **standard** individuati, pur essendo quasi sempre desunti da leggi e norme per il mantenimento del comfort e della purezza dell'aria del pubblico o dei visitatori e da leggi e norme per la qualità del prodotto o del servizio, possono essere ritenuti **generalmente validi anche per la tutela della salute dei lavoratori**.

Anche nella lettura di questa tabella, per la cui comprensione integrale si rimanda all'intero testo precedente, si tenga conto del fatto che per esigenze di spazio si sono utilizzate le **convenzioni grafiche** della tabella precedente. Inoltre, i parametri evidenziati in grassetto derivano direttamente da fonti legislative nazionali o locali (vedi **Tabella 19**).

Infine, è opportuno ribadire che:

- **gli standard dei ricambi sono identificati indipendentemente dal fatto che gli impianti adottino o meno il ricircolo;**
- **le portate definite vanno garantite anche nei periodi nei quali non sono attivi gli impianti di riscaldamento o refrigerazione;**
- **le classi EU indicate per i filtri sono da considerarsi orientative e non prendono in considerazione l'ipotesi di ricircolo d'aria in caso di presenza di fumo di sigaretta (nel qual caso  $EU \geq 8 \div 9$ );**
- **la consultazione dei Regolamenti locali (Edilizio e di Igiene) è sempre doverosa prima di impostare o valutare un progetto.**

Tabella 20: Quadro di sintesi degli standard prestazionali identificati.

SETTORE Tipologia dei locali	inverno		estate		rinnovi	filtraz.	-va-	ric.	dBA
	t	UR	t	UR					
<b>PUBBLICO SPETTACOLO</b>									
- Sale da ballo									
- Cinematografi									
- Teatri	(f)	40 ÷ 60	δt	40 ÷ 50	$Q_s \geq 30 \div 50 + n \geq 1$	EU 3 ÷ 5	$\leq 0,15$	S	Lc-Lf
- Sale riunioni									
- Biblioteche									
- Sale di lettura	(-f)	40 ÷ 60	δt	40 ÷ 50	$Q_s \geq 15 \div 25 + n \geq 1$	EU 3 ÷ 5	$\leq 0,15$	A	Lc-Lf
- Musei									
- Pinacoteche									
