

IAQ – LA QUALITA' DELL' ARIA INTERNA

Lo stato dell'arte

Ing. Stefano Rocco
Direttore tecnico – Divisione Termoidraulica Garofoli S.p.A.

Le indagini sugli stili di vita dei cittadini ci dicono che le persone, nell'arco della giornata, trascorrono la maggior parte del proprio tempo in ambienti chiusi (indoor). I risultati di numerosi studi mettono in evidenza che la concentrazione di inquinanti nell'aria degli ambienti confinati, è spesso superiore ai rispettivi valori esterni. A tal fine è importante che l'aria non sia inquinata.

L' Inquinamento Interno è definito come:

(*)Qualsiasi alterazione delle caratteristiche chimico fisiche e biologiche dell'aria, determinata sia da variazioni di concentrazione dei suoi normali costituenti sia e soprattutto, dalla presenza di sostanze estranee alla sua composizione normale in grado di determinare effetti di molestia e/o danno all'uomo.

L' Ambiente Indoor si intende:

(**)gli ambienti confinati di vita e di lavoro non industriale (per quest'ultimi vige una specifica normativa), ed in particolare, quelli adibiti a dimora, svago, lavoro e trasporto. Secondo questo criterio l'ambiente indoor comprende le abitazioni, gli uffici pubblici e privati, le strutture comunitarie, locali destinati ad attività ricreative e/o sociali e mezzi di trasporto pubblici e/o privati.

(*) Fonte Ministero dell'Ambiente, 1991

(**) Fonte Accordo del 27/09/2001 tra il Ministero della Salute, le regioni e le province autonome.

In seguito al manifestarsi di patologie correlate all'ambiente costruito, l'attenzione si è rivolta all'ambiente interno.

- **Malattia correlata all'edificio (Building Related Illness - BRI):** malattie le cui cause sono correlate all'edificio (febbre da umidificatore, legionellosi, tumore dovuto al radon, ecc.);
- **Sindrome dell'Edificio Malato (Sick Building Syndrome - SBS):** insieme di sintomi generali (mal di testa, difficoltà di concentrazione, irritazione degli occhi, senso di malessere generale) che colpiscono un numero significativo (>20%) delle persone che soggiornano in determinati edifici; i sintomi spariscono abbandonando l'edificio. Cause dovute ad un senso di insoddisfazione generalizzato dell'edificio cui concorrono fattori diversi (inquinamento dell'aria interna, condizioni microclimatiche, illuminazione, rumore, stress, ecc.).

Negli ultimi anni la qualità dell'aria indoor è stata finalmente riconosciuta come obiettivo imprescindibile di una strategia integrata relativa all'inquinamento atmosferico nel suo complesso. Basti pensare che nel 2000 con l'esordio del documento "The Right to Healthy Indoor Air" emesso dal OMS, si è finalmente riconosciuta ***l'importanza di una salutare Aria Indoor come un diritto umano fondamentale.***

OMS – ORGANIZZAZIONE MONDIALE DELLA SALUTE



The Right to Healthy Indoor Air

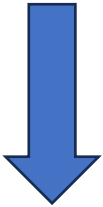
Report on a WHO Meeting

Bilthoven, The Netherlands
11-17 May 2000

Document WHO/EURO/2000/16, 11
2000

La qualità dell'aria interna è un fattore determinante per la salute e il benessere. Il controllo della qualità dell'aria interna è spesso inadeguato, uno dei motivi è la scarsa argomentazione, apprezzamento e comprensione dei principi fondamentali alla base delle politiche e delle azioni legati alla qualità dell'aria interna. Di conseguenza, il pubblico in generale non ha familiarità né con i principi né con i relativi diritti. **Un gruppo di lavoro dell'OMS è convenuto ad un accordo su una serie di affermazioni riassunte nel documento "Il diritto di respirare aria salubre in un ambiente confinato"**, basato sui principi fondamentali in ambito di diritti umani, dell'etica biomedica, dell'ecologia e della sostenibilità. Questo documento presenta le conclusioni del gruppo di lavoro con l'intento di informare gli individui e i gruppi responsabili della salubrità dell'aria interna sui loro diritti e doveri e le persone, portando alla loro attenzione tali diritti.

