



Inquinamento indoor come fattore di rischio sottostimato



A cura di Maria Teresa Maurello
Presidente sezione aretina di ISDE Italia

Per **ambienti indoor** si intendono gli ambienti confinati di vita e di lavoro non industriali (per quelli industriali vige una specifica normativa), ed in particolare, quelli adibiti a dimora, svago, lavoro e trasporto.

- ❖ abitazioni
- ❖ uffici pubblici e privati
- ❖ strutture comunitarie (ospedali, scuole, caserme, alberghi, banche, etc.)
- ❖ locali destinati ad attività ricreative e/o sociali (cinema, bar, ristoranti, negozi, strutture sportive, etc.)
- ❖ mezzi di trasporto pubblici e/o privati (auto, treno, aereo, nave, etc.)



Inquinamento IDOOR: definizione

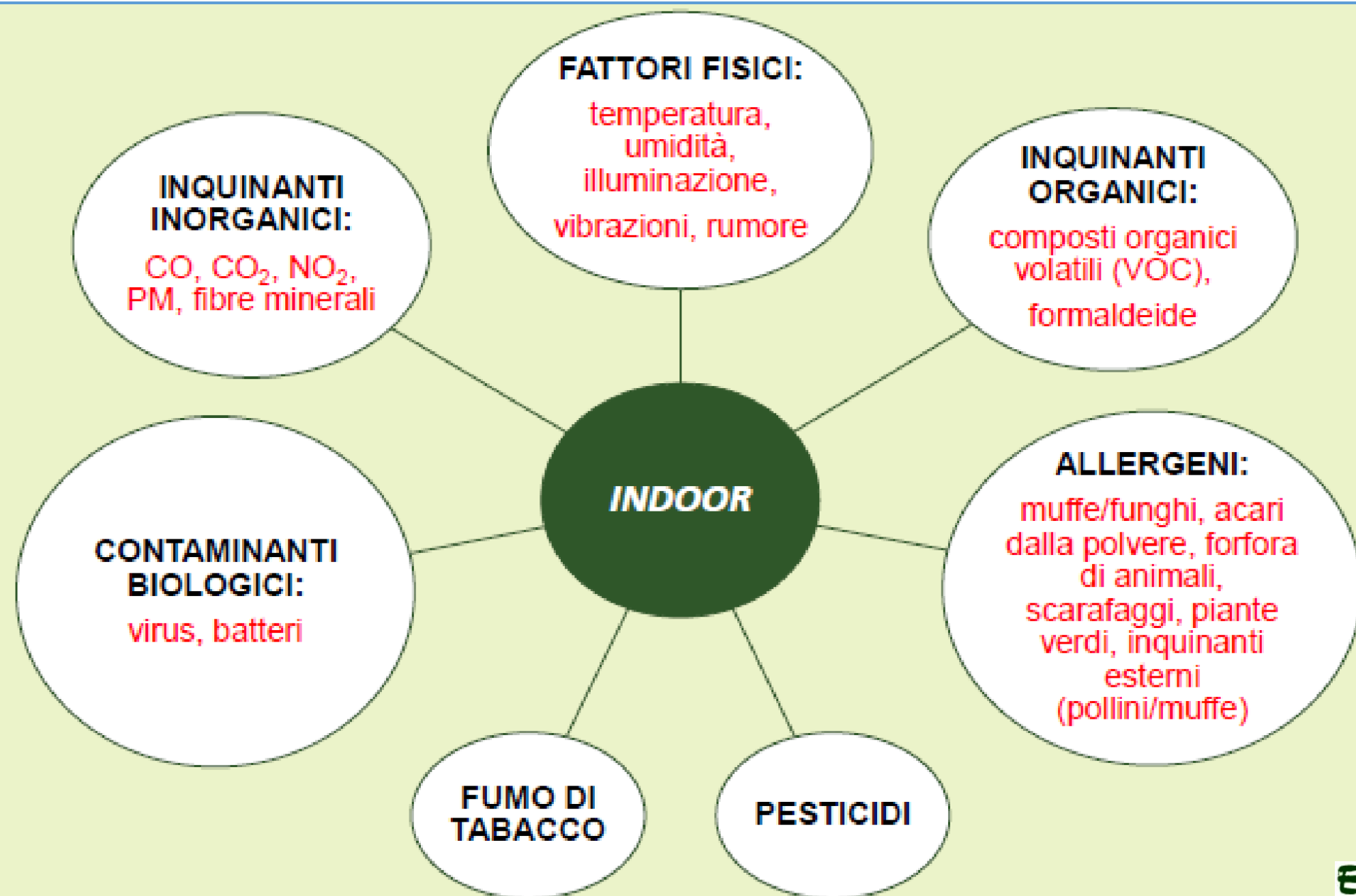
L'inquinamento indoor (indoor pollution):

**modificazione della normale composizione o stato fisico dell'aria atmosferica interna, dovuta alla presenza nella stessa di una o più sostanze in quantità e con caratteristiche tali da --
-alterare le normali condizioni ambientali e di salubrità dell'aria stessa e tali da
-costituire un pericolo ovvero un pregiudizio diretto o indiretto per la salute dell'uomo.**

A differenza dell'inquinamento dell'aria atmosferica esterna (outdoor pollution), oggetto di grande attenzione già da molti anni e di cui sono state presto identificate cause (traffico automobilistico, impianti industriali, impianti di riscaldamento domestico), effetti sulla salute (aumento dell'incidenza di malattie polmonari, cardiache e neoplastiche) e misure di prevenzione, **solo negli anni più recenti è emersa l'esigenza di approfondire le conoscenze sull'inquinamento indoor, soprattutto di fronte all'aumento di evidenze scientifiche allarmanti sugli effetti sanitari legati a questo fenomeno.**