- Gallerie d'arte									
- Sale corsa									
- Atri & a. per fumatori		40 ÷ 60	δt	40 ÷ 50	$Q_a \geq 50$	EU 3 ÷ 5	$\leq 0,15$	S	Lc-Lf
- L. attività sport. & a.		*	*	*	$Q_s \geq 30 \div 50 + n \geq 1$	EU 3 ÷ 5	$\leq 0,15$	A	Lc-Lf
- Spogliatoi imp. sport.		*	*	*	$Q_s \geq 25(-a)$	*	$\leq 0,15$	S	Lc-Lf
- Piscine coperte, aree A1		$\leq 70$	22 ÷ 24	$\leq 70$	$Q_a \geq 20$	EU 3 ÷ 5	$\leq 0,10 \div 0,15$	A	$\leq 50$
- Piscine coperte, aree A2		$\leq 70$	24 ÷ 30(l)	$\leq 70$	$n \geq 4$	EU 3 ÷ 5	$\leq 0,15$	S	$\leq 50$
- Piscine scoperte, aree B2		$\leq 70$	$\geq 20$	$\leq 70$	$n \geq 4$	EU 3 ÷ 5	$\leq 0,15$	S	$\leq 50$
<b>ATTIVITA' COMMERCIALI</b>									
- Supermercati		35 ÷ 60	δt	40 ÷ 50	$Q_s \geq 15 \div 25 + n \geq 1$	EU 3 ÷ 6	$\leq 0,15$	A	Lc-Lf
- Negozi		35 ÷ 60	δt	40 ÷ 50	$Q_s \geq 15 \div 25 + n \geq 1$	EU 3 ÷ 6	$\leq 0,15$	A	Lc-Lf
- Lavanderie		35 ÷ 60	δt	40 ÷ 50	$Q_s \geq 15 \div 25 + n \geq 1 + n \geq 30(e/f)$	EU 3 ÷ 5	$\leq 0,15$	S	Lc-Lf
<b>EDILIZIA SCOLASTICA</b>									
- Scuole materne .....(ud)		45 ÷ 55	δt	50 ÷ 65	$n \geq 2,5$	EU 6 ÷ 8	$\leq 0,15$	A	$\leq 36 \div 40$
- Scuole elementari .....(ud)		45 ÷ 55	δt	50 ÷ 65	$n \geq 2,5$	EU 6 ÷ 8	$\leq 0,15$	A	$\leq 36 \div 40$
- Scuole medie inferiori .....(ud)		45 ÷ 55	δt	50 ÷ 65	$n \geq 3,5$	EU 5 ÷ 6	$\leq 0,15$	A	$\leq 36 \div 40$
- Scuole medie superiori .....(ud)		45 ÷ 55	δt	50 ÷ 65	$n \geq 5,0$	EU 5 ÷ 6	$\leq 0,15$	A	$\leq 36 \div 40$
- Palestre		45 ÷ 55	δt	50 ÷ 65	$n \geq 2,5$	EU 3 ÷ 5	$\leq 0,15$	A	$\leq 36 \div 40$
- Refettori		45 ÷ 55	δt	50 ÷ 65	$n \geq 2,5$	EU 3 ÷ 5	$\leq 0,15$	S	$\leq 36 \div 40$
- Ambienti di passaggio		45 ÷ 55	δt	50 ÷ 65	$n \geq 1,5$	EU 3 ÷ 5	$\leq 0,15$	A	$\leq 36 \div 40$
- Uffici		45 ÷ 55	δt	50 ÷ 65	$n \geq 1,5$	EU 3 ÷ 5	$\leq 0,15$	A	$\leq 36 \div 40$
- Servizi igienici		45 ÷ 55	δt	50 ÷ 65	$n \geq 2,5-6 \div 12(-a/l)$	EU 3 ÷ 5	$\leq 0,15$	V(l)	$\leq 36 \div 40$