PREMESSE



CONSEGUENZA



RISULTATO

La qualità dell'aria interna è un fattore determinante per la salute e il benessere

Il controllo della qualità dell'aria interna è spesso inadeguato, uno dei motivi è la scarsa argomentazione, apprezzamento e comprensione dei principi fondamentali alla base delle politiche e delle azioni legati alla qualità dell'aria interna.

il pubblico in generale non ha familiarità né con i principi né con i relativi diritti

Un gruppo di lavoro dell'OMS è convenuto ad un accordo su una serie di affermazioni riassunte nel documento "Il diritto di respirare aria salubre in un ambiente confinato".



IAQ – LA QUALITA' DELL'ARIA INTERNA

I - In virtù del principio del diritto umano alla salute, ogni individuo ha **il diritto di respirare aria sana in un ambiente confinato.**

II - In virtù del principio del rispetto per l'autonomia "autodeterminazione", ogni individuo ha diritto **a un'informazione adeguata** sulle sue esposizioni potenzialmente nocive e di essere provvisto di mezzi efficaci per controllare almeno una parte di esse.

III - In virtù del principio di non-malevolenza **"non fare alcun danno"**, non devono essere introdotti nell'aria interna nessun agente inquinante, a cui concentrazione espone ogni occupante ad un inutile rischio sanitario.

IV - In virtù del principio di benevolenza "bene", tutti gli individui, gruppi e organismi associati ad un edificio, sia privati che pubblici o governativi, hanno la responsabilità di propugnare o lavorare per **rendere la qualità dell'aria accettabile per gli occupanti.**

V - In virtù del principio della giustizia sociale, la situazione socio-economica degli occupanti non dovrebbe avere alcuna influenza sul loro accesso ad un'aria interna sana, ma lo stato di salute possono determinare esigenze speciali per alcuni gruppi.

VI - In virtù del principio della responsabilità, tutte le pertinenti organizzazioni dovrebbero **stabilire criteri espliciti per la valutazione della qualità dell'aria in un edificio** e il suo impatto sulla salute della popolazione e sull'ambiente.

VII - Nel quadro del **principio di precauzione** dove esiste un rischio di esposizione a sostanze inquinanti nell'aria interna, la presenza di incertezza non può essere utilizzata come giustificazione per rinviare misure economicamente efficaci per prevenire tale esposizione.

VIII - Nel quadro del **"chi inquina paga"**, il principio chi inquina è responsabile per eventuali danni alla salute e/o benessere derivanti dall'esposizione ad un'aria interna malsana. Inoltre, chi inquina è responsabile per la riduzione del rischio (mitigation) e del risanamento.

IX - In virtù del principio della sostenibilità, **aspetti sanitari e ambientali non possono essere separati**, e la fornitura di un'aria interna sana non dovrebbe compromettere la globale o locale integrità ecologica, o i diritti delle generazioni future.

Cause e principali effetti

Cause

- Politiche di risparmio energetico
- Nuovi materiali di derivazione chimica
- Scarsa attenzione progettuale degli impianti di termoventilazione e relativa manutenzione
- Diverse abitudini di vita delle persone, che tendono a trascurare le normali operazioni di pulizia
- Uso di prodotti e strumenti che aumentano l'inquinamento dell'ambiente interno (pulizia e manutenzione, antiparassitari, colle e vernici, stampanti, fotocopiatrici ecc.)
- Impianti di ventilazione
- (*)Tempo di stazionamento delle persone negli ambienti confinati (80-90% del tempo giornaliero)

Principali Effetti

In funzione del tipo e della concentrazione dell'inquinante ma soprattutto dal tempo di esposizione e della suscettibilità dell'individuo.

- Effetti irritativi su cute e mucose
- Effetti sul sistema nervoso
- Effetti sensoriali
- Effetti sul sistema riproduttivo, cardiovascolare e gastrointestinale
- Effetti respiratori
- Effetti genotossici
- Sick building syndrome

(*) Fonti U.S.EPA, 1989 – Carrer et al., 2000 – Simoni et al., 1998

Classificazione degli inquinanti

Agenti Chimici

- Monossido di carbonio (CO)
- Biossido di azoto (NO₂)
- Biossido di zolfo (SO₂)
- Composti organici volatili (VOC)
- Formaldeide (CH₂O)
- Benzene (C₆H₆)
- Idrocarburi aromatici policiclici (IPA)
- Ozono (O₃)
- Particolato aerodisperso (PM₁₀, PM_{2,5})
- Composti presenti nel fumo di tabacco ambientale
- Pesticidi
- Amianto

Contaminanti Biologici

- Batteri
- Virus (Sar-Cov-II)
- Pollini
- Funghi e Muffe
- Acari
- Allergeni degli animali.

