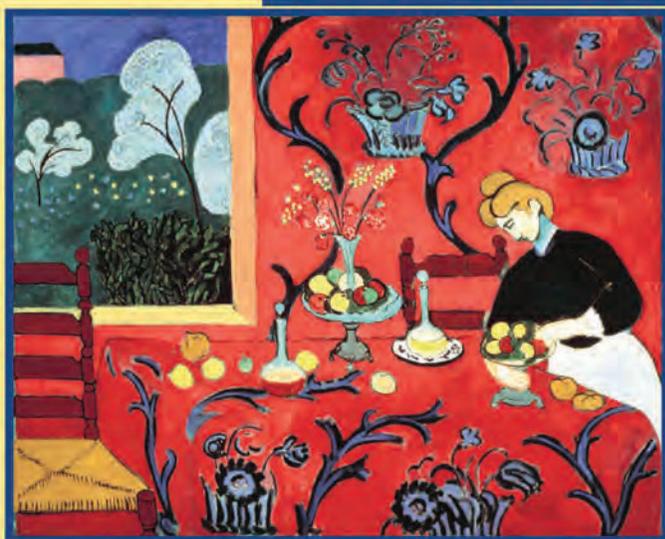


# QUALITÀ GLOBALE DELL'AMBIENTE INTERNO

*Un nuovo approccio alla progettazione  
e alla gestione degli edifici nel rispetto  
della sostenibilità in edilizia*



# INDICE

Presentazione .....	VII
Autori .....	IX
<b>Parte 1 - La qualità dell'aria interna</b>	
<b>Capitolo 1 - Sintesi degli aspetti teorici .....</b>	<b>3</b>
1.1 - Introduzione .....	3
1.2 - La qualità dell'aria .....	4
1.3 - I contaminanti .....	4
1.4 - Il contenimento dei contaminanti .....	6
1.5 - La classificazione della qualità dell'aria .....	6
<b>Capitolo 2 - Normativa e legislazione .....</b>	<b>9</b>
2.1 - Introduzione .....	9
2.2 - Le Linee Guida per la tutela della salute negli ambienti confinati .....	9
2.3 - Il Piano Nazionale Radon .....	11
2.4 - I documenti legislativi .....	11
2.5 - Le norme .....	12
2.6 - I documenti normativi e legislativi sulla pulizia e sulla manutenzione degli impianti aeraulici .....	13
<b>Capitolo 3 - Valori limite .....</b>	<b>15</b>
3.1 - Introduzione .....	15
3.2 - Le unità di misura .....	15
3.3 - I valori limite di esposizione in ambiente .....	16
3.4 - I valori limite dei contaminanti nelle condotte aerauliche .....	18
<b>Capitolo 4 - La misura della qualità dell'aria interna .....</b>	<b>21</b>
4.1 - Introduzione .....	21
4.2 - Definizioni .....	21
4.3 - La strumentazione per la misura .....	21
4.4 - La procedura di misurazione .....	23
	XI

Capitolo 5 - <b>Valutazione soggettiva della qualità dell'aria interna</b> .....	25
5.1 - Introduzione .....	25
5.2 - I questionari per le analisi soggettive .....	25
Capitolo 6 - <b>Monitoraggio microbiologico per la valutazione della qualità dell'aria</b> .....	29
6.1 - Introduzione .....	29
6.2 - Il monitoraggio microbiologico in ambiente .....	29
6.2.1 - Le tecniche di campionamento .....	30
6.2.2 - Gli indici della qualità microbiologica dell'aria .....	31
6.2.3 - Gli aspetti tecnici del campionamento e dell'analisi .....	31
6.2.4 - La relazione finale .....	32
6.2.5 - L'interpretazione dei risultati .....	32
6.3 - La manutenzione degli impianti aeraulici ai fini della qualità dell'aria in ambiente .....	32
6.3.1 - Il protocollo di indagine .....	34
6.3.2 - Gli interventi manutentivi .....	35
Capitolo 7 - <b>Interventi migliorativi</b> .....	37
7.1 - Introduzione .....	37
7.2 - L'eliminazione delle fonti .....	37
7.3 - La rimozione dei contaminanti alla fonte .....	38
7.4 - La diluizione dei contaminanti mediante rinnovo dell'aria .....	39
7.5 - Altri interventi .....	39
Capitolo 8 - <b>Aspetti impiantistici</b> .....	41
8.1 - Introduzione .....	41
8.2 - Le tipologie di impianti per l'ottenimento di una adeguata IAQ .....	41
8.3 - Le caratteristiche dei sistemi di ventilazione .....	42
8.4 - Il dimensionamento dei sistemi di ventilazione .....	44
Capitolo 9 - <b>Aspetti energetici</b> .....	47
9.1 - Introduzione .....	47
9.2 - Il caso dell'edilizia residenziale .....	48
9.3 - Il caso dell'edilizia commerciale e terziaria .....	49
9.4 - Il fabbisogno termico per il rinnovo dell'aria .....	50
Capitolo 10 - <b>Casi di studio</b> .....	53
10.1 - La qualità dell'aria in un appartamento a Ferrara Esiti di attività di monitoraggio .....	53
10.2 - Il controllo della qualità dell'aria in un edificio universitario a Venezia .....	55
10.3 - Un'analisi di qualità dell'aria in alcune scuole del sud Italia .....	56
Glossario .....	59
Simbologia .....	62
Bibliografia .....	64

## Parte 2 - Il comfort termico

Capitolo 1 - <b>Sintesi degli aspetti teorici</b> .....	71
1.1 - Introduzione .....	71