<https://www.salute.gov.it/portale/home.html>

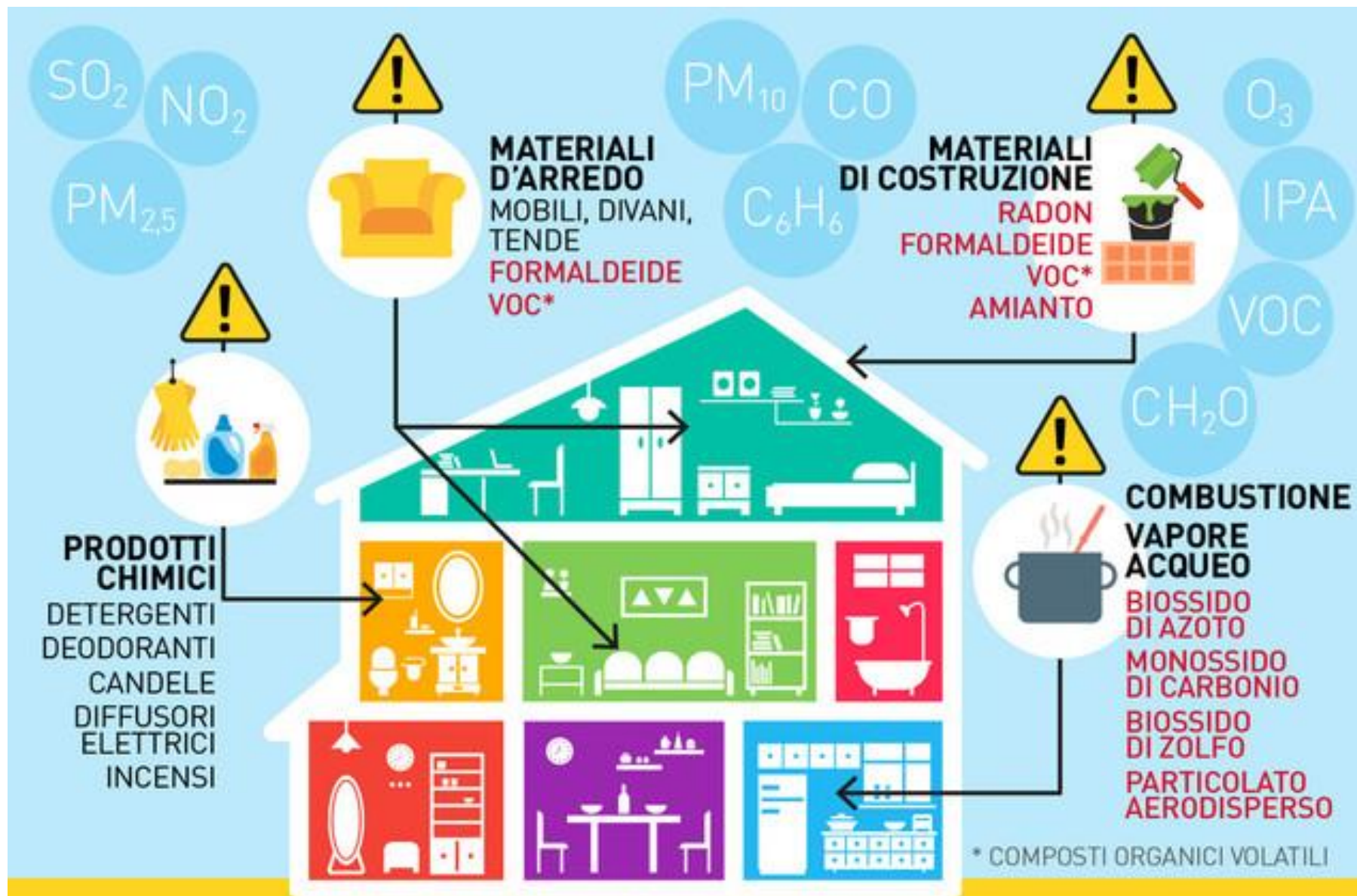
PRINCIPALI INQUINANTI 'INDOOR'



Inquinamento indoor

	SORGENTE	INQUINANTE
Inquinanti antropogenici	Combustione	
	Riscaldatori a gas/kerosene non ventilati	CO, CO ₂ , NO ₂ , PAHs
	Biomasse (legna/carbone) per riscaldare/cucinare	CO, CO ₂ , PM, PAHs
	Fumo di tabacco	CO, CO ₂ , PM, VOCs, PAHs
	Legna (es. caminetti)	VOCs
	Mobili nuovi, solventi, vernici, adesivi, isolanti, prodotti per pulizie, materiali per uffici, materiali sintetici per costruzione	VOCs, Formaldeide
	Materiali per costruzione, acqua	Radon
Allergeni	Polvere, letti, tappeti, animali domestici,	Acaridi
	Uccelli, insetti, roditori,	
	Umidità	Muffe
	Piante	Pollini
	Virus, batteri	Contaminanti biologici

CO=monossido di carbonio, CO₂=biossido di carbonio, NO₂=biossido di idrogeno, PAHs=Idrocarburi policiclici aromatici, PM=Particolato, VOCs=composti organici volatili



INQUINAMENTO → ARIA DI CASA MIA

Una recente review della letteratura ha selezionato 141 studi provenienti da 29 paesi

- Gli **inquinanti più studiati** sono stati il particolato (PM_{2,5} e PM₁₀) ; biossido di azoto (NO₂) ; composti organici volatili (COV) tra cui benzene, toluene, xileni e formaldeide; idrocarburi policiclici aromatici (IPA), naftalene
- **Le fonti interne identificate di PM_{2,5} includono fumo, cucina, riscaldamento, uso di incenso, candele e insetticidi.** La pulizia, i lavori domestici, la presenza di animali domestici e il movimento delle persone erano le principali fonti di particelle più grossolane; L'aria esterna è una delle principali fonti di PM_{2,5} nelle stanze con ventilazione naturale nelle abitazioni lungo la strada.

Le principali fonti di NO₂ negli ambienti chiusi sono stufe e fornelli a gas non ventilati. I predittori dell'NO₂ indoor sono la ventilazione, la stagione e i livelli outdoor di l'NO₂.

I COV sono emessi da un'ampia gamma di fonti interne ed esterne, tra cui fumo, uso di solventi, ristrutturazioni e prodotti per la casa.

I livelli di formaldeide sono più alti nelle case più nuove e in presenza di nuovi mobili, i livelli di IPA sono più alti nelle famiglie che fumano.