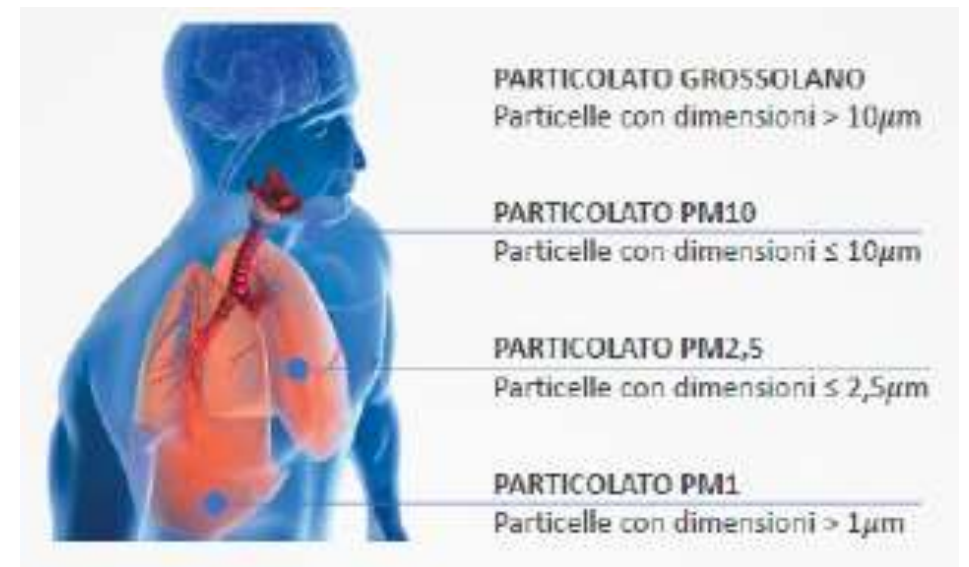
Agenti Fisici

- Campi elettromagnetici (c.e.m.)
- Rumore
- Radon

Quando l'aria è accettabile?

La qualità dell'aria interna è considerata accettabile quando in essa non sono presenti contaminanti conosciuti in concentrazioni ritenute dannose, secondo quanto stabilito dalle autorità competenti (linee guida OMS), e rispetto alla quale la maggioranza delle persone presenti, almeno l'80%, non esprima insoddisfazione.

Nonostante la qualità dell'aria interna per gli edifici pubblici e privati non sia ancora regolata da veri e propri riferimenti normativi (fanno riferimento i parametri dell'aria esterna), si evidenzia sempre più come una delle tematiche a livello mondiale a forte sensibilizzazione. Ne sono prova le pubblicazioni che sono state rilasciate nel corso degli ultimi anni.



Elenco pubblicazioni e D.lgs

- The Right to Healthy Indoor Air (15-17/05/2000) – World Health Organization (OMS).
- WHO Guidelines for IAQ: Dampness and Mould (2009) - World Health Organization (OMS).
- WHO Guidelines for IAQ: Selected Pollutants (2010) - World Health Organization (OMS).
- **WHO Global Air Quality Guidelines (2021) - World Health Organization (OMS).**
- Linee guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati – S.O. 252 alla G.U. 276 del 27/11/2001 Acc. Ministero della Salute, Regioni e le Province Autonome.
- Legge 3/2003 art.51 in vigore dal 10/01/2005 “Tutela della salute dei non fumatori”.
- Linee guida per la definizione di protocolli tecnici di manutenzione predittiva sugli impianti di climatizzazione – Provvedimento 05/10/2006 del Ministero della Salute (G.U. del 03/11/2006).
- Testo unico per la sicurezza D.Lgs. 81/2008 (ultimo aggiornamento Aprile 2022).
- D.Lgs. 155 del 13/08/2010 e successivo aggiornamento D.Lgs. 250 del 24/12/2012 “Regolamenta l’inquinamento atmosferico esterno“ a cui in mancanza di valori di concentrazione limite per gli inquinanti indoor, si fa riferimento anche per quest’ultimi.
- Procedura operativa per la valutazione e gestione dei rischi correlati all’igiene degli impianti di trattamento aria – Repertorio atti nr. 55 del 07/02/2013 Acc. Governo, Regioni e le Province Autonome.
- DPCM 26 luglio 2022 “Linee guida specifiche tecniche in merito all’adozione di dispositivi mobili di purificazione e impianti fissi di aerazione e agli standard minimi di qualità dell’aria negli ambiti scolastici.
- **Criteri ambientali minimi (CAM)** per l’affidamento del servizio di progettazione di interventi edilizi, per l’affidamento dei lavori per interventi edilizi e per l’affidamento congiunto di progettazione e lavori per interventi edilizi (Par. 2.4.4 – 2.4.5).