1.2 - Cenni di termoregolazione del corpo umano .....	71
1.3 - Il bilancio di energia sul corpo umano .....	73
1.4 - L'ambiente termico .....	74
1.5 - Il comfort termico .....	74
1.5.1 - Il comfort globale e gli indici PMV e PPD .....	75
1.5.2 - Il discomfort locale .....	78
1.6 - La classificazione degli ambienti termici .....	80
1.7 - L'indice PMV e gli indici di discomfort locale come strumento progetto e di verifica .....	81
<b>Capitolo 2 - Normativa</b> .....	83
2.1 - Introduzione .....	83
2.2 - La Norma UNI EN ISO 7730 .....	83
2.3 - La Norma UNI EN ISO 8996 .....	84
2.4 - La Norma UNI EN ISO 9920 .....	85
2.5 - La Norma UNI EN ISO 7726 .....	88
2.6 - La Norma UNI EN ISO 10551 .....	88
2.7 - La Norma UNI EN ISO 15265 .....	88
2.8 - La Norma UNI EN ISO 28802 .....	89
2.9 - La Norma UNI EN 15251 .....	90
<b>Capitolo 3 - Misura del comfort termico</b> .....	91
3.1 - Introduzione .....	91
3.2 - Le norme per la misura delle grandezze di interesse .....	91
3.2.1 - Le grandezze fisiche .....	91
3.2.2 - Le grandezze riferite alle persone .....	91
3.3 - La strumentazione .....	92
3.4 - Le misure .....	93
3.5 - I protocolli di misura .....	93
<b>Capitolo 4 - Valutazione oggettiva</b> .....	97
4.1 - Introduzione .....	97
4.2 - La distribuzione spaziale dei punti di misura .....	97
4.3 - I tempi delle misurazioni .....	98
4.4 - Le criticità delle misurazioni .....	99
<b>Capitolo 5 - Valutazione soggettiva</b> .....	101
5.1 - Introduzione .....	101
5.2 - I questionari .....	101
5.2.1 - La scala di percezione .....	101
5.2.2 - La scala di valutazione .....	102
5.2.3 - La scala di preferenza .....	102
5.3 - La somministrazione dei questionari .....	103
<b>Capitolo 6 - Adattamento</b> .....	105
6.1 - Introduzione .....	105
6.2 - Il comfort adattativo .....	105
6.3 - L'adattamento in edifici privi di impianto di raffrescamento .....	106
6.4 - I modelli adattativi .....	106
6.5 - Il modello adattativo come strumento di progettazione e verifica del comfort .....	109
6.6 - Il ruolo della velocità dell'aria nel modello adattativo .....	109

Capitolo 7 - <b>Transitori termici e valutazione su lungo periodo</b> .....	111
7.1 - Introduzione .....	111
7.2 - I transitori termici .....	111
7.3 - La valutazione su lungo periodo .....	112
Capitolo 8 - <b>Interventi migliorativi</b> .....	115
8.1 - Introduzione .....	115
8.2 - Gli interventi .....	115
Capitolo 9 - <b>Aspetti impiantistici</b> .....	119
9.1 - Introduzione .....	119
9.2 - I criteri per la selezione dei sistemi impiantistici .....	119
9.3 - Gli aspetti impiantistici del comfort termico .....	120
Capitolo 10 - <b>Aspetti energetici</b> .....	123
10.1 - Introduzione .....	123
10.2 - Gli aspetti energetici del comfort termico .....	123
10.2.1 - I valori dei parametri ambientali da considerare nei calcoli energetici .....	124
Capitolo 11 - <b>Casi di studio</b> .....	127
11.1 - Ambiente scolastico .....	127
10.2 - Uffici .....	129
10.3 - Uffici .....	131
Glossario .....	133
Simbologia .....	137
Bibliografia .....	138

### **Parte 3 - Il comfort acustico**

Capitolo 1 - <b>Sintesi degli aspetti teorici</b> .....	145
1.1 - Introduzione .....	145
1.2 - Campo libero e campo riverberante .....	145
1.3 - Tempo di riverberazione .....	147
1.4 - Proprietà di isolamento acustico dell'involucro edilizio .....	147
Capitolo 2 - <b>La legislazione</b> .....	149
2.1 - Introduzione .....	149
2.2 - Valori limite di legge .....	150
2.2.1 - Edifici scolastici e assimilabili .....	154
Capitolo 3 - <b>La normativa tecnica a supporto della legislazione</b> .....	155
3.1 - Introduzione .....	155
3.2 - Le norme UNI .....	155
Capitolo 4 - <b>La strumentazione</b> .....	163
4.1 - Introduzione .....	163
4.2 - Tipologie di misure .....	164
4.3 - Strumentazione di base per misure acustiche .....	166

Capitolo 5 - <b>Metodi di analisi e monitoraggio</b> .....	167
5.1 - Introduzione .....	167
5.2 - Riferimenti normativi .....	168
5.3 - Il rumore degli impianti interni all'edificio .....	168
Capitolo 6 - <b>Analisi soggettiva</b> .....	171
6.1 - Introduzione .....	171
6.2 - I questionari .....	171
6.3 - La Specifica Tecnica UNI ISO/TS 15666 .....	172
Capitolo 7 - <b>Interventi migliorativi</b> .....	175
7.1 - Introduzione .....	175
7.2 - Alcuni interventi migliorativi e loro ambito di efficacia .....	175
Capitolo 8 - <b>Aspetti impiantistici</b> .....	179
8.1 - Introduzione .....	179
8.2 - Controllo dell'impatto acustico .....	181
8.3 - Controllo del rumore da impianti all'interno degli edifici .....	182
Capitolo 9 - <b>Aspetti energetici</b> .....	183
9.1 - Introduzione .....	183
9.2 - I requisiti di isolamento termico .....	183
9.3 - I requisiti di isolamento acustico .....	184
9.4 - Esempi di verifica termoigrometrica e acustica di divisori .....	185
Capitolo 10 - <b>Casi di studio</b> .....	191
10.1 - Luoghi per lo sport .....	191
10.2 - Scuole .....	193
10.3 - Uffici .....	195
Glossario .....	197
Simbologia .....	201
Bibliografia .....	203

#### **Parte 4 - Il comfort visivo**

Capitolo 1 - <b>Sintesi degli aspetti teorici</b> .....	211
1.1 - Introduzione .....	211
1.2 - La luce .....	211
1.3 - Il colore .....	212
1.4 - La visione .....	212
1.5 - Le grandezze fotometriche .....	213
Capitolo 2 - <b>Elementi di progettazione illuminotecnica</b> .....	215
2.1 - Introduzione .....	215
2.2 - Le tipologie di illuminazione.....	215
2.3 - Gli apparecchi di illuminazione .....	216
2.4 - Le sorgenti luminose .....	216
2.4.1 - La potenza e la possibilità di modulazione .....	217
2.4.2 - Efficienza luminosa .....	217
2.4.3 - Durata .....	218