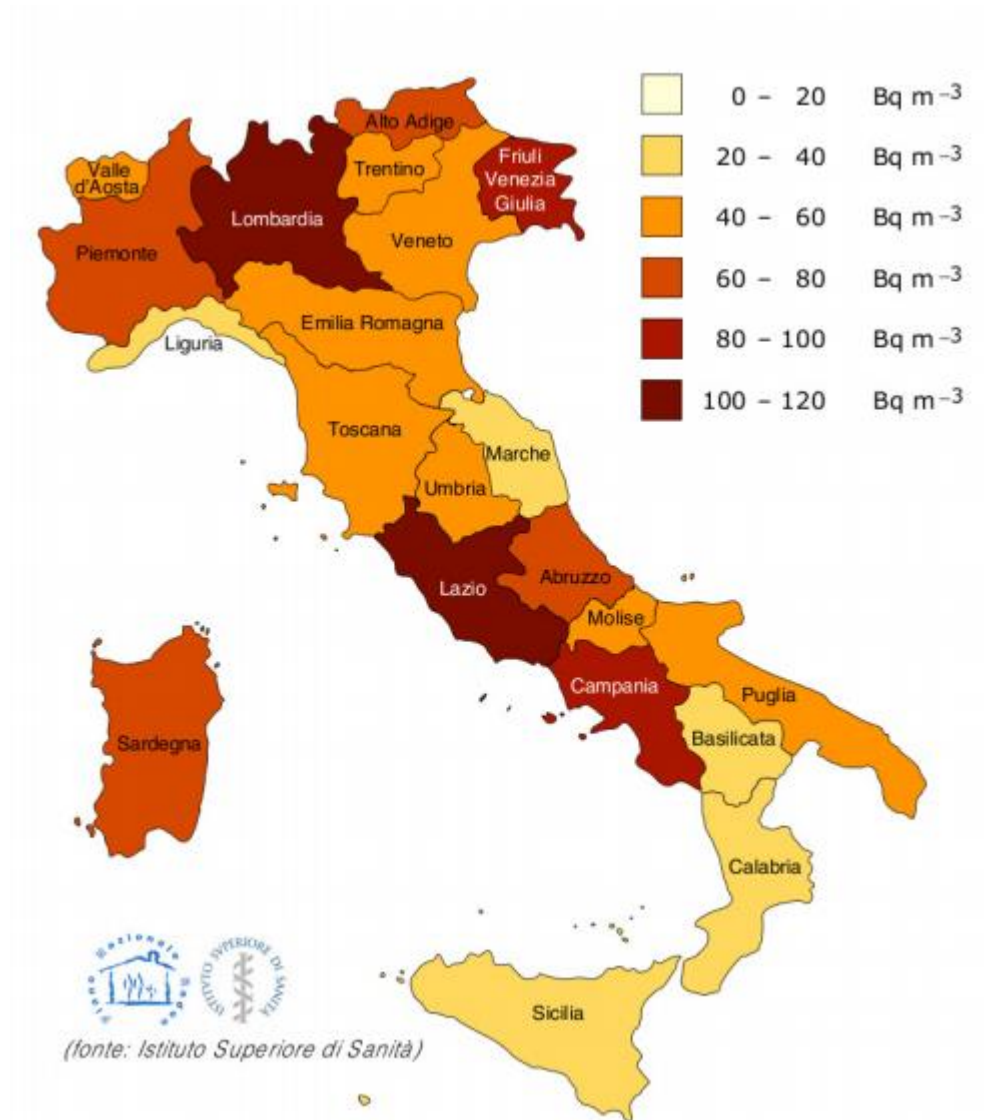
- Livelli elevati di particolato interno, NO₂ e COV erano generalmente associati a sintomi respiratori, in particolare a sintomi di asma nei bambini.
- Le caratteristiche della famiglia e le attività degli occupanti svolgono un ruolo importante nell'esposizione interna, in particolare il fumo di sigaretta per PM_{2,5}, gli apparecchi a gas per NO₂ e prodotti per la casa per COV e IPA.
- La posizione della casa vicino a strade ad alta densità di traffico, la ristrutturazione e le dimensioni ridotte della casa contribuiscono a un elevato inquinamento dell'aria interna. Nella maggior parte degli studi, i tassi di cambio dell'aria sono associati negativamente all'inquinamento dell'aria interna.

Tabella 1 Principali inquinanti che influenzano la qualità dell'aria interna e le comuni fonti di emissione

Inquinanti	Principali fonti di emissione	Conseguenze sanitarie mediche associate
SO ₂	Combustione di combustibili fossili come petrolio, carbone e gas naturale, aria esterna	L'esposizione acuta porta all'attività bronchiale.
CO	Fumo di tabacco, stufe, caldaie, cherosene o stufe a gas, combustione di carburante	Basso peso alla nascita, aumento delle morti perinatali Intossicazioni acute
CO ₂	Attività di combustione, attività metabolica e veicolo a motore nei garage	Mal di testa, sonnolenza, scarsa concentrazione, perdita di Attenzione
Spore fungine	Superfici interne, alimenti, piante e suolo	Episodi di asma, Reazioni allergiche, Occhi, gola e naso irritazione, sinusite e altri problemi respiratori
Radon	Materiali di concentrazione per la costruzione del suolo come pietra e cemento	Rischio di cancro ai polmoni, problemi respiratori
Amianto	Isolanti, materiali ignifughi	Tumori come mesotelioma, ispessimento pleurico, pleurico placche e asbestosi
NO ₂	Veicoli a motore in garage, combustione di carburante e aria esterna	Esacerbazione dell'asma e del respiro sibilante, Riduzione polmonare funzione nei bambini, infezioni respiratorie
Pollini e allergeni	Aria esterna, piante, erbacce, erba, alberi, insetti, animali domestici e polvere domestica	Scatenare i sintomi dell'allergia
Particelle (piccole particelle < 10 μm; e diametro aerodinamico < 2,5 μm)	Fumo di tabacco, risospensione, combustione prodotti	Esacerbazione di asma, respiro sibilante, infezioni respiratorie, Esacerbazione di BPCO, bronchite cronica e BPCO
Ozono	Reazioni fotochimiche	Irritazione delle vie aeree, danno polmonare permanente, polmonite e bronchite, aggravamento dell'asma
Piombo	Vernici, armi da fuoco, proiettili di piombo, polvere, terra, radiatori, prodotti di consumo	Perdita di memoria, Perdita dell'udito, Danni al sistema nervoso nei neonati, ipertensione, malattie renali e cardiache, Ridotta fertilità, iperattività o perdita di coscienza
COV	Combustione di gas, legna e cherosene, pulizia agenti chimici, vernici, lacca per capelli, profumi e tabacco Fumo	Reazioni allergiche cutanee, Disturbi visivi e memoria Danni al sistema nervoso centrale. ai reni, e fegato, diminuzione della colinesterasi nel , SBS

RADON

in Italia si stima che approssimativamente nell'1 % delle case vi sia una concentrazione di radon superiore ai 400 [Bq/m³] e nel 4 % maggiore di 200 [Bq/m³]. Secondo analisi preliminari, si valuta un rischio sull'intera vita, per il tumore al polmone, dell'ordine dello 0,5 %. Il 5-15% dei tumori polmonari che si verificano in Italia, ogni anno, siano da attribuirsi al radon.



Inquinanti di recente interesse: gli interferenti endocrini

Gli interferenti endocrini sono delle sostanze chimiche che possono alterare il normale equilibrio ormonale accendendo, spegnendo oppure modificando i segnali inviati dagli ormoni, causando effetti avversi in un organismo.

l'Istituto superiore di sanità include il ***Perfluorottano sulfonato (PFOS)*** e ***l'acido perfluorottanoico sale ammonico (PFOA)***, usati in processi industriali e beni di consumo (**tappeti e rivestimenti in tessuto idrorepellente e antimacchia**), **prodotti di carta per uso alimentare, alcune vernici per pavimenti.**

I polibromodifenileteri (PBDE) sono sostanze chimiche di produzione industriale usate principalmente come **ritardanti di fiamma**, al fine di rendere meno infiammabili i prodotti.

Possono essere usati nella fabbricazione di mobili, tendaggi, tappeti, imbottiture in schiuma di poliuretano.

Il ***Dietilesilftalato (DEHP)*** è un **plastificante** appartenente alla famiglia degli ftalati **usato principalmente per rendere flessibile il cloruro di polivinile (PVC)**. È un inquinante che **può essere presente nella plastica monouso, in vassoi, pellicole, imballaggi per il trasporto.**

Il PVC è utilizzato per i pavimenti e nei rivestimenti murari.