<b>EDILIZIA OSPEDALIERA</b>									
- Degenze in genere	• $\geq 20$	35 ÷ 45	$\delta t$	50 ÷ 65	$n \geq 2$	EU 7 ÷ 8	$\leq 0,15$	S	Lc-Lf
- Degenze bambini	• $\geq 20$	35 ÷ 45	$\delta t$	50 ÷ 65	$n \geq 3$	EU 7 ÷ 8	$\leq 0,15$	S	Lc-Lf
- Isolamento (malatt. infettive)	• $\geq 20$	35 ÷ 45	$\delta t$	50 ÷ 65	$n \geq 12$	EU 8 ÷ 12	$\leq 0,15$	S	Lc-Lf
- Reparti diagnostica	• $\geq 20$	50-60	$\delta t$	50 ÷ 65	$n \geq 6-20$	EU 7 ÷ 8	$\leq 0,15$	S	Lc-Lf
- Reparti speciali	• $\geq 20$	50-60	$\delta t$	50 ÷ 65	$n \geq 6-20$	EU 8 ÷ 12	$\leq 0,15$	V	Lc-Lf
- Sale operatorie	• $22 \div 24$	50-60	24 ÷ 26	50-60	$n \geq 20$	EU 10 ÷ 12	$\leq 0,15$	V	Lc-Lf
- Soggiorni	$\geq 20$	35 ÷ 45	$\delta t$	50 ÷ 65	$Q_s \geq 30$	EU 7 ÷ 8	$\leq 0,15$	A	Lc-Lf
- Disimpegni	$\geq 20$	35 ÷ 45	$\delta t$	50 ÷ 65	$Q_s \geq 15 \div 25 + n \geq 1$	EU 7 ÷ 8	$\leq 0,15$	A	Lc-Lf
- Servizi igienico-sanitari	$\geq 20$	35 ÷ 60	$\delta t$	50 ÷ 65	$n \geq 10(-a)$	EU *	$\leq 0,15$	V(l)	Lc-Lf
<b>AMBIENTI INDUSTRIALI</b>									
- In generale	• $\geq 16(l)$	30 ÷ 70	$\delta t$	50 ÷ 65	$Q_s \geq 15 \div 40 + n \geq 0,5$	EU 3 ÷ 5	$\leq 0,30(l)$	S	Lc-Lf
- Camere bianche del biomedicale	20 ÷ 25	35 ÷ 65	20 ÷ 25	35 ÷ 65	$Q_s \geq 15 \div 40 + n \geq 0,5$	EU 10 ÷ 14	$\leq 0,30(l)$	A	Lc-Lf
- Prod. alimentari e bevande	• $\geq 16(l)$	30 ÷ 70	$\delta t$	50 ÷ 65	$Q_s \geq 15 \div 40 + n \geq 0,5-5(0)$	EU 5 ÷ 9	$\leq 0,30(l)$	A	Lc-Lf
- Lavorazioni carni CEE	• $\leq 12$	30 ÷ 70	$\leq 12$	30 ÷ 70	$Q_s \geq 15 \div 40 + n \geq 0,5-5(0)$	EU 5 ÷ 7	$\leq 0,15$	A	Lc-Lf
- Archivi, magazzini, depositi	• $\geq 16(l)$	30 ÷ 70	$\delta t$	50 ÷ 65	$Q_s \geq 15 \div 40 + n \geq 0,5$	EU 2 ÷ 3	$\leq 0,30(l)$	A	Lc-Lf
- Ambulatori, camere medicaz.	$\geq 20$	35 ÷ 45	$\delta t$	50 ÷ 65	$n \geq 2$	EU 7 ÷ 8	$\leq 0,15$	S	Lc-Lf
<b>UFFICI</b>									
- Uffici, box-ufficio	$\geq 18(l)$	35 ÷ 60	$\delta t$	50 ÷ 65	$Q_s \geq 15-25 + n \geq 1$	EU 3 ÷ 5	$\leq 0,15$	A	Lc-Lf
<b>LOCALI AUSILIARI</b>									
- Autorimesse	*	*	*	*	$n \geq 2 \div 3$	EU 2 ÷ 3	$\leq 0,30(l)$	S	Lc-Lf
- Cucine	$\geq 18(l)$	35 ÷ 70	$\delta t$	50 ÷ 70	$Q_a \geq 60$	EU 3 ÷ 5	$\leq 0,30(l)$	S	Lc-Lf
- Refettori	$\geq 18(l)$	35 ÷ 60	$\delta t$	50 ÷ 65	$Q_s \geq 35$	EU 3 ÷ 5	$\leq 0,15$	S	Lc-Lf
- Docce, spogliatoi	$\geq 20$	*	*	*	$n \geq 3(-a/l)$	EU *	$\leq 0,15$	S	Lc-Lf
- Servizi igienici	$\geq 18(l)$	*	$\delta t$	50 ÷ 65	$n \geq 6 \div 12(-a/l)$	*	$\leq 0,15$	V(l)	Lc-Lf