2.4.4 - Qualità cromatica della luce emessa .....	218
2.5 - Il progetto della luce naturale .....	219
<b>Capitolo 3 - Comfort visivo .....</b>	<b>221</b>
3.1 - Introduzione .....	221
3.2 - Le grandezze di interesse .....	221
3.3 - La qualità della visione .....	222
<b>Capitolo 4 - Aspetti normativi e legislativi .....</b>	<b>225</b>
4.1 - Introduzione .....	225
4.2 - I requisiti di progetto, gli indici di valutazione e i relativi valori limite .....	225
<b>Capitolo 5 - Il processo di progettazione illuminotecnica .....</b>	<b>231</b>
5.1 - Introduzione .....	231
5.2 - Alcune valutazioni di massima .....	231
5.3 - Il calcolo dell'illuminazione artificiale .....	231
5.3.1 - Il metodo per punti .....	232
5.3.2 - Il metodo del flusso totale .....	232
5.4 - Lo sviluppo del progetto di illuminazione .....	234
5.5 - Il calcolo dell'illuminazione naturale .....	234
5.6 - L'uso di programmi di simulazione numerica .....	236
5.6.1 - I programmi per il metodo della radianza (radiosity method) .....	236
5.6.2 - I programmi per il metodo del raggio tracciante (raytracing method) .....	236
5.6.3 - I programmi per il metodo photon mapping .....	238
5.6.4 - Altri programmi .....	239
5.6.5 - I limiti della simulazione .....	239
<b>Capitolo 6 - Il processo di progettazione illuminotecnica .....</b>	<b>241</b>
6.1 - Le misurazioni illuminotecniche .....	241
6.1.1 - I luxmetri .....	241
6.1.2 - I luminanzometri .....	242
6.1.3 - Problematiche correlate alle misurazioni fotometriche .....	242
6.1.4 - I videoluminanzometri .....	242
6.2 - Analisi in fase di verifica .....	243
<b>Capitolo 7 - Il processo di progettazione illuminotecnica .....</b>	<b>245</b>
7.1 - Illuminazione e risparmio energetico .....	245
7.2 - Risparmio energetico e qualità nell'illuminazione .....	247
<b>Capitolo 8 - Casi di studio .....</b>	<b>251</b>
8.1 - Uffici .....	251
8.2 - Uffici .....	254
8.3 - Aule scolastiche .....	258
Glossario .....	261
Simbologia .....	263
Bibliografia .....	265
Autori .....	268

## PRESENTAZIONE

Ci sono almeno due buoni motivi per esprimere soddisfazione e compiacimento per la pubblicazione di questo libro, frutto del lavoro del Comitato Tecnico Qualità Ambientale coordinato da Francesca Romana d'Ambrosio.

La prima di carattere più generale è legata agli obiettivi e ai traguardi di AiCARR. La seconda di carattere più specifico alla qualità e all'importanza dei contenuti di questo testo.

In merito alla prima motivazione va sottolineato che questo volume costituisce un ulteriore significativo tassello nel settore dell'attività formativa della nostra Associazione. AiCARR dopo essersi consolidata in modo più che autorevole nell'ambito dell'informazione e dell'aggiornamento culturale grazie alla propria attività convegnistica sia a livello nazionale e internazionale, sia a livello locale, ha rivolto sempre più negli ultimi anni la propria attenzione e intensificato il proprio impegno nel settore della formazione, attraverso corsi di formazione veri e propri, la scuola AiCARR, e attraverso una sempre più consistente attività editoriale che ha ormai acquisito un preciso livello di inquadramento e di definizione. In quest'ambito lo sforzo più rilevante che è stato intrapreso è certamente quello di pubblicare testi che siano frutto del lavoro di ricerca, aggiornamento e approfondimento scientifico-culturale interamente svolto all'interno dell'Associazione, su tematiche che l'Associazione medesima ritiene di importante attualità o che ritiene non adeguatamente e sufficientemente divulgate e/o tecnicamente definite dalla letteratura esistente.

Questo testo è nato e cresciuto all'interno di questa precisa politica di sviluppo e affermazione di AiCARR. Ecco perché ne siamo particolarmente fieri.

Ma veniamo a parlare più specificatamente dei suoi contenuti.

Questo libro costituisce un vero e proprio manuale della qualità globale degli ambienti confinati nota anche come IEQ: Indoor Environmental Quality.

Ben consapevoli del fatto che il benessere percepito è elevato se e solo esso è per l'appunto globale, vale a dire soddisfa nella misura maggiore possibile tutti i nostri sensi, in questo testo, unico nel suo genere in Italia, vengono trattati in modo organico e sistematico tutti gli aspetti del comfort ambientale: il comfort

termoigrometrico, quello acustico, quello visivo e quello legato alla qualità dell'aria.

Ma ciò che è altrettanto importante sottolineare è la modalità con cui gli argomenti vengono inquadrati e descritti, che è di natura squisitamente professionale e non solo teorica, in modo da fornire al lettore sia esso progettista, costruttore, installatore o gestore, un importante strumento operativo e pratico per la propria attività quotidiana.

La qualità globale degli ambienti che progettiamo e realizziamo è senza dubbio uno degli indici più importanti, se non il più importante, per valutare l'eccellenza del nostro lavoro.

Dobbiamo pertanto conoscerne nella misura più approfondita possibile tutti gli aspetti, siano essi teorici, normativi, progettuali o operativi.

Dobbiamo avere sempre maggiore dimestichezza con i numerosi parametri in gioco e con i loro ordini di grandezza e acquisire sempre più la consapevolezza che il comfort ambientale non va solamente prescritto nei nostri progetti, ma adeguatamente e approfonditamente verificato in campo e costantemente monitorato.

Questo testo fornisce in modo sintetico e chiaro le conoscenze e gli elementi per operare in tal senso.

Concludo questa mia presentazione porgendo, a nome di AiCARR, un sincero ringraziamento agli Autori per la qualità, la completezza e l'autorevolezza del lavoro svolto.

A Francesca un ulteriore particolare ringraziamento sia per la caparbia con cui ha voluto questo libro, sia per la faticosa attività di revisione scientifica e editoriale che, anche in questo caso, ha magistralmente condotto.

A tutti una confortevole lettura.