Inquinamento Indoor: aspetti sanitari -1-

- **Circa 2,4 miliardi di persone in tutto il mondo (circa un terzo della popolazione mondiale) cucinano utilizzando fuochi aperti o stufe inefficienti alimentate da cherosene, biomassa (legno, sterco animale e scarti agricoli) e carbone, che generano un dannoso inquinamento indoor.**
- **L'inquinamento indoor è stato responsabile di circa 3,2 milioni di morti nel 2020, tra cui oltre 237.000 decessi di bambini di età inferiore ai 5 anni.**
- **Gli effetti combinati dell'inquinamento atmosferico outdoor e indoor sono associati a 6,7 milioni di morti premature ogni anno.**
- **L'esposizione all'inquinamento atmosferico indoor porta a malattie non trasmissibili tra cui ictus, cardiopatia ischemica, broncopneumopatia cronica ostruttiva (BPCO) e cancro ai polmoni.**
- **Donne e bambini, generalmente responsabili delle faccende domestiche, come cucinare e raccogliere la legna da ardere, sopportano il maggiore onere sanitario derivante dall'uso di combustibili e tecnologie inquinanti nelle case.**

Inquinamento Indoor: aspetti sanitari -2-

Tra questi **3,2 milioni di decessi dovuti all'esposizione all'inquinamento atmosferico domestico:**

- Il 32% proviene da **cardiopatía ischemica** :
il 12% di tutti i decessi dovuti a cardiopatía ischemica, che rappresentano oltre un milione di morti premature all'anno, può essere attribuito all'esposizione all'inquinamento indoor;
- Il 23% è dovuto a **ictus** :
circa il 12% di tutti i decessi dovuti a ictus può essere attribuito all'esposizione quotidiana all'inquinamento indoor derivante dall'uso di combustibili solidi e cherosene in casa;
- Il 21% è dovuto a **infezioni delle vie respiratorie inferiori** :
l'esposizione all'inquinamento atmosferico indoor raddoppia quasi il rischio di LRI infantile ed è responsabile del 44% di tutte le morti per polmonite nei bambini di età inferiore a 5 anni. L'inquinamento atmosferico indoor rappresenta un rischio di infezioni acute delle vie respiratorie inferiori negli adulti e contribuisce al 22% di tutti i decessi adulti dovuti a polmonite;
- Il 19% proviene da **broncopneumopatia cronica ostruttiva (BPCO)**:
il 23% di tutti i decessi per broncopneumopatia cronica ostruttiva (BPCO) negli adulti nei paesi a basso e medio reddito sono dovuti all'esposizione all'inquinamento indoor;
- Il 6% proviene da **cancro ai polmoni** :
circa l'11% dei decessi per cancro ai polmoni negli adulti sono attribuibili all'esposizione ad agenti cancerogeni derivanti dall'inquinamento indoor causato dall'uso di cherosene o combustibili solidi come legna, carbone o carbone per il fabbisogno energetico domestico.

Inquinamento Indoor: aspetti sanitari -3-

L'inquinamento atmosferico domestico ha rappresentato la perdita di circa 86 milioni di anni di vita sana nel 2019, con il peso maggiore che ricade sulle donne che vivono nei paesi a basso e medio reddito.

Quasi la metà di tutti i decessi dovuti a infezioni delle basse vie respiratorie tra i bambini sotto i 5 anni di età sono causati dall'inalazione di particolato (fuliggine) proveniente dall'inquinamento indoor.

Esistono anche prove di correlazioni tra inquinamento indoor e basso peso alla nascita, tubercolosi, cataratta, tumori nasofaringei e laringei.

Household air pollution attributable deaths

FILTERS

Year

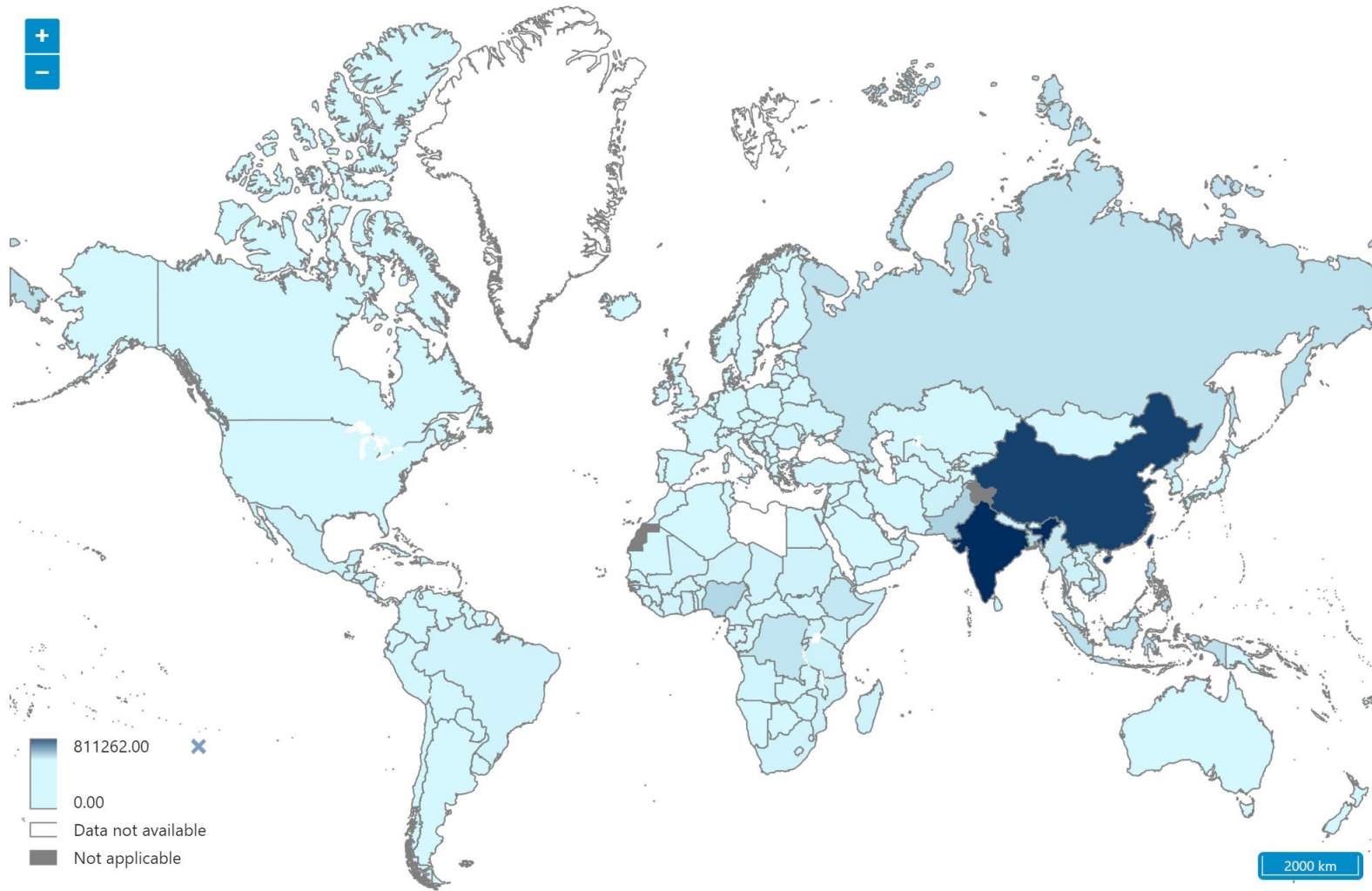
Latest

Sex

Both sexes

Cause

Total



The boundaries and names shown and the designations used on this map do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the World Health Organization concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries. Dotted and dashed lines on maps represent approximate border lines for which there may not yet be full agreement.