- Note:  
 -a = in assenza di aerazione naturale;  
 $\delta t$  = è ammesso un raffreddamento massimo di 7°C dalla temperatura esterna (vedi DM 18/5/76 o UNI 5104/63);  
 e = aerazione forzata di emergenza;  
 EU = classe EUROVENT dei filtri (è riportata a titolo indicativo);  
 f/-f = locali per fumatori (f)/locali ove è vietato fumare (-f);  
 l = valori tipicamente previsti dai Regolamenti Comunali d'Igiene: controllare!  
 Lc-Lf = metodo della UNI 8199/81, basato sul confronto del rumore ambientale (con l'impianto attivato) col rumore di fondo;  
 ud = locali ad uso didattico;  
 v = in ogni postazione fissa di lavoro va  $\geq 0,30$  m/s (valore tipicamente derivato dai Reg. Com. d'Igiene)

V/S/A = ricalcolo vietato da fonte legislativa (V)/generalmente sconsigliato (S)/generalmente ammissibile (A);  
 • = temperatura fissata fatte salve particolari specifiche esigenze;  
 \* = valori non previsti.

## **GLOSSARIO**

Si è ritenuto opportuno inserire questo breve glossario per la persistente disomogeneità nella terminologia corrente.

Le definizioni e le puntualizzazioni che seguono richiamano il significato attribuito ad alcuni termini fondamentali e generali nella presente pubblicazione.

### **Aerazione forzata**

Processo di immissione, estrazione ovvero entrambi, in uno spazio confinato, ottenuto con impianti meccanici. Si differenzia dalla ventilazione perchè non prevede la filtrazione dell'aria in ingresso.

Si distingue un'aerazione forzata GENERALE ed una LOCALIZZATA (normalmente detta: aspirazione localizzata).

In linea di massima è necessario ricorrere ad un impianto di aerazione generale forzata:

- quando il rapporto aerante è insufficiente e non esiste la possibilità concreta di adeguarsi ai requisiti di aerazione naturale;
- quando ci sono inquinanti diffusi (a bassa tossicità) e non è possibile ricorrere alla aspirazione localizzata;
- quando sono richiesti parametri certi di qualità dell'aria (rinnovo o filtrazione/depurazione).

### **Aerazione naturale**

Processo di agitazione e/o circolazione con rinnovo dell'aria in uno spazio confinato, ottenuto da una superficie aperta direttamente sull'esterno (superficie aerante o superficie finestrata apribile).

A meno che non sia richiesto diversamente dalle necessità della lavorazione, è vietato adibire a lavori continuativi i locali chiusi che non abbiano aperture sufficienti per un rapido ricambio dell'aria.

### **Aspirazione localizzata**

Processo di aerazione forzata localizzata (vedi), più spesso di sola estrazione, con la cappa aspirante collocata a ridosso della sorgente inquinante.

### **Condizionamento (o Climatizzazione)**

Mantenimento nel tempo in un ambiente confinato di predeterminate condizioni termoigrometriche e di purezza dell'aria indipendentemente dal macroclima, dalle sue oscillazioni e dalle contaminazioni atmosferiche.

Il condizionamento si realizza attraverso il controllo simultaneo di tre parametri: temperatura, umidità e purezza dell'aria (quest'ultima intesa come ricambi e, quando previsto, filtrazione e/o depurazione).

Si può distinguere un condizionamento invernale ed uno estivo se la capacità impiantistica del controllo della temperatura è limitata al riscaldamento o al raffreddamento. Le Norme UNI 8852/87 sugli impianti per gli edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali introducono la classificazione di climatizzazione dell'aria per il benessere delle persone (nella stagione invernale); nel merito non appaiono evidenti distinzioni sostanziali col concetto di condizionamento (invernale).

### **Depurazione**

Azione di purificazione dell'aria dagli inquinanti aerodispersi non particolati.

**Filtrazione**

Azione di separazione per mezzo di filtri di cattura delle particelle liquide o solide aerodisperse.

**Impianti aeraulici**

Questa definizione, introdotta nel foglio di aggiornamento FA 1 delle Norme UNI 5104/63, è da intendersi genericamente estensibile a tutti gli impianti adibiti al trattamento ed alla movimentazione dell'aria.

**Impianto di condizionamento**

Impianto capace di soddisfare al controllo di tutti i parametri relativi al condizionamento dell'aria.