Matteo Bo

Presidente Commissione Comitati Tecnici di AiCARR per il triennio 2010-2013

## CAPITOLO 1

# SINTESI DEGLI ASPETTI TEORICI\*

### 1.1 - Introduzione

Fino agli inizi degli anni '70, gli studi sulla qualità dell'aria erano esclusivamente rivolti all'inquinamento atmosferico e agli ambienti industriali, mentre erano quasi totalmente trascurati i problemi di inquinamento indoor riguardanti gli ambienti civili (residenze, scuole, ospedali, uffici). A partire da tale periodo si è invece constatato che l'inquinamento presente in tali ambienti, dovuto a sorgenti sia interne che esterne, era tutt'altro che trascurabile e che i rischi per la salute degli occupanti erano comparabili con i rischi professionali riscontrabili in ambienti industriali. A partire dagli anni '80 è stato rilevato che in molti edifici, anche nuovi o recentemente rinnovati, con o senza impianto di condizionamento, un'elevata percentuale di persone, anche il 50-60%, accusava un insieme di sintomi aspecifici che insorgevano dopo alcune ore di permanenza nell'edificio e che scomparivano rapidamente allontanandosi dall'edificio. L'insieme di queste manifestazioni venne detto Sick Building Syndrome (SBS) o Sindrome da Edificio Malato (WHO, 1987; EEC, 1989; Burge et al., 1995) e venne attribuito a una serie di cause, tra le quali la presenza di contaminanti. Solo recentemente, tuttavia, l'attenzione è stata focalizzata sui potenziali pericoli dovuti alla presenza di agenti contaminanti dispersi nell'aria in ambienti interni non industriali. Diversi fattori hanno contribuito a questa consapevolezza; in particolare:

- la tendenza, ai fini del risparmio energetico, a costruire edifici caratterizzati da sempre minore permeabilità all'aria (d'Ambrosio Alfano et al., 2012);
- il crescente impiego di prodotti di sintesi nelle costruzioni, per l'arredamento e per i prodotti di consumo;
- l'uso di sistemi di riscaldamento non tradizionali che, se non adeguatamente installati o progettati, possono rilasciare prodotti di combustione;
- il riconoscimento che l'esposizione prolungata a concentrazioni anche molto basse di contaminanti chimici, può provocare, a tempi lunghi, effetti tossici;

\* A cura di G. Riccio.

- l'incremento del tempo trascorso in ambienti chiusi.  
L'insieme di tali fattori ha fatto sì che negli ultimi anni la qualità dell'aria interna sia divenuta un problema di rilevanza scientifica, economica e sociale.

## 1.2 - La qualità dell'aria

In linea di principio, l'aria negli ambienti confinati a uso civile dovrebbe presentare un contenuto di contaminanti di origine biologica, fisica e chimica sufficientemente basso e tale da garantire che vi sia un rischio trascurabile per la salute e la sicurezza degli occupanti; inoltre, dovrebbe risultare non sgradevole dal punto di vista della percezione.

Le difficoltà connesse alla valutazione della qualità dell'aria negli ambienti confinati, IAQ (Indoor Air Quality), non ha permesso, sino a oggi, di formulare una definizione di aria di buona qualità universalmente accettata. Attualmente, per gli ambienti civili, prevale la definizione dell'ASHRAE (2013a) che ritiene la qualità dell'aria interna accettabile quando *non contiene contaminanti noti in concentrazioni nocive, come stabilito delle autorità competenti, e per la quale una sostanziale maggioranza delle persone esposte (80% o più) non esprime insoddisfazione*. In tale definizione coesistono (d'Ambrosio Alfano e Riccio, 2007) sia il concetto di sicurezza sia quello ergonomico di comfort e, inoltre, si tiene conto della differente sensibilità tra individui richiedendo la soddisfazione di una maggioranza e non della totalità.

## 1.3 - I contaminanti

La qualità dell'aria interna è influenzata sia dalla qualità dell'aria esterna che dalle emissioni delle sorgenti interne.

**Fonti esterne.** In quasi tutti gli ambienti confinati frequentati dall'uomo, vi è un continuo scambio di aria con l'esterno; pertanto, tutti i contaminanti presenti nell'aria esterna sono rilevabili all'interno. I principali contaminanti trasportati dall'aria proveniente dall'esterno sono riportati nella Tabella 1.1. Queste sostanze inquinanti sono prodotte da fonti naturali e, in larga misura, dalle attività umane, come processi di combustione (p.e. in motori per autotrazione e in impianti di riscaldamento) o processi industriali.

**Fonti interne.** I contaminanti aerodispersi originati all'interno degli ambienti possono essere raggruppati in tre categorie:

Tabella 1.1 - Principali contaminanti presenti nell'aria esterna.

<b>Ossidi di azoto</b>	Composti organici volatili (VOC) <sup>1</sup>
<b>Ossidi di carbonio</b>	Particolato sospeso totale (PST)
<b>Ossidi di zolfo</b>	Pollini
<b>Ozono</b>	Microrganismi (muffe, batteri, funghi)

<sup>1</sup> VOC (Volatile Organic Compounds) o TVOC (Total Organic Volatile Compounds); i composti organici volatili sono circa un migliaio, tra i più diffusi vi sono il benzene e la formaldeide (EEC, 1997) che sono entrambi cancerogeni.

Tabella 1.2 - Principali contaminanti presenti nell'aria indoor e loro più diffuse fonti.

Contaminanti indoor	Principali fonti
Composti organici volatili (VOC)	Metabolismo, prodotti cosmetici, materiali da costruzione, isolanti termici, arredi (mobili, moquettes, rivestimenti), colle, adesivi, solventi, prodotti per la pulizia, disinfettanti, insetticidi, fumo di tabacco
Monossido di carbonio	Combustione non completa (fornelli, caldaie, stufe a gas), fumo di tabacco
Biossido di carbonio Ossidi di azoto Ossidi di zolfo	Metabolismo, combustione (fornelli, caldaie, stufe a gas), fumo di tabacco
Vapor d'acqua	Metabolismo, attività umane, combustione (fornelli, caldaie, stufe a gas)
Ozono	Stampanti laser, fotocopiatrici, fax, sistemi UVGI (Ultraviolet germicidal irradiation)
Particolato	Fumo di tabacco, attività umane, combustione, impianti di ventilazione non adeguatamente mantenuti
Radon	Sottosuolo, materiali da costruzione

- contaminanti prodotti nei processi di combustione per il riscaldamento e per la cottura dei cibi;
- contaminanti emessi dai materiali impiegati per la costruzione e per l'arredamento;
- contaminanti dovuti alla presenza e alle attività degli occupanti.

I valori delle concentrazioni dei contaminanti appartenenti alla prima e all'ultima categoria ovviamente variano durante la giornata in funzione del livello di occupazione, mentre quelli delle concentrazioni dei contaminanti appartenenti alla seconda categoria tendono a essere meno variabili o a essere influenzati dal ricambio dell'aria ottenibile mediante impianti di ventilazione meccanica e naturale o mediante aerazione (apertura delle finestre). In Tabella 1.2 sono elencati i principali contaminanti originati negli ambienti interni e le rispettive fonti.

