

di **Matteo Balani**, QualitAria, Milano

UN'INDAGINE SUL CAMPO **QUALITÀ DELL'ARIA INDOOR**

LA VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA INDOOR PASSA ATTRAVERSO L'IMPIEGO DI UNA STRUMENTAZIONE ADEGUATA E DI UNA PRECISA METODOLOGIA DI INDAGINE RELATIVA AI VARI PARAMETRI AMBIENTALI AL FINE DI PERVENIRE AL CAMPIONAMENTO DEI DATI. COME DIMOSTRA IL CASO DI STUDIO RELATIVO AD UNA SALA DI REGISTRAZIONE.

È ormai appurato che l'inquinamento dell'aria indoor rappresenta un problema rilevante e di attualità per la sanità pubblica, con implicazioni economiche e sociali notevoli. In primo luogo per la prolungata permanenza (quasi il 90% del tempo) della popolazione negli ambienti interni; in secondo luogo perchè il rischio espositivo non è

limitato a categorie ben definite (come per il rischio esclusivamente professionale, od occupazionale). Infatti, oltre ad interessare una parte estesa della popolazione, esso risulta di particolare gravità per alcuni gruppi più suscettibili quali bambini, anziani e persone già affette da patologie croniche (malattie cardiache, respiratorie, asma bronchiale, allergie) che trascorrono negli ambienti chiusi una percentuale di tempo particolarmente elevata (fino al 100%). La qualità dell'aria di un ambiente confinato è direttamente influenzata, oltre che dagli inquinanti indoor, dalle condizioni dell'ambiente esterno, dal design, dai materiali da costruzione, e dagli impianti di riscaldamento, ventilazione e condizionamento. È da notare che questi fattori interagiscono tra di loro, incrementando il livello di contaminazione dell'aria indoor e generando situazioni potenzialmente di discomfort. Negli ambienti di lavoro la legislazione italiana esistente individua in maniera dettagliata una serie di obblighi, per assicurare la massima sicurezza tecnica concretamente fattibile.

Nella valutazione dei rischi, infatti, secondo le previsioni degli articoli 3 e 4 del Decreto Legislativo 626 e successive modificazioni e integrazioni di legge, il datore di lavoro è tenuto ad eliminare i rischi in



In apertura. L'indagine sulla qualità dell'aria ha avuto come oggetto una serie di ambienti destinati a sale di registrazione e cabine di regia di una società di doppiaggio ed incisione.

Fig. 1 (sopra) – Gli ambienti oggetto dell'indagine sono trattati mediante un impianto di climatizzazione multizone servito da una centrale frigorifera a pompa di calore aria-acqua.

Fig. 2 (a destra) – Pianta dell'insieme degli ambienti dello studio di registrazione, con indicazione dei siti di campionamento.

base alle conoscenze acquisite secondo il progresso tecnico e, ove ciò non fosse possibile, è tenuto al loro contenimento al minimo (art. 3, comma 1, lettera b); a programmare le misure ritenute opportune per garantire il miglioramento nel tempo dei livelli di sicurezza (art. 4, comma 2, lettera c).

La ventilazione

Lo standard 62 della ASHRAE definisce l'aria di ventilazione come "quella fornita o rimossa da uno spazio al fine di controllare il livello dei contaminanti dell'aria, l'umidità e la temperatura all'interno del suddetto ambiente". Poiché le sorgenti non possono essere sempre eliminate, la diluizione degli inquinanti attraverso la ventilazione è un approccio sicuramente efficace.

Si ricorda tuttavia che la ventilazione, se non propriamente progettata, installata e mantenuta, può avere effetti negativi sul microclima e sulla qualità dell'aria indoor. Può infatti distribuire sostanze nocive,



nonché influenzare l'aria che circola all'interno degli ambienti, apportando modificazioni ai gradienti pressori e causando l'infiltrazione di inquinanti all'interno degli spazi.

Un caso di studio

In data 2 febbraio 2006 è stato analizzato un ambiente adibito a sale di registrazione e cabine di regia di una società di doppiaggio ed incisione e per il quale sono stati adottati particolari accorgimenti progettuali al fine di ottenere un comfort microclimatico ed una qualità dell'aria indoor ottimali.