**Legislazione (o Regole tecniche)**

Specificata di carattere obbligatorio emessa da organi con potestà legislativa. Essa può avere validità comunitaria (essenzialmente: risoluzioni CEE), nazionale (leggi, DPR, DLgs, DM...), regionale (leggi, DPGR...) o locale (essenzialmente: Regolamento Comunale d'Igiene e Regolamento Edilizio).

**Normative (o Norme tecniche)**

Specifiche tecniche di carattere consensuale che definiscono le caratteristiche richieste di un prodotto tenendo conto del livello tecnologico del momento. Sono elaborate col concorso di tutte le parti tecniche interessate ed approvate e pubblicate da un organismo riconosciuto (Ente Normatore). Le norme UNI e CEI hanno validità nazionale, le norme CEN e CENELEC hanno validità "europea", le norme ISO e IEC hanno validità internazionale.

**Notifica**

Obbligo, che risiede sull'azienda, a segnalare (al SMPIL della USL locale) l'intendimento di provvedere ad una ristrutturazione o alla realizzazione di un nuovo insediamento produttivo qualora siano interessati 4 o più addetti (art.48, DPR 303/56).

**Raffreddamento (o Raffrescamento o Refrigerazione)**

Mantenimento della temperatura di uno spazio chiuso a livelli inferiori di quelli esterni.

**Rapporto aerante**

Rapporto tra la superficie aerante (vedi) e la superficie in pianta di un determinato locale. I Regolamenti comunali di Igiene fissano (normalmente) dei requisiti minimi di rapporto aerante (talvolta detto rapporto ventilante) che oscillano tra 1/8 e 1/20 in relazione alla destinazione d'uso. Il valore più ricorrente è di 1/16.

**Refrigerazione:** vedi **Raffreddamento**

**Regole tecniche:** vedi **Legislazione**

**Ricambio:** vedi **Rinnovo**

**Ricircolo**

Ripresa di parte dell'aria estratta dal locale (o dai locali) che, previo ritrattamento, viene reimpressa nel o nei locali.

Il ricircolo dell'aria consente un contenimento dei costi di gestione. A fronte di ciò si determina un aumentato rischio per la salute di chi lavora in quegli ambienti, principalmente in relazione al possibile arricchimento in concentrazione degli inquinanti.

L'aria dei locali chiusi di lavoro deve essere convenientemente e frequentemente rinnovata (art. 9, DPR 303/56): il ricircolo non può mai essere totale.

### **Rinnovo (o Ricambio)**

Sostituzione dell'aria di un ambiente confinato con altra presa dall'esterno.

### **Riscaldamento**

Mantenimento della temperatura di uno spazio chiuso a livelli maggiori di quelli esterni.

### **Superficie aerante (o Superficie finestrata apribile)**

Somma delle porzioni degli involucri deputate in modo esclusivo a mettere in diretto collegamento uno spazio confinato con l'esterno. A meno che non sia richiesto diversamente dalle necessità della lavorazione, è vietato adibire a lavori continuativi i locali chiusi che non dispongano di aperture sufficienti per un rapido ricambio dell'aria (art. 7, DPR 303/56).

Le superfici aeranti devono essere collocate su più pareti in modo da favorire il "lavaggio" dell'ambiente.

### **Termoventilazione**

Mantenimento nel tempo in un ambiente confinato di predeterminate condizioni termiche e di purezza dell'aria indipendentemente dal macroclima, dalle sue oscillazioni e dalle contaminazioni atmosferiche.

La termoventilazione si realizza attraverso il controllo simultaneo di due parametri: temperatura e purezza dell'aria (quest'ultima intesa come ricambi e, quando previsto, filtrazione e/o depurazione).

Si può distinguere una termoventilazione estiva da una invernale se la capacità impiantistica del controllo della temperatura è limitata al riscaldamento o al raffreddamento.

### **Trattamento dell'aria**

È un termine generico che indica uno o più dei processi fisico-chimici capaci di ottenere determinate condizioni termoigrometriche e/o di purezza dell'aria di uno spazio confinato. Tali processi sono: filtrazione, depurazione, riscaldamento, raffreddamento, umidificazione, deumidificazione.