In generale, in mancanza di fonti interne, i valori delle concentrazioni dei contaminanti negli ambienti interni sono prossimi o leggermente inferiori (a causa dell'assorbimento da parte delle superfici) a quelli che si misurano all'esterno. In molti edifici, ai contaminanti provenienti dall'esterno e a quelli prodotti da fonti interne si aggiunge il radon, gas radioattivo prodotto dal decadimento del radio 226 contenuto nel sottosuolo, che penetra negli edifici attraverso le fondamenta, oltre a essere direttamente emesso dalle rocce vulcaniche utilizzate come materiale da costruzione.

I contaminanti possono indurre sulle persone effetti di diversa entità, generalmente raggruppati in tre categorie:

- sollecitazioni olfattive, talvolta accompagnate da mal di testa, irritazioni alla gola e agli occhi;

- effetti biologici su alcuni organi (apparato respiratorio, cute), che si manifestano sotto forma di irritazioni e reazioni allergiche;
- effetti cancerogeni.

Questi effetti variano da sostanza a sostanza: alcune, come l'ossido di carbonio e il radon, non sono percepibili neanche alle concentrazioni alle quali sono molto dannose, mentre altre, come alcune sostanze organiche, non sono affatto dannose, ma risultano sgradevoli anche in concentrazioni minime.

## **1.4 - Il contenimento dei contaminanti**

Garantire una qualità dell'aria che soddisfi la definizione dell'ASHRAE riportata al paragrafo 1.2 comporta, innanzitutto, il mantenimento dei valori delle concentrazioni dei contaminanti al disotto di valori di soglia (Valori Limite).

A questo scopo si può prevedere:

- l'eliminazione delle fonti o la riduzione delle emissioni di contaminanti;
- la rimozione dei contaminanti alla fonte;
- la diluizione dei contaminanti mediante rinnovo dell'aria.

Qui di seguito vengono forniti alcuni elementi su questo argomento, che è approfondito al Capitolo 7.

L'eliminazione delle fonti e la riduzione delle emissioni di contaminanti, quando applicabile, sono senz'altro i metodi più efficaci per il contenimento dell'inquinamento negli ambienti interni. Esempi tipici sono l'ostruzione delle vie di accesso del radon dal sottosuolo e l'utilizzo di colle e vernici che utilizzano come solvente l'acqua invece di solventi organici.

Se l'emissione è localizzata, è possibile rimuovere il contaminante aspirandolo e convogliandolo all'esterno tramite piccoli impianti di estrazione posti in prossimità della fonte. Tale metodo è diffusamente applicato sia nelle abitazioni che negli ambienti di lavoro: basti pensare alle cappe per cucine, alle cappe chimiche, agli estrattori nei servizi igienici. Quando la fonte non è puntuale e non è eliminabile, il contenimento dei contaminanti può essere ottenuto solo tramite la diluizione, attuata ventilando l'ambiente, cioè miscelando l'aria interna, inquinata, con una portata d'aria proveniente dall'esterno, meno inquinata ed eventualmente filtrata, ed estraendo dall'ambiente una portata d'aria leggermente inferiore a quella immessa in modo da garantire una leggera sovrappressione rispetto all'esterno, che contrasta l'ingresso di contaminanti.

I tre metodi illustrati non sono in alternativa tra loro; infatti, il conseguimento di un elevato livello di IAQ può basarsi su una loro opportuna combinazione, nel rispetto del contenimento dei consumi energetici. La riduzione delle emissioni e della diffusione di contaminanti all'interno degli ambienti consente di adottare una portata di ventilazione minore e, quindi, di ridurre la spesa energetica.

## **1.5 - La classificazione della qualità dell'aria**

La diluizione di un contaminante presente in ambiente con aria esterna è possibile solo se in quest'ultima quel contaminante è presente con una concentrazione inferiore a quella che si desidera mantenere nell'ambiente ventilato. La

*Tabella 1.3 - Classificazione della qualità dell'aria esterna secondo la Norma UNI EN 13779, ripresa dalla UNI 10339.*

<b>Categoria<sup>1</sup></b>	<b>Descrizione</b>
ODA 1	Aria pura che può occasionalmente contenere polveri
ODA 2	Aria esterna con elevata concentrazione di polveri e/o contaminanti gassosi
ODA 3	Aria esterna con elevatissima concentrazione di polveri e/o contaminanti gassosi
<sup>1</sup> L'aria esterna è attualmente classificabile come ODA1 se verifica pienamente gli standard di qualità nazionali o, in assenza, le linee guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO, 2009); come ODA2 se le concentrazioni dei contaminanti in essa presenti superano, al massimo, del 50 % quelle limiti presenti nei suddetti riferimenti, mentre è classificata come ODA3 per percentuali superiori.	

*Tabella 1.4 - Classificazione della qualità dell'aria interna secondo la Norma UNI EN 13779, ripresa dalla UNI 10339.*

<b>Categoria</b>	<b>Descrizione</b>
ODA 1	Aria di elevata qualità
ODA 2	Aria di media qualità
ODA 3	Aria di moderata qualità
ODA 4	Aria di scarsa qualità

*Tabella 1.5 - Classificazione della qualità dell'aria interna secondo la Norma UNI EN 15251.*

<b>Categoria</b>	<b>Descrizione</b>
I	Alto livello di aspettativa: raccomandata per ambienti occupati da soggetti molto sensibili e fragili con necessità particolari, quali i diversamente abili, i malati, i bambini e gli anziani
II	Normale livello di aspettativa: dovrebbe essere usata per gli edifici nuovi e per quelli ristrutturati
III	Moderato, ma accettabile livello di aspettativa: può essere utilizzata per gli edifici esistenti
IV	Presenta caratteristiche che non rispettano i criteri delle precedenti classi. Questa categoria può essere ritenuta accettabile solo per un periodo limitato nell'anno

Norma UNI EN 13779 (UNI, 2008a) fornisce una classificazione della qualità dell'aria esterna basata principalmente sul contenuto di polveri, riportata in Tabella 1.3, e una classificazione dell'aria interna, riportata in Tabella 1.4. La Norma UNI EN 15251 (UNI, 2008b) fornisce una classificazione del livello di aspettativa per le diverse classi di qualità dell'aria interna, riportata in Tabella 1.5. Nella Norma UNI 10339 (UNI, 1995), vengono fornite tutte le indicazioni indispensabili per l'ottenimento del livello desiderato di qualità dell'aria.