Ventilazione e Filtrazione per una sana e migliore qualità dell'aria interna

L'aria pulita è fondamentale per la salute. Rispetto alla precedente edizione di queste linee guida, ora c'è un corpo di prove molto più forte per mostrare come l'inquinamento atmosferico influenzi diversi aspetti della salute a concentrazioni ancora più basse di quanto precedentemente inteso.

Si stima che ogni anno l'esposizione all'inquinamento atmosferico causi ancora milioni di morti e la perdita di anni sani della vita. L'onere della malattia attribuibile all'inquinamento atmosferico è ora stimato essere alla pari con altri importanti rischi per la salute globale come diete malsane e fumo di tabacco.

Nel 2015, l'Assemblea mondiale della sanità ha adottato una risoluzione storica sulla qualità dell'aria e salute, riconoscendo l'inquinamento atmosferico come un fattore di rischio per malattie non trasmissibili come cardiopatia ischemica, ictus, broncopneumopatia cronica ostruttiva, asma e cancro, e il tributo economico che comportano



Ventilazione e Filtrazione per una sana e migliore qualità dell'aria interna

Queste linee guida, che tengono conto dell'ultimo corpus di prove sugli impatti sulla salute dei diversi inquinanti atmosferici, sono un passo fondamentale in questa risposta globale.

Sebbene il carico dell'inquinamento atmosferico sia eterogeneo, il suo impatto è onnipresente.

Queste linee guida giungono in un momento di sfide senza precedenti, di fronte alla minaccia esistenziale del cambiamento climatico.

Indirizzamento dell'inquinamento atmosferico contribuirà e trarrà beneficio dalla lotta globale contro il cambiamento del clima e deve essere una parte fondamentale della ripresa globale, come prescritto dal Manifesto dell'OMS.

La ricompensa è un'aria più pulita e una salute migliore per le generazioni a venire.

Table 0.1. Recommended AQG levels and interim targets

Pollutant	Averaging time	Interim target				AQG level
		1	2	3	4	
PM _{2.5} , µg/m ³	Annual	35	25	15	10	5
	24-hour ^a	75	50	37.5	25	15
PM ₁₀ , µg/m ³	Annual	70	50	30	20	15
	24-hour ^a	150	100	75	50	45
O ₃ , µg/m ³	Peak season ^b	100	70	-	-	60
	8-hour ^a	160	120	-	-	100
NO ₂ , µg/m ³	Annual	40	30	20	-	10
	24-hour ^a	120	50	-	-	25
SO ₂ , µg/m ³	24-hour ^a	125	50	-	-	40
CO, mg/m ³	24-hour ^a	7	-	-	-	4

^a 99th percentile (i.e. 3-4 exceedance days per year).

^b Average of daily maximum 8-hour mean O₃ concentration in the six consecutive months with the highest six-month running-average O₃ concentration.

Strategie di bonifica e controllo

Strategie che intervengono sulla fonte inquinante.

- Rimozione della fonte;
- Il confinamento;
- L'esalazione localizzata;
- Il trattamento della fonte.

Strategie che intervengono sull'aria ambiente.

- **Ventilazione (Diluizione degli inquinanti)** La diluizione degli inquinanti viene ottenuta mediante ricambio dell'aria ambiente con aria esterna di rinnovo; la ventilazione viene detta meccanica quando sostenuta da opportuni ventilatori, naturale quando provocata dalle differenze di pressione esistenti per effetto dei campi di temperatura, della velocità del vento.
- **Filtrazione (Rimozione degli inquinanti)** La rimozione di inquinanti si può ottenere mediante filtrazione (filtri meccanici, filtri elettrostatici, ecc.) dell'aria interna e/o dell'aria esterna di rinnovo e, nel caso fosse necessario, utilizzando sistemi depuranti ad assorbimento e/o ad adsorbimento (abbattitori ad umido, carboni attivi, allumine, ecc.)