© WHO 2023. All rights reserved.

Effetti sanitari correlati all'alterazione della qualità dell'aria indoor (IAQ)

fenomeno complesso, perché **legato a diversi fattori ambientali e individuali:**

- **tipologia e concentrazione dell'inquinante**
- **presenza di sinergie con altri inquinanti**
- **tempo di esposizione**
- **parametri microclimatici**
- **suscettibilità delle persone esposte.**

Gli effetti possono essere **acuti, a breve termine, o cronici, a lungo termine.**

- Gli **effetti a breve termine** possono presentarsi dopo una singola esposizione o dopo esposizioni ripetute a un singolo inquinante (o miscele di inquinanti), anche a basse concentrazioni.
La sintomatologia dura poco tempo e scompare con l'eliminazione della fonte di inquinamento (quando è possibile identificarla). Es. **intossicazione acuta da monossido di Carbonio (CO).**

- Gli **effetti a lungo termine** (effetti cronici) si manifestano dopo una esposizione prolungata a livelli di concentrazione anche lievi o dopo esposizioni ripetute.

Possono manifestarsi anche dopo anni dall'esposizione.

Numerose evidenze dimostrano che l'inquinamento dell'aria indoor può rappresentare un importante cofattore nella genesi delle malattie cardiovascolari e di altre malattie sistemiche e alcuni inquinanti indoor possono contribuire all'aggravamento di patologie preesistenti.

Gruppi a rischio

Alcuni individui si presentano particolarmente sensibili all'effetto degli inquinanti:

subiscono effetti sulla salute a concentrazioni degli inquinanti relativamente basse o

manifestano risposte più gravi rispetto a quelle manifestate dalla popolazione generale.

I gruppi più a rischio per esposizioni a inquinamento indoor sono:

bambini, anziani e persone con patologie croniche (malattie cardiache e respiratorie),

malattie del sistema immunitario e

le persone a basso reddito.

I bambini, gli anziani i malati cronici passano molto tempo negli ambienti confinati e quindi, oltre ad essere più sensibili sono anche più esposti ai rischi presenti in questi ambienti.

I bambini sono più a rischio degli adulti a causa della loro ridotta superficie corporea e perché il loro organismo è ancora in fase di sviluppo, ma anche perché sono soggetti ad un'esposizione potenzialmente più lunga degli adulti agli agenti tossici, considerata la loro aspettativa di vita.

Le esposizioni precoci possono causare danni alla salute già nell'infanzia, ma anche più avanti nel corso della vita o nelle generazioni future. I bambini più piccoli (0-5 anni) sono particolarmente a rischio, soprattutto se appartenenti a classi sociali disagiate, perché risultano più esposti a comportamenti a rischio degli adulti (fumo passivo, cottura di cibi senza sistemi di ventilazione adeguati, inadeguata pulizia degli ambienti ecc.).

L'apparato respiratorio nell'infanzia (in particolare nei primi 6-12 mesi di vita) è particolarmente suscettibile agli effetti tossici di alcuni inquinanti ambientali ed in modo particolare al fumo passivo, ETS (Environmental Tobacco Smoke). Più della metà dei bambini europei sono regolarmente esposti al fumo passivo tra le mura domestiche (OMS).

L'esposizione a ETS, muffe e allergeni domestici (acari della polvere e derivati epiteliali di cane e gatto) rappresentano i principali fattori di rischio per esordio di asma e scarso controllo della malattia in età pediatrica.

Almeno il 15% dei bambini e degli adolescenti vive in case molto umide e in condizioni microclimatiche che contribuiscono allo sviluppo e peggioramento delle crisi asmatiche (OMS 2009).

Riguardo l'esposizione al fumo passivo in Italia

gli ultimi dati Istat disponibili riportano che il 49% dei neonati e dei bambini fino a 5 anni è figlio di almeno un genitore fumatore e il 12% ha entrambi i genitori fumatori.

Circa un neonato su 5 ha una madre fumatrice.

Si stima che in Italia il fumo passivo sia responsabile di circa 1.000 decessi l'anno e che il fumo dei genitori sia responsabile del 15% dei casi di asma nei bambini e dell'11% di respiro sibilante negli adolescenti.

Altre combustioni domestiche

Cucinare con combustibili fossili o biomassa non ha un impatto solo sull'aria esterna, ma anche sulla qualità dell'aria interna.

I fornelli a gas utilizzati per cucinare possono essere una fonte importante di inquinanti indoor, con livelli superiori agli standard dell'aria ambiente.

Cucinare per mezz'ora su un fornello a gas potrebbe raddoppiare i livelli di NO₂ il limite consigliato dall'Organizzazione Mondiale della Sanità.

I bambini sono particolarmente a rischio; coloro che vivono in una casa con cucina a gas hanno un rischio maggiore di asma del 42%.

Al momento, tuttavia, il quadro politico dell'UE sui prodotti per gli apparecchi da cucina (Ecodesign) non fissa limiti per gli NO_x. Gli organismi di ricerca, come il TNO, consigliano quindi alle famiglie di utilizzare un fornello elettrico piuttosto che un fornello a gas per evitare tale inquinamento interno.

Quanto costano gli effetti sanitari dell'inquinamento indoor

l'inquinamento indoor può causare una vasta gamma di effetti indesiderati quali disagio sensoriale, irritazione, cefalea e astenia, fino a gravi danni alla salute, comprese malattie croniche ed effetti di tipo cancerogeno.

La maggiore morbosità nella popolazione italiana causata dall'inquinamento ambientale indoor incide sulla collettività in termini di costi diretti elevati per ricorso a visite mediche, ricoveri ospedalieri e consumo di farmaci, ma anche costi indiretti dovuti al calo del benessere e della produttività.

I costi sanitari dell'Inquinamento Indoor

Una prima **“Valutazione quantitativa dell’impatto sulla salute e dei costi diretti/anno attribuibili all’inquinamento indoor in Italia”**, è stata condotta dalla Commissione indoor (2001).