L'ambiente in esame, situato al piano terreno di uno stabile civile in Milano, è provvisto di un sistema di condizionamento e riscaldamento canalizzato realizzato con una centrale frigorifera a pompa di calore aria-acqua con potenza di circa 21 kW ed un sistema di ventilazione multizone.

L'impianto è inoltre dotato di presa di aria esterna munita di sezione filtrante fine (efficienza $65 \leq E < 80$) e canalizzazioni costituite da lastre di schiuma di polisocianato rivestite a loro volta da fogli di alluminio trattate con composto antimicrobico (figura 1).

Metodologia di indagine

In linea di principio, tutti gli approcci di tipo metodologico concernenti la valutazione della qualità dell'aria indoor si basano sull'esecuzione delle indagini su più livelli, attraverso fasi di ricerca e di investigazione logiche e sequenziali.

DATA LOGGER				
Sensore	Tipo	Range	Accuratezza	Risoluzione
Temperatura	Termistore	0-50°C	± 0.6°C	0.1°C
Umidità relativa	Capacitivo	5-95%	± 3% ur	0.1% ur
Diossido di carbonio	NDIR	0-5.000 PPM	± 3% a 25°C	1 PPM
Monossido di carbonio	Elettro-chimico	0-500 PPM	± 3%	1 PPM
AEROSOL MONITOR				
Sensore	Tipo	Range	Risoluzione	
Polveri PM10	90° light scattering, diodo laser	0.001-100 mg/m ³	± 0.1%	
ANALIZZATORE DI GAS				
Sensore	Tipo	Range		
Formaldeide	Chimico	0.2 – 5 PPM		
Stirene	Chimico	2 – 40 PPM		

Tab. 1 - Strumentazione utilizzata per le misurazioni dei parametri ambientali.

Il primo passo è stato individuare l'obiettivo delle indagini, ovvero determinare se le analisi sono richieste in seguito a disturbi e/o sintomatologie lamentate dagli occupanti in presenza di sorgenti inquinanti, o di situazioni di discomfort dovute all'aria indoor, o semplicemente sono mirate al controllo della qualità dell'aria in assenza di problematiche specifiche come nel presente caso. Si è proceduto quindi con la raccolta dei dati delle caratteristiche del sito in esame, in particolare planimetria e destinazione d'uso degli ambienti, eseguendo sopralluoghi ed ispezionando in modo accurato gli spazi, anche raccogliendo informazioni direttamente dagli occupanti.

Una ulteriore fase ha compreso l'individuazione dei target del monitoraggio (fattori microclimatici, eventuali inquinanti presenti) e di conseguenza la scelta della strumentazione di rilevamento e delle tempistiche di campionamento. Una eventuale fase conclusiva dovrà avere come scopo la programmazione degli interventi di bonifica del sito, dalla mitigazione o controllo delle eventuali sorgenti inquinanti fino alla sua completa e totale eliminazione.

Campionamento dei dati

L'analisi ha interessato un'intera giornata e si è svolta sull'arco di 8 ore lavorative di cui la prima ora per stabilizzare completamente i sensori della strumentazione, attendere l'arrivo di tutti gli occupanti e permettere all'ambiente di stabilizzarsi.

Al fine della determinazione della qualità dell'aria indoor in ambiente, oltre ai rilievi dei parametri termoigrometrici si è deciso di effettuare i campionamenti seguenti :

- Misura del diossido di carbonio
- Test per la presenza di monossido di carbonio
- Determinazione della concentrazione di polveri sottili PM10
- Campionamento di composti organici volatili in particolare formaldeide e stirene.

I punti di campionamento sono stati determinati in base alle dimensioni, alla distribuzione e alla presenza di occupanti dei locali in esame e sono indicati nella figura 2.

L'acquisizione dei dati è avvenuta in presenza di sistema di climatiz-

Glossario

Ambienti indoor. Spazi confinati di vita e di lavoro non industriali (per quelli industriali vige una specifica normativa restrittiva), ed in particolare, quelli adibiti a dimora, svago, lavoro e trasporto.