La ventilazione

In generale, la Qualità dell'Aria Interna (IAQ) si controlla attraverso la diluizione generalizzata degli inquinanti con ventilazione naturale o artificiale mediante introduzione di aria esterna filtrata, eventualmente miscelata con aria di ricircolo o secondaria.

La ventilazione è l'intenzionale immissione di aria all'interno degli ambienti ed i principali obiettivi sono:

- Garantire la qualità dell'aria interna diluendo gli inquinanti particellari e gassosi presenti;
- Se richiesto mantenere una adeguata temperatura ambiente;
- Ridurre i problemi respiratori;
- Aumentare la produttività dei lavoratori e migliorare le capacità di apprendimento nelle scuole;
- Eliminare i problemi legati alle muffe ed alle condense.

LA VENTILAZIONE E' IN CONTRASTO CON LE ESIGENZE DI RISPARMIO ENERGETICO

Riferimenti normativi

UNI EN 16798-1:2019 e UNI CEN/TR 16798-2:2020 (Ex UNI EN 15251:2008)

Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 1: Parametri di ingresso dell'ambiente interno per la progettazione e la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica.

Allegato A normativo nazionale «Tutti i criteri nazionali raccomandati per l'ambiente confinato» (Approvato in via di pubblicazione)

UNI EN 16798-3:2018 e UNI CEN/TR 16798-4:2018 (Ex UNI EN 13779:2008)

Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 3: Per gli edifici non residenziali - Requisiti prestazionali per i sistemi di ventilazione e di condizionamento degli ambienti.

UNI EN ISO 7730:2006

Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale.

UNI EN ISO 12097:2007

Ventilazione degli edifici - Rete delle condotte - Requisiti relativi ai componenti atti a facilitare la manutenzione delle reti delle condotte.

UNI EN 15665:2009 e CEN/TR 14788:2006

Ventilazione degli edifici - Determinazione dei criteri di prestazione per i sistemi di ventilazione residenziali

Riferimenti normativi

UNI EN ISO 16890:2017 (Ex UNI EN 779:2012)

La norma si applica ai filtri per aria destinati alla ventilazione e la classificazione si basa sulla capacità di rimozione del particolato definito come frazioni del PM10. In questo modo è possibile associare facilmente l'efficienza di filtrazione alle reali capacità di abbattere il particolato atmosferico, la cui concentrazione viene espressa in massa secondo le frazioni di PM10, PM2,5 e PM1.

UNI 11254:2007

Filtri per aria elettrostatici attivi per la ventilazione generale - Determinazione della prestazione di filtrazione

UNI EN 15780:2011

Ventilazione degli edifici - Condotti - Pulizia dei sistemi di ventilazione.

UNI 10339:1995 (in vigore ma non più realmente applicabile)

Impianti aeraulici al fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura.

La ventilazione per migliorare la qualità dell'aria interna

Strategie di intervento

La principale strategia d'intervento attuale è ancora quella di ventilare l'ambiente interno in modo più o meno massiccio con l'aria prelevata all'esterno debitamente filtrata. Inoltre esiste ancora l'assioma che più aria esterna si utilizza migliore risulterà essere la qualità dell'aria interna. Ovviamente ciò è vero soltanto quando l'aria esterna è di buona qualità, ma soltanto recentemente si valuta oggettivamente il grado di purezza dell'aria esterna.

Spesso si lava ancora oggi una superficie sporca (l'aria in un locale interno) con un panno anch'esso sporco (l'aria esterna), creando così sovrapposizione di sporco più pericoloso di quello che si voleva eliminare. Quindi la cosa principale è quella di utilizzare sempre panni puliti e nel caso non lo fossero, provvedere e predisporre accorgimenti quali la loro preventiva pulizia e igienizzazione.

Le Normative e la legislazione attuali

La qualità dell'aria interna degli ambienti confinati è oggetto di normativa tecnica in Italia dal 1995 con la norma UNI 10339 "Impianti aeraulici a fini di benessere" che sancisce questo principio, determinando ed indicando le quantità minime d'aria esterna (m³/h) necessarie all'ambiente interno in funzione principalmente della sua destinazione d'uso e al suo indice di affollamento (pers/mq). Tale impostazione della norma ignora e faceva ignorare completamente, la necessaria classificazione qualitativa dell'aria che si voleva e si doveva usare per pulire quella interna, contribuendo così di fatto, a peggiorare in molti la situazione interna già in essere. Inoltre l'utilizzo di determinati sistemi filtranti citati nella norma stessa, riduceva solo un poco questo rischio, in quanto l'efficienza loro richiesta, non è in grado di fermare e trattenere le sostanze inquinanti tipicamente presenti nell'aria esterna delle nostre città.