Valutati: **solo gli effetti diretti**

solo gli inquinanti che causano un effetto più grave sulla salute e per i quali, all'epoca, esistevano delle evidenze molto concrete sulla relazione esposizione/effetto e cioè: gli allergeni indoor (acari, muffe, forfore animali), il radon, il fumo passivo, il benzene e il monossido di carbonio.

Il costo complessivo annuo è risultato superiore a 152 -234 milioni di euro.

Il danno economico e sociale attribuibile all’inquinamento indoor in Italia è verosimilmente più elevato, se si valutano anche i costi indiretti, come il calo della produttività.

Si consideri, ad esempio, l’asma bronchiale in bambini e adolescenti attribuibile all'esposizione ad allergeni indoor (acari, muffe, forfore animali), per i quali la Commissione indoor indica un impatto sanitario superiore a 160.000 casi prevalenti /anno, con costi diretti superiori a 8.000.000 euro, prevede costi indiretti (legati ai giorni di scuola o di lavoro persi) che per questa patologia sono circa il 60% dei costi totali.

QUALITA' DELL'ARIA INDOOR (IAQ)

EFFETTI SULLA SALUTE E SUL COMFORT AMBIENTALE DELLA IAQ

gli effetti sulla salute associati ad una cattiva IAQ possono essere classificati in:

- Malattie associate agli edifici (Building-related illness-BRI)
- Sindrome dell'edificio malato (Sick Building Syndrome)
- Sindrome da sensibilità chimica multipla (Multiple Chemical Sensitivity syndrome-MCS o Intolleranza Idiopatica Ambientale ad Agenti Chimici-IIAAC).

Sensibilità chimica multipla (MSC)

Definizione:

sindrome multisistemica, dai risvolti ancora poco definiti, **che in alcuni individui, probabilmente più vulnerabili per predisposizione genetica, innata o acquisita, si manifesta con una sintomatologia multiforme in seguito all'esposizione a vari inquinanti ambientali** (Composti Organici Volatili-COV, pesticidi, metalli) normalmente presenti nei detersivi, detergenti, farmaci, fumo di sigaretta, ecc., nonché in diversi comparti ambientali, compresa la catena alimentare.

Si ipotizza la correlazione con l'esposizione a basse dosi (sotto i limiti di legge) o a singola dose elevata sopra il limite, a sostanze chimiche pericolose e/o a miscele delle stesse.

Sintomatologia:

sistema nervoso centrale, con coinvolgimento dell'apparato olfattivo e del centro limbico
e almeno un altro organo, apparato, sistema (cardiovascolare, dermico, gastroenterico , ecc.)

L'ipotesi suggestiva è che tra i sintomi e le comorbidità rilevate nei soggetti analizzati, la presenza di sintomi psichiatrici potrebbe essere correlata ad un'alterazione dei meccanismi di disintossicazione che determinerebbe stress ossidativo e neuroinfiammazione cerebrale.

Le principali **ipotesi eziologiche** sulla MCS sono:

- **Excursus tossicologico**, con le fasi successive
 - **0- l'individuo è adatto all'ambiente**
 - **1-sensibilizzazione: irritazione oculare, cutanea e respiratoria, irritabilità, problemi di concentrazione e di memoria, tachicardia, vertigini, disturbi immunologici ecc.**
 - **2-infiammazione: dermatiti, vasculiti, malattie metaboliche endocrine, immunitarie, allergie**
 - **3-deterioramento: autoimmunità, infarto, cancro, emorragia, neurologico e sindromi psichiatriche;**
- **Psichiatrico/psicosomatico**: origine psichica endogena non dovuta ad esposizione-chemofobia;
- **Origini virali** per la presenza di sintomi simil-influenzali

Nonostante la sindrome non sia ancora identificata da un codice specifico, e quindi non sia annoverata tra le malattie di origine professionale, INAIL valuta la necessità di un **protocollo di sorveglianza sanitaria per la MCS nei luoghi di lavoro**. Nel rischio chimico sono importanti sia la dose, la durata e la caratterizzazione chimica dell'esposizione, sia la suscettibilità individuale, genetica o acquisita, dell'individuo esposto. (www.inail.it).

QUALITA' DELL'ARIA INDOOR (IAQ)

- **DEFINIZIONE DEL PROBLEMA**
 - Problema importante per la sanità pubblica (implicazioni sociali ed economiche)
 - Esposizione di gruppi più suscettibili (bambini, anziani, persone affette da patologie)
 - Malattie acute e croniche correlate

QUALITA' DELL'ARIA INDOOR (IAQ)

- **AMBIENTI INDOOR:**

→ ambienti confinati di vita e di lavoro non industriali adibiti a dimora, svago, lavoro e trasporto.

- In Italia si stima una permanenza in casa 60% del tempo per le donne e 54% per gli uomini
- Studi su IAQ dimostrano un progressivo aumento di sostanze inquinanti
- Nuovi criteri tecnico progettuali per gli edifici a uso civile
- Migliore isolamento degli edifici.

RELAZIONE TRA INQUINAMENTO INDOOR – OUTDOOR

Alcuni inquinanti indoor possono provenire dall'esterno e sono legati all'inquinamento atmosferico,

ma **la maggior parte di essi sono prodotti all'interno degli edifici stessi.**

Molti studi di settore hanno dimostrato, infatti, che i livelli indoor sono maggiori rispetto a quelli outdoor per molte classi di inquinanti, in particolar modo per i VOC (Composti organici volatili).

I materiali da costruzione e da arredo, i mobili, le moquettes, le tappezzerie, i collanti usati per la loro installazione, le macchine da ufficio e un grande numero di prodotti di consumo, compresi quelli per le pulizie, nonché il fumo di sigaretta, liberano VOC nell'aria interna.

Sono stati individuati i principali inquinanti prodotti in ambienti confinati, ma **manca, a livello europeo, una definizione di limiti normativi sia per le abitazioni, che per altri ambienti di vita, quali uffici e scuole.**

Primo documento
Indoor emanato in
ITALIA nel 2001

Accordo tra il Ministro della Salute, le Regioni e le Province autonome sul documento concernente
“Linee guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati”

Obiettivi specifici

- Conoscenza delle condizioni abitative e degli stili di vita della popolazione e promozione di stili di vita sani
- Ambienti di vita sani e sicuri
- Incentivazione e obbligo a costruire edifici e ambienti igienicamente sani
- Prevenzione dei costi sanitari e sociali legati all'inquinamento indoor
- Tutela del consumatore e incentivo alla produzione e al consumo di materiali sani

Linee guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati” Italia, 2001

- **PARTE I: Relazione introduttiva**
- **PARTE II: Programma di prevenzione indoor**
 - **Approfondimento e sviluppo da parte di gruppi di lavoro ad hoc operanti nell’ambito della commissione indoor su argomenti specifici. Documenti in fase di stesura o già emanati**
 - **Qualità dell’aria nelle abitazioni**
 - **Requisiti impiantistici nelle zone fumatori ... e sugli impianti di climatizzazione**
 - **Piano nazionale Radon**
 - **Controllo delle emissioni di COV nei prodotti da costruzione**
 - **Controllo della qualità dell’aria indoor per rischio allergologico in ambiente domestico e pubblico. Proposta di programma specifico per le scuole.**
- **PARTE III: Linee strategiche per la messa in opera del programma di prevenzione indoor**

Accordo Stato Regioni 18 novembre 2010

“Linee di indirizzo per la prevenzione nelle scuole dei fattori di rischio indoor per allergie ed asma”

Obiettivo:

focalizzare l'attenzione sull'importanza, per la salute dei bambini, delle condizioni di igiene e di qualità dell'aria negli ambienti scolastici.