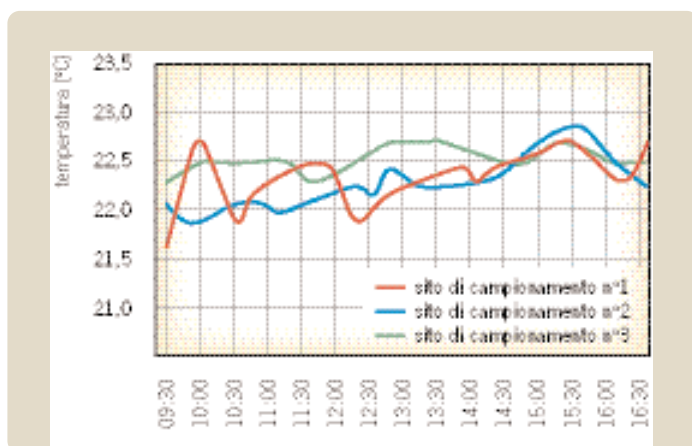
Concentrazione. Esprime il rapporto tra la quantità di soluto e la quantità di solvente (in questo caso

l'aria) che compongono una soluzione chimica.

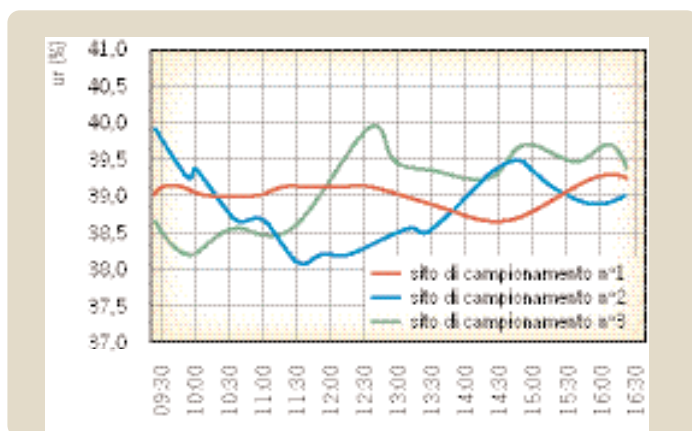
La concentrazione di vapori e gas è spesso espressa in PPM (parti per milione) o in unità di massa per unità di volume (mg/m³ o µg/m³).

Composti organici volatili. I composti organici volatili (VOC) includono gruppi diversi con comportamenti fisici

e chimici diversi. Si classificano come VOC, infatti, sia gli idrocarburi contenenti carbonio ed idrogeno come unici elementi (alcheni e composti aromatici) sia composti contenenti ossigeno, cloro o altri elementi tra il carbonio e l'idrogeno, come aldeidi, eteri, alcool, esteri, clorofluorocarburi



A. Profilo dei campionamenti relativi alla temperatura.

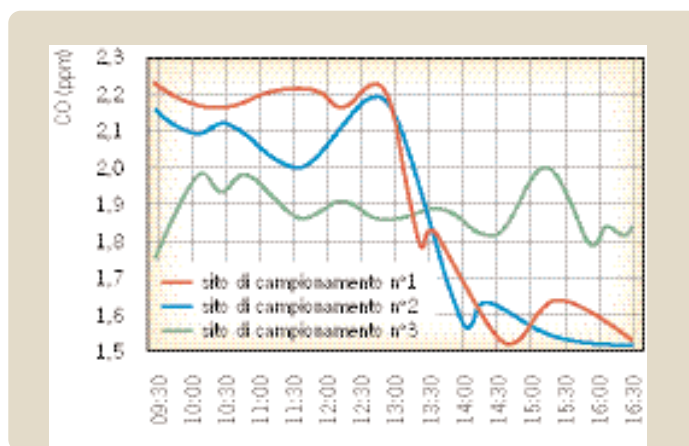


B. Profilo dei campionamenti relativi all'umidità relativa.

Sito di campionamento	Temperatura °C	Umidità relativa %
N° 1 (ore 09:30-13:00)	22.2	39.6
N° 2 (ore 09:30-13:00)	22.1	39.1
N° 3 (ore 09:30-13:00)	22.5	38.9
N° 1 (ore 13:00-16:30)	22.6	39.1
N° 2 (ore 13:00-16:30)	22.2	39.2
N° 3 (ore 13:00-16:30)	22.7	39.2
Esterno*	11.0	62.0

Tab. 2 - Dati rilevati di temperatura ed umidità relativa.

* Dati del campionamento in esterno
fonte ARPA Lombardia.