## CAPITOLO 2

### **NORMATIVA E LEGISLAZIONE\***

#### **2.1 - Introduzione**

In Italia non esiste un quadro normativo e/o legislativo chiaro e univoco relativo all'ottenimento e al mantenimento della qualità dell'aria interna.

In tema di qualità dell'aria negli ambienti interni è possibile rintracciare solo poche informazioni nelle disposizioni legislative, mentre è decisamente più ricco il panorama normativo, sia nazionale ed europeo, sia internazionale. Collegato a questo tema è di grande importanza quello relativo alla manutenzione degli impianti aeraulici e alla loro pulizia. Per entrambi questi argomenti sono di seguito indicati i più importanti riferimenti che costituiscono un indispensabile sostegno alla progettazione.

È da rilevare che la tematica della qualità dell'aria interna ha avuto molte difficoltà a ricevere la giusta attenzione nel panorama legislativo nazionale, che di fatto non ha mai fornito una vera e propria griglia di riferimento per quello che riguarda le grandezze da misurare, i metodi di controllo e gli indicatori da utilizzare.

#### **2.2 - Le Linee Guida per la tutela della salute negli ambienti confinati**

Il più importante documento di riferimento, risalente al 2001 e sempre di grande attualità, si intitola Linee Guida per la tutela della salute negli ambienti confinati (Conferenza Permanente, 2001). Questo documento ha come finalità principale quella di coordinare gli sforzi per realizzare un programma nazionale di tutela della salute in relazione alla qualità dell'aria interna fornendo indicazioni per la corretta progettazione sulla base dei dati che risultano dalla letteratura nazionale e internazionale (De Santoli e Fracastoro, 2002); fra gli obiettivi specifici vanno ricordate la conoscenza delle condizioni abitative e degli stili di vita della popolazione e la promozione di stili e ambienti di vita

\* A cura di P. Cervio, V. Raisa.

sani e sicuri e di ambienti di lavoro che garantiscano benessere e produttività. In definitiva, il documento propone azioni a livello normativo e tecnico che consistono in linee di intervento da adottare in alcune tipologie di edifici e per specifici contaminanti, indirizzate alla progettazione, costruzione e gestione degli edifici.

Le Linee Guida sono state scritte da un gruppo di lavoro ministeriale (cui hanno partecipato anche rappresentanti di AiCARR) e sono suddivise in tre parti che illustrano i seguenti concetti:

- importanza della qualità dell'aria interna;
- effetti della qualità dell'aria sulla salute e sulla qualità dell'ambiente interno;
- sorgenti dei contaminanti dell'aria interna;
- aspetti strutturali e funzionali degli edifici connessi alla qualità dell'aria interna;
- strategie per la prevenzione degli effetti dell'inquinamento interno.

Le Linee Guida costituiscono un documento di grande interesse, ma sono poco conosciute dai progettisti e da coloro che si occupano di revisionare gli esistenti regolamenti comunali che, di regola, attengono a normative tecniche il cui riferimento è reso obbligatorio da leggi o da regolamenti edilizi e di igiene.

Per quanto riguarda le linee di intervento negli edifici, il documento sottolinea la situazione particolarmente critica delle scuole, in cui individui in giovane età trascorrono dal 15 al 25% del loro tempo settimanale, auspicando la definizione di criteri per regolamentarne il progetto e la costruzione e per definire i materiali di arredo da usare nell'edilizia scolastica, evidenziando l'importanza di poter disporre di raccomandazioni per il controllo dell'aria interna.

Le Linee Guida, inoltre, attribuiscono un'importanza particolare al rischio derivante dall'emissione di gas radon da parte dei materiali edilizi nelle residenze, auspicando un Piano nazionale di azione, che in seguito si è concretizzato con il Piano Nazionale Radon illustrato al paragrafo 2.3.

Per quanto riguarda le linee di intervento relative a specifici contaminanti, il documento auspica un'azione di prevenzione e informazione per portare a conoscenza del pubblico i rischi che derivano dall'esposizione ai seguenti agenti contaminanti: fumo passivo, radon, contaminanti emessi da materiali edilizi e arredi, prodotti chimici, gas di combustione, agenti biologici.

Per quanto riguarda la progettazione, costruzione e gestione degli edifici, le Linee Guida suggeriscono la definizione di principi che integrino gli strumenti normativi esistenti, finalizzandoli allo stato igienico-sanitario degli impianti aerulici e al controllo della qualità dell'aria, la predisposizione di linee guida per la progettazione edilizia e impiantistica, che prevedano portate minime di aria esterna con i relativi controlli, la definizione di strumenti di valutazione per la scelta dei materiali, la definizione di regole per la manutenzione degli edifici e degli impianti e infine l'accreditamento e la certificazione dei manutentori e dei consulenti per la qualità dell'aria.

Nei paragrafi successivi sono delineati lo stato dell'arte legislativo e normativo e quello riguardante le linee guida in tema di qualità dell'aria interna.

## 2.3 - Il Piano Nazionale Radon

Il Piano Nazionale Radon [1] consiste in un insieme coordinato di azioni volte a ridurre il rischio di tumore polmonare associato all'esposizione di radon in Italia. Il PNR è stato elaborato nel 2002 da una commissione del Ministero della Salute e ha avuto il parere favorevole del Consiglio Superiore di Sanità e della Conferenza Stato-Regioni.

Il documento si articola in sette capitoli, che trattano le diverse problematiche inerenti al radon, un allegato e cinque appendici. Ogni capitolo include una breve analisi dell'argomento finalizzata a motivare le azioni previste. I temi trattati riguardano la valutazione del rischio radon, le sorgenti, le tecniche di misurazione, le azioni per ridurre e prevenire l'ingresso del radon negli ambienti interni, le modalità per fare informazione e qualificare gli esperti. Il Capitolo 7, in particolare, è dedicato alla normativa in materia che ha la funzione di ridurre l'esposizione al radon negli ambienti interni. Si sottolinea che l'Italia è uno dei pochi paesi europei a non avere ancora una normativa sul radon nelle abitazioni.