Nel 2001 viene pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale, «le linee guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati» e **da il via ad una serie di d'iniziative legislative nazionali e regionali sul tema della qualità dell'aria interna.** Inoltre il documento affermava che **in Italia non vi erano norme di riferimento volte alla tutela della salute negli ambienti confinati ma solo disposizioni nazionali e direttive comunitarie frammentarie e non in grado di gestire efficacemente la complessa materia. Quindi va da sé che la citata norma non era più in grado di assolvere il compito assegnatole, sia sotto il punto di vista tecnico-funzionale che legislativo.**

La ventilazione per migliorare la qualità dell'aria interna

Metodologie di approccio normativo

Allo stato attuale, tutto fa riferimento alla tutela della salute degli occupanti gli ambienti confinati, in relazione all'inquinamento indoor e alle metodologie di ventilazione e filtrazione dell'aria è oggetto di normative europee approvate (EN UNI 16798 in 9 grandi temi diversi con 9 relativi consigli attuativi). Tali normative sono volte all'ottenimento di prestazioni in linea con i dettami attuali dell'OMS e sono espresse secondo concentrazioni massime accettabili di specifici inquinanti aerodispersi e in particolare dei PM, ovverosia polveri sottili.

In questo quadro normativo europeo, l'Italia, tramite i suoi organi normativi, ha da poco approvato la stesura della revisione della 10339 rev. che si trova al vaglio di UNI per la pubblicazione.

Le normative internazionali, comprese quelle europee descrivono due principali metodi di intervento utilizzabili al fine di ottenere in ambiente una concentrazione d'inquinanti tale da rappresentare un rischio per la salute accettabile.

La ventilazione per migliorare la qualità dell'aria interna

METODO PRESCRITTIVO:

- L'impianto deve assicurare, un'immissione di aria esterna pari o superiore ai valori minimi determinati in relazione alla classe di qualità richiesta e alla soluzione adottata per la diffusione dell'aria in ambiente. Le portate minime di aria esterna vengono riferite al numero di persone presenti o alla superficie utile in pianta. Una filtrazione minima convenzionale dell'aria tramite impiego di filtri di classe appropriata per ciascun tipo di locale. Una movimentazione dell'aria con velocità comprese entro limiti previsti.

METODO PRESTAZIONALE:

- L'impianto deve assicurare che all'interno dell'ambiente considerato non vi siano sostanze inquinanti in concentrazioni tali da arrecare alle persone che ci vivono o lavorano. La certificazione di un impianto di ventilazione realizzato in base a questa metodologia è data dalle prestazioni reali dell'impianto stesso, prestazioni legate alla verifica della presenza in ambiente di inquinanti in concentrazioni tali da essere un rischio ritenuto accettabile per la salute delle persone presenti.

- Numero delle persone presenti
- Superficie dell'ambiente occupato in m²
- Portate minime di ventilazione per persona / classe qualità
- Portate minime di ventilazione per m² / classe qualità
- Classe di qualità dell'ambiente confinato
- Efficienza di ventilazione
- Classe di qualità dell'aria esterna immessa
- Verifica dei risultati

- Determinazione e qualificazione degli inquinanti interni (produzione interna e concentrazione esterna)
- Scelta dell'inquinante di riferimento o rilevante
- Determinazione dei suoi limiti interni
- Classe di qualità dell'aria esterna immessa (SUP)
- Ventilazione con una porzione minima di aria esterna (ODA)
- Filtrazione di aria ricircolata (RCA) e/o aria secondaria (SEC)
- Verifica dei risultati

Esempio di calcolo – Liceo Scientifico “Marconi” Foggia

L'applicazione al contesto SCUOLE:


La problematica delle scuole, ed in particolare delle aule scolastiche è legata al fatto che:

- Sono ambienti con elevato affollamento (15-20 persone mediamente in 30 mq);
- Non ci sono sistemi di ventilazione meccanica;
- Nei mesi freddi non si possono tenere le finestre aperte tutta la giornata;
- Dalle finestre entrano le polveri sottili che sono all'esterno peggiorando la qualità dell'aria;
- Non si può imporre agli alunni, soprattutto ai più piccoli, l'utilizzo delle mascherine a tempo pieno;
- Non ci sono altri sistemi che riducono la concentrazione degli inquinanti, polveri sottili soprattutto.