C. Profilo dei campionamenti relativi al monossido di carbonio.

Sito di campionamento	Monossido di carbonio CO PPM
N° 1 (ore 09:30-13:00)	2.2
N° 2 (ore 09:30-13:00)	2.1
N° 3 (ore 09:30-13:00)	1.9
N° 1 (ore 13:00-16:30)	1.7
N° 2 (ore 13:00-16:30)	1.7
N° 3 (ore 13:00-16:30)	1.9
Esterno*	2.8

Tab. 3 - Dati rilevati di monossido di carbonio.

* Dati del campionamento in esterno
fonte ARPA Lombardia.

zazione funzionante, a finestre chiuse e durante un normale ciclo lavorativo.

La strumentazione utilizzata (vedi tabella 1), certificata e calibrata, è stata posizionata, nei differenti punti di campionamento, ad una altezza di 1,5 m in prossimità delle varie postazioni di lavoro.

I risultati delle determinazioni analitiche effettuate sui campioni prelevati, relativi ai parametri di temperatura, umidità relativa, monossido e diossido di carbonio, polveri sottili PM10, sono riportati nelle tabelle 2, 3, 4 e 5 e nei relativi diagrammi A, B, C, D, E.

Per quanto riguarda i composti organici volatili il rilevamento ha evidenziato che nei tre siti di campionamento le concentrazioni rilevate sono risultate inferiori a 0.2 PPM per la formaldeide e inferiori a 2 PPM per lo stirene. Poiché tali valori sono ben al di sotto della soglia

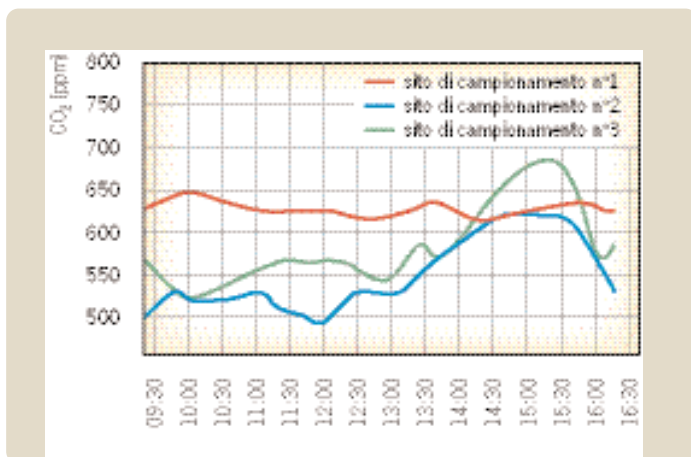
ed idroclorofluorocarburi. Vengono definiti composti organici volatili tutti i composti che presentano, in condizioni ambiente, una pressione di vapore maggiore uguale di 1.3 hPa.

Contaminante. Sostanza indesiderata che può ridurre la qualità dell'aria indoor.

Diossido di carbonio. Normale costituente delle esalazioni respiratorie degli individui l'anidride carbonica (formula chimica CO₂) è un composto inorganico presente naturalmente nell'aria esterna. Pur essendo un gas non nocivo né tossico, a determinate concentrazioni è indice di scarsa

ventilazione e segnala quindi che un ambiente è soggetto ad un eventuale accumulo di fattori inquinanti.

Formaldeide. Composto organico gassoso a temperatura ambiente, la formaldeide (formula chimica HCHO), specialmente nei nuovi edifici, può essere rilasciata da



D. Profilo dei campionamenti relativi al diossido di carbonio.

Sito di campionamento	Diossido di carbonio CO ₂ PPM
N° 1 (ore 09:30-13:00)	639
N° 2 (ore 09:30-13:00)	527
N° 3 (ore 09:30-13:00)	550
N° 1 (ore 13:00-16:30)	644
N° 2 (ore 13:00-16:30)	597
N° 3 (ore 13:00-16:30)	612
Esterno*	405

Tab. 4 - Dati rilevati di diossido di carbonio.