L'interesse sull'argomento è testimoniato dalla recente Direttiva Europea sulla protezione contro il rischio da esposizione al radon (Consiglio d'Europa, 2014) che al punto 22 delle considerazioni iniziali riporta: *Recenti risultati epidemiologici ottenuti da studi residenziali dimostrano un aumento statisticamente significativo del rischio di carcinoma polmonare correlato all'esposizione prolungata al radon in ambienti chiusi a livelli dell'ordine di 100 Bq·m<sup>-3</sup>. Il nuovo approccio delle situazioni di esposizione permette di inglobare le disposizioni della raccomandazione 90/143/Euratom della Commissione (Commissione Europea, 1990) nelle prescrizioni vincolanti delle norme fondamentali di sicurezza, lasciando un sufficiente margine di flessibilità per l'attuazione.* Questa direttiva dovrà essere obbligatoriamente recepita nell'ordinamento nazionale entro un limite massimo di 4 anni [1].

## 2.4 - I documenti legislativi

Per quanto riguarda le disposizioni di legge, qualche accenno indiretto al tema della qualità dell'aria interna è contenuto nel D.P.R. 59/09 (Governo Italiano, 2009), nel quale è prescritta l'assenza di condensazioni superficiali negli ambienti interni (articolo 4, comma 17). Come noto, infatti, diretta conseguenza delle condensazioni superficiali è la comparsa di muffe i cui effetti negativi per la salute sono ampiamente descritti in letteratura (WHO, 2009). A livello locale, i regolamenti edilizi e di igiene considerano l'argomento, ma si limitano a prescrizioni sul cosiddetto *rapporto aeroilluminante minimo* (che in genere nell'edilizia residenziale deve essere pari a 1/8 della superficie calpestabile), o sul ventilatore di estrazione nei bagni ciechi, o ancora sulla cappa a servizio dei fuochi di cottura nelle cucine. I regolamenti locali, pertanto, non inducono i progettisti a maturare conoscenze e attenzioni verso la qualità dell'aria negli ambienti interni, ma si limitano a prescrizioni spesso non ottemperate.

Ulteriori informazioni sono inserite all'interno del testo unico sulla Sicurezza sui luoghi di lavoro (Governo Italiano, 2008), soprattutto al punto 1.9 dell'allegato 4, che contiene le prescrizioni relative alle caratteristiche e alle prestazioni degli impianti di climatizzazione. In particolare, al punto 1.9.4.1 si afferma che gli impianti di ventilazione devono essere periodicamente sottoposti a controlli, manutenzione, pulizia e sanificazione per la tutela della salute dei lavoratori, mentre al punto 1.9.1.5 si precisa come qualsiasi sedimento o sporcizia che potrebbe comportare un pericolo immediato per la salute dei lavoratori dovuto all'inquinamento dell'aria respirata debba essere eliminato rapidamente.

## **2.5 - Le norme**

Il panorama normativo italiano, attualmente, risulta incardinato sulla Norma UNI 10339 (UNI, 1995) che disciplina in modo univoco tutte le tipologie di impianti di ventilazione utilizzati a scopo di benessere e che contiene un metodo per calcolare le portate di aria prevalentemente in riferimento agli ambienti del terziario.

La norma fornisce tre indicazioni fondamentali:

- come calcolare la portata dell'impianto in funzione dell'ambiente servito e dell'indice di affollamento;
- dove collocare le prese di aria esterna;
- qual è la tipologia di filtrazione da impiegare.

La revisione della norma, la cui pubblicazione è prevista per la fine del 2014, propone due metodologie per dimensionare l'impianto aeraulico, una prescrittiva e una prestazionale.

Nel primo caso si deve operare una scelta delle portate con riferimento a uno dei tre livelli di qualità dell'aria interna ottenibile: elevata, media e bassa.

Nel secondo caso, invece, la portata di ventilazione si ottiene utilizzando un bilancio di massa al fine di verificare che uno o più contaminanti di riferimento siano mantenuti a concentrazioni ottimali.

Il metodo prestazionale trova applicazione quando l'adozione del metodo prescrittivo non è adeguata ai fini dell'ottenimento della qualità dell'aria interna desiderata a causa della presenza di contaminanti che si discostano in quantità e qualità dalla situazione ipotizzata di normalità, oppure quando sono adottati sistemi di ventilazione a portata variabile ai fini del contenimento dei consumi energetici.

Merita un cenno anche la specifica tecnica UNI TS 11300-1 (UNI, 2008c), che contiene un metodo per la valutazione dei fabbisogni energetici legati al ricambio dell'aria, con e senza impianto di ventilazione, e che si riferisce a tassi di rinnovo d'aria convenzionali (valori standardizzati) che nulla hanno a che fare con l'ottenimento di una adeguata qualità dell'aria interna. Questo aspetto è particolarmente importante, perché spesso su questo tema le prescrizioni della UNI TS 11300-1 vengono interpretate scorrettamente.

Va inoltre citata la Norma UNI 7129-2 (UNI, 2008d), che è specificatamente

dedicata alla modalità di aerazione o ventilazione dei locali in cui sono installati impianti a gas per uso domestico, al fine di una corretta evacuazione di eventuali contaminanti legati al loro funzionamento; di questo aspetto si è parlato al Capitolo 1.

Il progettista deve applicare tutte le disposizioni per la sicurezza inserite in questa norma, differenti a seconda che l'aria sia ricambiata mediante aerazione, ventilazione naturale o meccanica.

Altre norme di riferimento sono le seguenti:

- UNI EN 13779 (UNI, 2008a): contiene i requisiti prestazionali per i sistemi di ventilazione e climatizzazione per l'ottenimento di una adeguata qualità dell'aria interna negli ambienti non residenziali, nonché la classificazione dell'aria interna, esterna e trattata;
- UNI EN 15251 (UNI, 2008b): contiene i riferimenti per l'ottenimento di una adeguata qualità dell'ambiente interno relativamente al comfort termico, visivo e acustico e alla qualità dell'aria;
- UNI EN 12792 (UNI, 2005a): contiene i simboli, la terminologia e i simboli grafici inerenti la ventilazione negli edifici e la qualità dell'aria interna;
- UNI EN ISO 13788 (UNI, 2013): contiene un metodo di riferimento per determinare il valore della temperatura superficiale interna minima dei componenti edilizi tale da evitare la crescita di muffe, in corrispondenza di valori prefissati di temperatura dell'aria e umidità relativa interna.