Delineano un quadro integrato di interventi di prevenzione da realizzare in tali ambienti (compresi gli spazi esterni e le mense), per limitare il più possibile il contatto dei bambini allergici con i fattori di rischio indoor maggiormente implicati nell'induzione e nell'aggravamento delle allergie.

Possono rappresentare un utile strumento per migliorare le conoscenze sui fattori di rischio indoor per allergie ed asma e sulle misure di prevenzione disponibili, di efficacia dimostrata e contestualmente possono promuovere il benessere e migliorare la qualità della vita di tutte le persone che frequentano abitualmente la scuola, o per studio o per lavoro.

Il documento è organizzato in tre parti:

Introduzione - contiene l'analisi del problema e la situazione in Italia

Prima parte - fornisce elementi di conoscenza per facilitare l'**individuazione e la valutazione dei principali fattori di rischio per asma e allergia**

Seconda parte - fornisce indicazioni operative per realizzare un programma integrato di interventi, specifico per le scuole, per la prevenzione delle malattie allergiche e dell'asma.

Accordo Stato Regioni 18 novembre 2010

“Linee di indirizzo per la prevenzione nelle scuole dei fattori di rischio indoor per allergie ed asma”

2.4 Obiettivo strategico

L'obiettivo finale è contrastare l'aumento di incidenza/prevalenza dell'asma e delle allergie nei bambini e nei ragazzi, ridurre il loro impatto sulla salute ed evitarne l'evoluzione verso forme conclamate o croniche .

2.5 Obiettivi specifici

- 1 . Realizzare ambienti scolastici salubri e sicuri, liberi da sostanze inquinanti e allergeni indoor ("allergy free")
2. Migliorare la conoscenza e la consapevolezza sui principali fattori di rischio indoor per asma, allergie e sulle misure di prevenzione disponibili, di efficacia documentata
- 3 . Promuovere attraverso l'istituzione scolastica comportamenti e stili di vita salutari

DOCUMENTI che il Gruppo di Studio Nazionale Inquinamento Indoor, istituito nel 2010, ha pubblicato per attuare azioni armonizzate a livello nazionale per ridurre e mitigare l'esposizione all'inquinamento indoor e gli effetti sulla salute

Rapporti disponibili al link <https://www.iss.it/rapporti-istisan>:

📄 Rapporti ISTISAN 20/3 : Qualità dell'aria indoor negli ambienti scolastici: strategie di monitoraggio degli inquinanti chimici e biologici;

📄 Rapporti ISTISAN 19/17: Qualità dell'aria indoor negli ambienti sanitari: strategie di monitoraggio degli inquinanti chimici e biologici;

📄 Opuscolo divulgativo "L'aria nella nostra casa": 2017;

📄 Rapporti ISTISAN 16/16 :Strategie di monitoraggio del materiale particolato PM10 e PM2,5 in ambiente indoor: caratterizzazione dei microinquinanti organici e inorganici;

📄 Rapporti ISTISAN 16/15 : Presenza di CO2 e H2S in ambienti indoor: conoscenze attuali e letteratura scientifica in materia;

📄 Rapporti ISTISAN 15/25: Parametri microclimatici e inquinamento indoor;

📄 Rapporti ISTISAN 15/5 :Strategie di monitoraggio per determinare la concentrazione di fibre di amianto e fibre artificiali vetrose aerodisperse in ambiente indoor;

📄 Rapporti ISTISAN 15/4: Workshop. La qualità dell'aria indoor: attuale situazione nazionale e comunitaria.

L'esperienza del Gruppo di Studio Nazionale Inquinamento Indoor. Istituto Superiore di Sanità. Roma, 28 maggio 2014. Atti;

📄 Rapporti ISTISAN 13/39 :Workshop. Problematiche relative all'inquinamento indoor: attuale situazione in Italia. Istituto Superiore di Sanità. Roma, 25 giugno 2012. Atti;

📄 Rapporti ISTISAN 13/37: Strategie di monitoraggio dell'inquinamento di origine biologica dell'aria in ambiente indoor;

📄 Rapporti ISTISAN 13/4 :Strategie di monitoraggio dei Composti Organici Volatili (COV) in ambiente indoor.

Formaldeide. Normativa

Nella Circolare del Ministero della Sanità n. 57 del 22 giugno **1983** “**Usi della formaldeide - Rischi connessi alle possibili modalità d’impiego**”, viene riportato un limite massimo di esposizione di 0,1 ppm (124 µg/m³) negli ambienti di vita e di soggiorno in via sperimentale e provvisoria. Orientamento confermato nel decreto del 10 ottobre 2008 “Disposizioni atte a regolamentare l’emissione di aldeide formica da pannelli a base di legno e manufatti con essi realizzati in ambienti di vita e soggiorno”.

Per quanto riguarda le metodiche da utilizzare per le misurazioni delle concentrazioni, il decreto del 2008 riporta i riferimenti dei metodi UNI ovvero: UNI EN 717-1:2004 Pannelli a base di legno. Determinazione del rilascio di formaldeide con il metodo di camera; UNI EN 717-2: 1996 corretta nel 2004 Pannelli a base di legno. Determinazione del rilascio di formaldeide con il metodo dell’analisi dei gas.

COV. Normativa

Direttiva 2004/42/CE - Decreto Legislativo 27 marzo 2006 n.161 su: *Limitazione delle emissioni di VOC dovuti all'uso di solventi organici in alcune vernici e pitture (2006)*.

La Direttiva subordina l'immissione sul mercato delle pitture e dei rivestimenti utilizzati in edilizia a:

- un **contenuto massimo di COV** diverso per ogni categoria, specifici **obblighi di etichettatura**;
- include diverse **sanzioni**;
- delinea i **metodi analitici di calcolo del tasso di COV**;
- definisce i **valori limite** per le diverse sottocategorie di prodotti.
- La Direttiva introduce l'obbligo di apporre sui prodotti inclusi nel suo ambito di applicazione un'apposita etichetta da cui risultino evidenti alcune informazioni basilari: **la natura del prodotto ed il relativo contenuto di COV**.