### **Unità di misura e grandezze**

Si riportano in tabella le grandezze fisiche ed i parametri utilizzati nel testo con i rispettivi simboli ed unità di misura adottati.

Alcune unità di misura sono di fatto derivate dal Sistema Tecnico anziché dal Sistema Internazionale, soprattutto per la consuetudine d'uso nell'attuale letteratura tecnica.

Grandezza fisica o Parametro	Simbolo	Unità di misura adottate	Unità di misura SI
- Area o superficie	A	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
- Concentrazione	-	mg (peso)/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>
- Dispendio energ. metabolico	M	met (1)	W/m <sup>2</sup>
- Portata d'aria	Q	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /s
- Portata d'aria per m <sup>2</sup>	Qa	m <sup>3</sup> /h m <sup>2</sup>	-
- Portata d'aria specifica	Qs	m <sup>3</sup> /h pers.	-
- Potenza termica	-	kcal/h (2)	W
- Pressione	pa	Pa	Pa
- Rendimento, efficienza	μ	%	%
- Resist. termica vestiario	Icl	clo (3)	m <sup>2</sup> K/W
- Ricambi orari	n	1/h	1/s
- Superficie disponibile	-	m <sup>3</sup> /pers.	-
- Temperatura	t	°C	K
- Temp.media radiante	t <sub>mr</sub>	°C	K
- Umidità relativa	UR	%	%
- Velocità dell'aria	va	m/s	m/s
- Volume	V	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
- Volume disponibile	-	m <sup>3</sup> /pers.	-

- Note (1): 1 met = 58 W/m<sup>2</sup>  
(2): 1 W = 0,86 kcal/h  
(3): 1 clo = 0,155 m<sup>2</sup>°C/W

### Ventilazione

Mantenimento nel tempo in un ambiente confinato di predeterminate condizioni di purezza dell'aria (indipendentemente dal macroclima, dalle sue oscillazioni e dalle contaminazioni atmosferiche) attraverso il rinnovo ed il contestuale trattamento di filtrazione e/o depurazione.



## BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- AA.VV., "Aggiornamenti in medicina del lavoro n. 54", Ed. Regione Emilia-Romagna, Bologna 1987
- AA.VV., "Aspetti energetici delle bonifiche ambientali con particolare riferimento agli insediamenti produttivi", Ed. ERVET e Regione Emilia-Romagna, Bologna 1985
- AA.VV., "Camere bianche. Introduzione alla Camera Bianca. Filtrazione dell'aria e relativo controllo della portata", Ed. AAF-American Air Filter, Milano 1990
- AA.VV., "Comparto ospedaliero: prevenzione dei rischi elettrici e da anestetici nelle sale operatorie", Collana Contributi n. 14, Ed. Regione Emilia-Romagna, Ferrara 1985
- AA.VV., "Considerazioni ergonomiche", Lavoro Sicuro, anno XV, numero 10/88, Ed. EST, Milano 1988
- AA.VV., "INQINDOOR '89: l'inquinamento dell'aria negli ambienti interni", Ed. Comune e Provincia di Milano, Milano 1990
- AA.VV., "Industrial ventilation", Ed. ACGIH, Cincinnati 1988
- AA.VV., "L'ambiente fisico (termico, luminoso, sonoro)", Ed. LSI, Settala-Premenugo (MI) 1989
- AA.VV., "La sicurezza nelle operazioni di manutenzione", Ed. CSAO, Torino 1991
- AA.VV., "Manuale tecnico e pratico per la scelta degli impianti", Ed. Ventilazione industriale, Lissone (MI) 1991
- AA.VV., "Regolamento Comunale d'Igiene; schema tipo per l'adozione da parte dei Consigli Comunali", Ed. Provincia di Modena, Modena 1988
- AA.VV., "Regolamento Comunale d'Igiene; schema tipo per l'adozione da parte dei Consigli Comunali", Ed. Regione Emilia Romagna, Bologna 1984
- C.Arcari, O.Nicolini et al., "Ventilazione e depurazione dell'aria negli ambienti di lavoro: il ricircolo dell'aria", Ed. Regione Emilia-Romagna, Reggio Emilia 1991
- A.Baglioni e S.Piardi, "Costruzioni e salute", Ed. Franco Angeli, Milano 1990
- E.Bortolotti e A.Boccolari, "Condizionamento dell'aria negli edifici", Quaderni di tecniche di protezione ambientale n.13, Ed. Pitagora, Bologna 1989
- A.Briganti, "Il controllo del rumore negli ambienti civili e industriali", Ed. Tecniche Nuove, Milano 1981
- A.Briganti, "Il condizionamento dell'aria", Ed. Tecniche Nuove, Milano 1982
- A.Cavallini, "Progettazione di impianti di climatizzazione con esigenze particolari negli ambienti ospedalieri e nelle strutture sportive", Ed. AERMEC, 1991