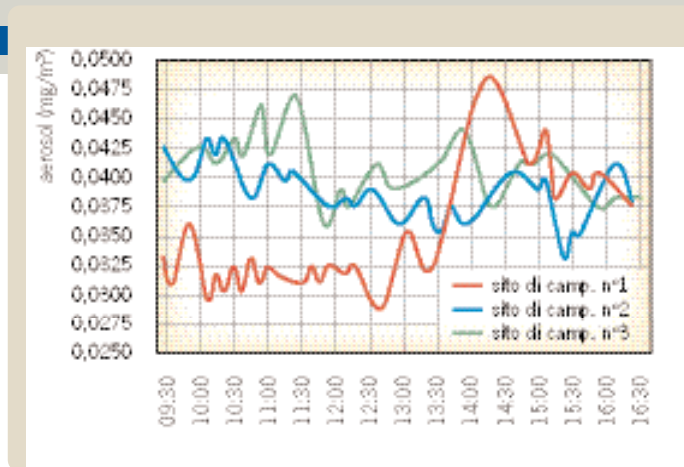
* Dati del campionamento in esterno
fonte ARPA Lombardia.

di accettabilità indoor, per suddetti inquinanti non si è deciso di non procedere ad ulteriori e più complesse analisi.

La normativa

In Italia, data la carenza di riferimenti legislativi in merito a limiti di esposizione delle sostanze, la giurisprudenza è pienamente concorde nell'utilizzare standard di riferimento americani quali, ad esempio, i TLV (Threshold Limit Value = Valore limite di soglia) dell'ACGIH quale strumento di riferimento per gli ambienti di lavoro.

Nella tabella 6 sono riportati gli standard a cui si è fatto riferimento e i valori limite, dettati da diversi enti, in riferimento agli inquinanti indoor considerati durante lo svolgimento della presente indagine



E. Profilo dei campionamenti relativi alle polveri sottili PM10.

Sito di campionamento	Polveri sottili PM10 µg/m ³
N° 1 (ore 09:30-13:00)	32
N° 2 (ore 09:30-13:00)	39
N° 3 (ore 09:30-13:00)	41
N° 1 (ore 13:00-16:30)	39
N° 2 (ore 13:00-16:30)	37
N° 3 (ore 13:00-16:30)	40
Esterno*	144

Tab. 5 - Dati rilevati di Polveri sottili PM10.

* Dati del campionamento in esterno
fonte ARPA Lombardia.

Conclusioni

Attualmente il trend della ricerca nel campo della qualità dell'aria indoor si indirizza verso ambienti normalmente ritenuti a basso rischio di inquinamento indoor, soprattutto uffici, ma anche ambienti residenziali, scuole, alberghi. Oltre alla permanenza continua degli occupanti in tali ambienti, altri fattori quali nuovi materiali da costruzione e da arredo, l'uso non corretto dei sistemi di climatizzazione e la manutenzione non accurata degli stessi, l'accresciuto inquinamento esterno, contribuiscono sinergicamente ad un notevole deterioramento della qualità e della salubrità dell'aria indoor.

In questo scenario, la progettazione e lo studio della qualità dell'aria indoor richiederanno sempre di più un approccio multidisciplinare e multidimensionale.

Bibliografia

- ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists), 2002. Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices

Glossario

vernici e da materiali da arredo quali ad esempio trucioli e compensati.

Microclima. Il microclima è l'insieme dei fattori (temperatura, umidità, velocità dell'aria) che regolano le condizioni climatiche di un ambiente chiuso o semi-chiuso come ad esempio un ambiente di lavoro.

Monossido di carbonio. Prodotto di combustione incompleta dei combustibili organici, il monossido di carbonio (formula chimica CO) è presente negli scarichi dei veicoli e nel fumo di tabacco. È tossico anche a basse concentrazioni.

Particolato. Il particolato, o particolato sospeso, o polveri sottili, o polveri totali sospese (PTS), sono termini che

identificano la miscela, complessa e mutevole delle sostanze sospese in aria (fibre, particelle carboniose, metalli, silice, inquinanti liquidi o solidi)

Parti per milione (PPM). Unità di misura utilizzata per indicare livelli estremamente bassi di concentrazione di un elemento chimico o di una qualsiasi sostanza. Il valore delle

Inquinante	ASHRAE	OSHA	ACGIH	WHO
Monossido di carbonio	9 PPM 8hr	---	25 PPM	10 PPM 8 hr 25PPM 1hr
Polveri sottili PM 10	50 µg/m ³ 150 µh/m ³	---	---	---
Formaldeide	0.05 PPM 8hr	0.75 PPM 8 hr 2.00 PPM hr	0.3 PPM	0.8 PPM 8hr
Stirene	---	---	20 PPM	---

ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienist

ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

OSHA: Occupational Safety and Health Administration

WHO: World Health Organization

Tab. 6 – Standard di riferimento americani.