Esempio di calcolo – Liceo Scientifico “Marconi” Foggia

Metodo prescrittivo:

Calcolo della portata di aria esterna

Dati: Aula mq 33, Altezza 3 m, affollamento 0,5 p/mq  circa 17 alunni

Legge 18/12/1975 – coefficiente di ricambio 0,5 vol/h  495 m³/h

Uni 10339/1995 – $11 \cdot 10^{-3}$ m³/s pers. 39mc/h pers.  428 m³/h

D.P.C.M. 26 luglio 2022 - 10 l/s persona  594 m³/h

UNI EN 16798 – 1 22 mc/h persona + 3,6 m³/h m²  481,8 m³/h

Esempio di calcolo – Liceo Scientifico “Marconi” Foggia

Metodo prestazionale basato sul Bilancio della Massa – Capacità di abbattimento delle polveri

Dati: Aula mq 33, Altezza 3 m, affollamento 0,5 p/mq	circa 17 alunni
Co = Conc. PM2,5 aria esterna	26 µg/m ³ (valore Arpa Foggia 13 µg/m ³)
Ci = Conc. PM2,5 max	20 µg/m ³ (valore di legge 25 µg/m ³)
Portata aria esterna	300 mc/h;
Efficienza di ventilazione convenzionale	0,8;
Fattore di riduzione dell’aria secondaria	1 (aria secondaria sempre in funzione)
Fattore di riduzione della ventilazione	1 (aria secondaria sempre in funzione)
Efficienza di filtrazione sull’aria secondaria	0.9
Efficienza di filtrazione sull’aria esterna	0,7

$$Q_h = \frac{G_h}{C_{h,i} - C_{h,o}} \cdot \frac{1}{\varepsilon_v}$$

Q_h is the ventilation rate required for dilution, in m³ per second;

G_h is the generation rate of the substance, in micrograms per second;

$C_{h,i}$ is the guideline value of the substance, in micrograms per m³;

$C_{h,o}$ is the concentration of the substance of the supply air, in micrograms per m³;

ε_v is the ventilation effectiveness.

Esempio di calcolo della capacità di abbattimento
– Liceo Scientifico “Marconi” Foggia - PRESTAZIONALE

TB
Tecnica Bontemp

Programma di calcolo I.A.Q

<i>V_o</i>	Quantità dell'aria esterna totale	m3/ora	300
<i>C_o</i>	Concentrazione inquinanti nell'aria esterna	microgrammi/m3	26
<i>V_{as}</i>	Quantità dell'aria secondaria totale	m3/ora	400
<i>E_v</i>	Efficienza di ventilazione	0,1 a 1	0,8
<i>Fr.as</i>	Fattore di riduzione dell'aria secondaria	0,1 a 1	1
<i>Fr.v</i>	Fattore di riduzione della ventilazione	0,1 a 1	1
<i>Ef.as</i>	Efficienza di filtrazione sull'aria secondaria	0,1 a 1	0,9
<i>Ef.e</i>	Efficienza di filtrazione sull'aria esterna	0,1 a 1	0,7
<i>C_i</i>	Concentrazione inquinanti interna voluta	microgrammi/m3	20
<i>N_i</i>	PRODUZIONE INQUINANTI INTERNI	Micro/g/minuto	145

Esempio di calcolo della capacità di abbattimento
– Liceo Scientifico “Marconi” Foggia - PRESCRITTIVO

Programma di calcolo I.A.Q			TB Tecnica Bontempi
<i>V_o</i>	Quantità dell'aria esterna totale	m3/ora	595
<i>C_o</i>	Concentrazione inquinanti nell'aria esterna	microgrammi/m3	26
<i>V_{as}</i>	Quantità dell'aria secondaria totale	m3/ora	0
<i>E_v</i>	Efficienza di ventilazione	0,1 a 1	0,8
<i>Fr_{as}</i>	Fattore di riduzione dell'aria secondaria	0,1 a 1	1
<i>Fr_v</i>	Fattore di riduzione della ventilazione	0,1 a 1	1
<i>Ef_{as}</i>	Efficienza di filtrazione sull'aria secondaria	0,1 a 1	0,9
<i>Ef_e</i>	Efficienza di filtrazione sull'aria esterna	0,1 a 1	0,7
<i>C_i</i>	Concentrazione inquinanti interna voluta	microgrammi/m3	20
<i>N_i</i>	PRODUZIONE INQUINANTI INTERNI	Micro/g/minuto	97