Ci sono infine due norme statunitensi, che sono un riferimento anche in Italia:

- ASHRAE Standard 62.1 (ASHRAE, 2013a): contiene i requisiti per l'ottenimento di una qualità dell'aria *accettabile* mediante tecniche di ventilazione nell'edilizia residenziale in edifici condominiali e in edifici del terziario con più di tre piani, i cosiddetti *high rise buildings*. Questa norma, associata alla parte 2, è adottata dalla maggior parte dei regolamenti edilizi statunitensi;
- ASHRAE Standard 62.2 (ASHRAE, 2013b): contiene i requisiti per l'ottenimento di una qualità dell'aria *accettabile* mediante tecniche di ventilazione nell'edilizia residenziale con altezza inferiore a 3 piani, i cosiddetti *low rise buildings*.

## **2.6 - I documenti normativi e legislativi sulla pulizia e sulla manutenzione degli impianti aeraulici**

La qualità dell'aria interna è fortemente influenzata dallo stato di conservazione dell'impianto, che necessita di regolare manutenzione e, quando necessario, di un'adeguata pulizia. Queste procedure sono spesso trascurate, con conseguenti problemi tra i quali il peggioramento della qualità dell'aria immessa e il contemporaneo aumento delle perdite di carico dell'impianto e quindi dei consumi energetici, che si verificano quando i filtri non vengono puliti e sostituiti.

# GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE

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

## LE COMPETENZE CONDIVISE SONO ALLA BASE DI OGNI PROGRESSO

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

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

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

## AGGIORNAMENTO E FORMAZIONE: UN MUST

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

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

## SE LE IDEE CIRCOLANO, ACQUISTANO PIÙ FORZA

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

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

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

La qualità globale dell'ambiente interno, anche detta IEQ da Indoor Environmental Quality, è intesa come insieme di comfort termico, acustico e visivo e di qualità dell'aria interna e rappresenta uno dei requisiti essenziali per l'ottenimento delle condizioni di benessere. Progettare, realizzare e gestire edifici caratterizzati da elevati livelli di qualità ambientale è la sfida del futuro, anche perché molto spesso l'ottenimento della IEQ si scontra con l'esigenza di risparmio energetico. D'altra parte, la IEQ ha un peso sempre maggiore nelle valutazioni di sostenibilità e nella determinazione del valore degli immobili e influisce fortemente sul livello di produttività dei lavoratori. Quindi, è indispensabile trovare un compromesso tra risparmio energetico e qualità dell'ambiente interno, il che presuppone la conoscenza della teoria alla base del comfort, sia esso termico che acustico e visivo, e della qualità dell'aria, oltre che dei principali dispositivi legislativi e normativi che regolano questi aspetti della progettazione e della gestione degli edifici. Attualmente, il mercato editoriale offre molti titoli su ciascuno di questi argomenti, ma non esiste quello che potrebbe essere definito "Il manuale della IEQ": questo testo tenta di colmare questa lacuna. Scritto a più mani da autori scelti tra esperti riconosciuti a livello internazionale, professionisti del settore e rappresentanti di aziende interessate a questo tema, affronta in quattro distinte parti i quattro aspetti della qualità ambientale interna con un approccio comune. Ciascuna parte è corredata di simbologia e bibliografia oltre che di un glossario, che permette anche a coloro che non sono esperti della materia di comprendere a fondo il significato dei termini e delle grandezze utilizzati.

Tutti potranno trovare in questo testo informazioni interessanti: il gestore troverà indicazioni sulle procedure e gli strumenti per la valutazione in campo della IEQ, i paragrafi riguardanti gli aspetti impiantistici e energetici sono di supporto a chiunque lavori nel settore HVAC e i casi di studio rappresentano una guida operativa alla valutazione in campo del comfort e della qualità dell'aria e suggeriscono alcune soluzioni a problemi reali.

*Francesca R. d'Ambrosio Alfano, professore ordinario di Fisica Tecnica Ambientale. Dal 1983 ricerca nel settore degli ambienti termici, con particolare riferimento alle problematiche legate al comfort e allo stress termico. Dagli inizi degli anni '90 si occupa anche di qualità dell'aria negli ambienti interni e di problemi legati alla presenza di acqua nelle murature. Dal 2003 alla data di pubblicazione di questo testo coordina il GdL Microclima della Commissione Ergonomia dell'UNI.*

*Luca Alberto Piterà, Ingegnere e Segretario Tecnico di AiCARR. Dal 1997 ha maturato esperienze nel settore della progettazione impiantistica (HVAC&R), nel settore della produzione di energia elettrica e nella formazione. Ha svolto attività di ricerca e sviluppo all'interno di progetti europei sulle fonti rinnovabili, sull'efficienza energetica e sull'Energy Management. Partecipa a tavoli di normativa tecnica sia nazionali (UNI) sia internazionali (CEN/ISO). Autore di diverse pubblicazioni tecniche e scientifiche.*

AiCARR, Associazione Italiana Condizionamento dell'Aria, Riscaldamento e Refrigerazione, è un'associazione culturale no profit. Dal 1960 crea e promuove cultura e tecnica per il benessere sostenibile, occupandosi di uso consapevole dell'energia e delle risorse naturali e di innovazione delle infrastrutture energetiche, sia nel settore impiantistico che in quello edilizio. AiCARR conta oltre 2.600 Soci fra progettisti, costruttori di macchine, installatori, manutentori, accademici, ricercatori, studenti, funzionari di Enti e Agenzie governative e di istituzioni nazionali e internazionali.

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

AiCARR - Associazione Italiana Condizionamento dell'Aria, Riscaldamento e Refrigerazione - [www.aicarr.org](http://www.aicarr.org)

CODICE QGL

[www.editorialedelfino.it](http://www.editorialedelfino.it)

ISBN 978-88-97323-28-0



Euro 36,00

Questo volume approvato dal balancino  
è da considerarsi copia "AGADA" CAMPIONE GRATUITO fuori commercio  
(vendita e altri atti di disposizione vietati art. 17, c. 2, l. 632/1947).  
Esente da I.V.A. (D.P.R. 26/10/1972, n. 633, art. 2, lett. d),  
Esente da Bollo di accompagnamento (D.P.R. 6/10/1978, n. 627, art. 4, n. 6).

FR. d'AMBROSIO ALFANO E L.A. PITERÀ  
QUALITÀ AMBIENTE INTERNO  
DELL'AMBIENTE INTERNO  
ISBN 978-88-97323-28-0