- ASHRAE Standard 62.1-2004, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality in Commercial, Institutional, Industrial and High Rise Residential Buildings. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc.: Atlanta, 2005
- ASHRAE. 2003. Thermal environmental conditions for human occupancy. BSR/ASHRAE Standard 55P. Fourth Public Review. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- Bellucci Sessa R, Riccio G, 2004, Sistemi di controllo della qualità dell'aria: gli impianti di condizionamento, G Ital Med Lav Erg, 26:4
- Carrer P, Maroni M, Alcini D, et al. Assessment through environmental and biological measurements of total daily exposure to volatile organic compounds of office workers in Milan, Italy. Indoor Air 2000; 10(4)
- CEN (European Committee for Standardisation). Design criteria and the indoor environment. In the Technical Report CR1752. TC156 Ventilation for Buildings: Brussels, 1998-2004
- De Santoli L, Fracastoro G, La Qualità dell'aria negli ambienti interni: soluzioni e strategie Collana AICARR, 1998
- Decreto Legislativo 19 Settembre 1994 n. 626. Attuazione delle direttive riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro
- Della Torre M, Carrer P, Cavallo D, Peruzzo C, Scarpa M, Taronna M, Maroni M, Utilizzazione di un questionario standardizzato per la rilevazione dello stato di salute e comfort degli occupanti in edifici ad uso ufficio G Ital Med Lav Erg 2004; 26:4, Suppl.
- Dipartimento della Prevenzione Piano di prevenzione per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati. Roma 29 Luglio 1999
- <http://www.acgih.org>
- <http://www.aicarr.it>
- <http://www.cdc.gov/niosh/topics/indoorenv>
- <http://www.epa.gov/iaq>
- <http://www.osha.gov/SLTC/indoorairquality>
- <http://www.uni.com>
- Maroni, M., Carrer P, Alcini D, Cavallo D, 1997 Effetti della qualità dell'aria sulla salute e sul comfort: acquisizioni recenti Gazzetta Ufficiale Supplemento Ordinario n. 276 del 27/11/2001
- Muzi G, Dell'Omo M, Murgia N, Abbritti G, Inquinanti chimici dell'aria interna ed effetti sulla salute G Ital Med Lav Erg 2004; 26:4
- Seppanen OA, Fisk WJ, Mendell MS. Association of ventilation rates and CO₂ concentration with health and other responses in commercial and industrial buildings. Indoor Air 1999; 9
- USEPA/NIOSH, 1998. Building Air Quality Action Plan. U.S. Environmental Protection Agency and the U.S. National Institute of Occupational Safety and Health. Washington, D.C. EPA Publication No. 402-K-98-001
- Wargocki P, Sundell J, Bischof Wet al. Ventilation and health in non-industrial indoor environments: report from a European Multidisciplinary Scientific Consensus Meeting (EUROVEN). Indoor Air 2002; 12
- WHO: Air Quality Guidelines 1999. Chapter 3: Health-based Guidelines. Geneva, World Health Organisation, 2000
- WHO (World Health Organization), 1987. Air quality guidelines for Europe. WHO Regional Publications, European Serie

PPM è equivalente alla quantità assoluta frazionale moltiplicata per un milione (10⁶).

Qualità dell'aria indoor (IAQ). Negli ambienti confinati, l'insieme delle caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche dell'aria che possono influire sul comfort e sul benessere degli occupanti.

Qualità dell'aria indoor accettabile. Aria in cui non sono conosciuti contaminanti in concentrazioni dannose, secondo quanto stabilito dalle autorità competenti e verso la quale una notevole percentuale di occupanti (80% o più) esprime soddisfazione.

Stirene. Idrocarburo aromatico tossico a determinate concentrazioni, viene emesso da materie plastiche per arredi, isolanti, gomme.

Ventilazione Processo attraverso cui viene fornita o rimossa aria da uno spazio al fine di controllarne il livello dei contaminanti, l'umidità e la temperatura.