Esempio di calcolo della capacità di abbattimento – Liceo Scientifico “Marconi” Foggia

CONCLUSIONI

L'approccio prestazionale non solo determina una riduzione del 50% della quantità di aria esterna rispetto all'approccio prescrittivo (@ UNI EN 16798:1 allegato A tabelle A.6 e A.7b) ma permette di abbattere una produzione di inquinanti interni decisamente superiore pari a 1,5 volte il valore ottenuto con il metodo prescrittivo (97 µg/min), consentendo così un risparmio non solo nella fase realizzativa (investimento iniziale) ma anche nella successiva gestione. Qualora ipotizzassimo comunque una produzione interna quale quella stimata con l'approccio prescrittivo paria 97 µg/min all'interno del sistema dimensionato con la modalità prestazionale otterremmo una concentrazione media pari a 9 µg/min (Classe I @ UNI EN 16798-1 allegato A tabella A.9).

<i>Programma di calcolo I.A.Q</i>			
<i>V_o</i>	Quantità d'aria esterna totale	m3/ora	300
<i>C_o</i>	Concentrazione inquinanti nell'aria esterna	microgrammi/m3	26
<i>N_i</i>	Produzione inquinanti interni totale	microgrammi/min.	97
<i>E_v</i>	Efficienza di ventilazione	0,1 a 1	1
<i>Fr.as</i>	Fattore di riduzione dell'aria secondaria	0,1 a 1	1
<i>Fr.v</i>	Fattore di riduzione della ventilazione	0,1 a 1	1
<i>Ef.as</i>	Efficienza di filtrazione sull'aria secondaria	0,1 a 1	0,8
<i>Ef.e</i>	Efficienza di filtrazione sull'aria esterna	0,1 a 1	1
<i>V.as</i>	Quantità dell'aria secondaria totale	m3/ora	400
<i>C_i</i>	CONCENTRAZIONE INTERNA	Micro/g/M3	9

Esempio di calcolo della capacità di abbattimento – Liceo Scientifico “Marconi” Foggia

CONCLUSIONI

Con l’approccio prescrittivo, qualora in ambiente fosse presente una produzione di inquinanti interni come da approccio prestazionale (145 µg/min), al fine di raggiungere l’obiettivo pari ad una concentrazione media interna voluta di PM2.5 di 20 µg/min, dovremmo prevedere una portata d’aria esterna ben 1,5 volte superiore alla quota attualmente prevista ovvero pari a 891 m3/h in completa antitesi con il risparmio energetico.

Utilizzando l’approccio prestazionale otteniamo un leggero peggioramento della CO2 (da 381 a 443 ppm) che tuttavia non avrà ripercussioni sulla salute delle persone ed inoltre si verificherà per brevi transitori di tempo essendo un valore riferito alla concentrazione massima.

<i>Programma di calcolo I.A.Q</i>			
<i>Ci</i>	Concentrazione inquinanti interna voluta	microgrammi/m3	20
<i>Co</i>	Concentrazione inquinanti nell'aria estern	microgrammi/m3	26
<i>Ni</i>	Produzione inquinanti interni totale	microgrammi/min.	145
<i>Ev</i>	Efficienza di ventilazione	0,1 a 1	0,8
<i>Fr.as</i>	Fattore di riduzione dell'aria secondaria	0,1 a 1	1
<i>Fr.v</i>	Fattore di riduzione della ventilazione	0,1 a 1	1
<i>Ef.as</i>	Efficienza di filtrazione sull'aria secondari	0,1 a 1	0,9
<i>Ef.e</i>	Efficienza di filtrazione sull'aria esterna	0,1 a 1	0,7
<i>V.as</i>	Quantità dell'aria secondaria totale	m3/ora	0
<i>Vo</i>	VOLUME DELL'ARIA ESTERNA	M3/ora	891

GRAZIE DELL' ATTENZIONE

Ing. Stefano Rocco
Direttore tecnico – Divisione Termoidraulica Garofoli S.p.A.