- CTI Comitato Termotecnico Italiano, "Impianti aeraulici al fine di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Norme per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine, la fornitura", Riv. La Termotecnica, ottobre 1992
- M.Cosa, "Rumore e Vibrazioni", Ed. Maggioli, Rimini 1990
- V. Foà e A. Grieco, Atti del 53° Congresso di Medicina del Lavoro - Stresa: "La salute nel lavoro d'ufficio", Ed. Monduzzi, Bologna 1990
- F.Gobbato, "Il comfort termico. Riflessi sulla salute dell'uomo del condizionamento dell'aria", Ed. Federazione Medica, Roma 1984
- F.Gobbato, "Patologia da agenti fisici", Ed. Calderini, Bologna 1976
- F.Gugliermetti, "Commento alle norme sui requisiti fisico tecnici per costruzioni ospedaliere", Riv. Tecnica Ospedaliera n.11/1976
- C.M.Harris, "Manuale di controllo del rumore", Ed. Tecniche Nuove, Milano 1983
- R.Malfa, "La proposta di legge sul fumo: implicazioni tecnologiche su ventilazione, condizionamento e depurazione", Ed. Landis & Gyr, Milano 1992
- M.Maroni, "Qualità dell'aria e lavoro d'ufficio: recenti acquisizioni e prospettive", Atti 53° Congresso nazionale Soc. It. Med. Lav. Ig. Ind., Ed. Monduzzi, Bologna 1990
- O.Nicolini, "Aspetti normativi dell'acustica ambientale" in: Tecniche di protezione ambientale, Ed. Pitagora, Bologna 1984
- O.Nicolini, "Rumore industriale: aspetti fisici, biologici, legislativi e preventivi", Ed. USL 16 Modena, Modena 1984
- S.Piardi, "Le norme e l'inquinamento dell'aria interna", Atti del Seminario [Qualità dell'aria negli uffici: salute e benessere], Ed. Fiera di Milano, Milano 1990
- C.Pizzetti, "Condizionamento dell'aria e refrigerazione", Ed. Masson Italia, Milano 1989
- H.Reinhardt, "Air filtration: an element in solving indoor air problems", Riv. Australian Refrigeration Air Conditioning and Heating, settembre 1991
- R.Ruggeri, "Microclima degli ambienti civili ed industriali", Ed. CLUP, Milano 1981
- J.Scherrer et al., "Precis de physiologie du travail - Notions d'ergonomie", Ed. Masson, Paris 1981
- I.Sharland, "L'attenuazione del rumore", Ed. Woods Italiana, Milano 1980
- U.Zambonini, A.Cuccurrese, S.Bergomi: "Aspetti sanitari relativi agli stabilimenti di macellazione e di produzione di prodotti a base di carne" Volume II, Ed. CCIAA, Reggio Emilia 1990