Tabella 1. Inquinanti dell'aria indoor: valori guida di qualità dell'aria* di alcuni Paesi europei e rischio unitario (Unit Risk, UR) delle linee guida OMS relativi ad alcuni inquinanti**

Inquinante unità di misura	OMS aria ambiente	OMS aria <i>indoor</i>	Francia	Germania	Paesi Bassi	Regno Unito	Belgio Regione fiamminga	Finlandia ***	Austria	Portogallo	Norvegia	Polonia residen- ziale	Polonia uffici pubblici
Benzene µg/m ³	No VG 0,17 (UR/lifetime) 10 ⁻⁶ 1,7 (UR/lifetime) 10 ⁻⁵	No VG 0,17 (UR/lifetime) 10 ⁻⁶ 1,7 (UR/lifetime) 10 ⁻⁵	30 (24 h) 10 (1 a) AR: 10 LP: 5 dal 1/1/ 2013, 2 dal 1/1/ 2016 0,2 (UR/lifetime) 10 ⁻⁶ 2 (UR/lifetime) 10 ⁻⁵	–	20	5 (1 a)	≤ 2 VI:10	–	–	5 (8 h)	--	10 (24 h)	20 (8 h)
Formaldeide µg/m ³	100 (30 min)	100 (30 min)	50 (2 h) 10 (1 a) 30 da 1/1/2013 10 da 1/1/2023 AR: 100 LP: 10 da 2019 (2012 nuovi edifici) 30 (2009) 50 (2009)	120	120 (30 min) 10 (1 a) 1,2 (LP)	100 (30 min)	10 (30 min) VI: 100 (30 min)	50	100 (30 min) 60 (24 h)	100 (8 h)	100 (30 min)	50 (24 h)	100 (8 h)
CO mg/m ³	100 (15 min) 60 (30 min) 30 (1 h) 10 (8 h)	100 (15 min) 35 (1 h) 10 (8 h) 7 (24 h)	100 (15 min) 60 (30 min) 30 (1 h) 10 (8 h)	1,5 (8 h) RWI 6 (30 min) RWI 60 (30 min) RWII 15 (8 h) RWII	100 (15 min) 60 (30 min) 30 (1 h) 10 (8 h)	100 (15 min) 60 (30 min) 30 (1 h) 10 (8 h)	5,7 (24 h) VI: 30 (1 h)	8	–	10 (8 h)	25 (1 h) 10 (8 h)	25 (1 h)	10 (8 h)

Inquinante unità di misura	OMS aria ambiente	OMS aria <i>indoor</i>	Francia	Germania	Paesi Bassi	Regno Unito	Belgio Regione fiamminga	Finlandia ***	Austria	Portogallo	Norvegia	Polonia residen- ziale	Polonia uffici pubblici
NO₂ µg/m ³	200 (1 h) 10 (1 a)	200 (1 h) 40 (1 a)	200 (1 h) 40 (1 a)	350 (30 min) RWII 60 (7 gg) RWII	200 (1 h) 40 (1 a)	300 (1 h) 40 (1 a)	135 (1 h) VI: 200 (1 h)	–	–	–	200 (1 h) 100 (24 h)	–	–
Naftalene µg/m ³	–	10 (1 a)	10 (1 a)	20 (7 gg) RWI 200 (7 gg) RWII	25	–	–	–	–	–	–	100 (24 h)	150 (8 h)
Stirene µg/m ³	260 (7 gg) 70 (30 min)	–	–	30 (7 gg) RWI 300 (7 gg) RWII	900	–	–	1	40 (7 gg) 10 (1 h)	–	--	20 (24 h)	30 (8 h)
IPA (BaP) ng/m ³	No VG 0,012 (UR/lifetime) 10 ⁻⁶ 0,12 (UR/lifetime) 10 ⁻⁵	No VG 0,012 (UR/lifetime) 10 ⁻⁶ 0,12 (UR/lifetime) 10 ⁻⁵	–	–	1,2	0,25 (1 a)	–	–	–	–	–	–	–
Tetracloro- etilene µg/m ³	250 (1 a) 8000 (30 min)	250 (1 a)	1380 (1-14 gg) 250 (1 a) VR: 250 LP: 250 dal 1/1/ 2015	1 (7 gg)	250	–	≤ 100	–	250 (7 gg)	–	–	–	–
Tricloro- etilene µg/m ³	No VG 2,3 (UR/lifetime) 10 ⁻⁶ 23 (UR/lifetime) 10 ⁻⁵	No VG 2,3 (UR/lifetime) 10 ⁻⁶ 23 (UR/lifetime) 10 ⁻⁵	800 (14 gg-1 a) AR: 10. VR: 2 LP da OMS: 2,0 (UR/lifetime) 10 ⁻⁶ 20 (UR/lifetime) 10 ⁻⁵	1 (7 gg)	–	–	≤ 200	–	–	–	--	150 (24 h)	200 (8 h)

Inquinante unità di misura	OMS aria ambiente	OMS aria <i>indoor</i>	Francia	Germania	Paesi Bassi	Regno Unito	Belgio Regione fiamminga	Finlandia ***	Austria	Portogallo	Norvegia	Polonia residen- ziale	Polonia uffici pubblici
Dicloro- metano µg/m ³	3000 (24 h) 450 (7 gg)	–	–	200 (24 h) RWI 2000 (24 h) RWII	200 (1 a)	–	–	–	–	–	–	–	–
Toluene µg/m ³	260 (7 gg) 1000 (30 min)	–	–	300 (1-14 gg) RWI 3000 (1-14 gg) RWII	200 (1 a)	–	≤ 260	–	75 (1 h)	–	–	200 (24 h)	250 (8 h)
COV µg/m ³	–	–	–	–	200 (1 a)	–	≤ 200	–	–	600 (8 h)	400	400	–
PM₁₀	45 24 h) 15 (1 a)	–	50 (24 h) 20 (1 a) AR: 75 LP: 15	–	50 (24 h) 20 (1 a)	–	≤40 (24 h)	50	–	50 (8 h)	90 (8 h)	90 (8 h)	–
PM_{2,5}	15 24 h) 5 (1 a)	–	25 (24 h) 10 (1 a) AR: 50 LP: 10	25 (24 h)	25 (24 h) 10 (1 a)	–	≤15 (1 a)	–	–	25 (8 h)	40 (8 h)	40 (8 h)	–

* I valori guida di qualità dell'aria *indoor* indicano i livelli di concentrazione in aria degli inquinanti, associati ai tempi di esposizione, ai quali non sono attesi effetti avversi per la salute, per quanto concerne le sostanze non cancerogene.

** Per il corretto utilizzo di questi dati si raccomanda di consultare le indicazioni riportate dall'OMS nel lavoro originale; la stima dell'incremento del rischio unitario è intesa come il rischio addizionale di tumore, che può verificarsi in una ipotetica popolazione nella quale tutti gli individui sono continuamente esposti, dalla nascita e per tutto l'intero tempo di vita, ad una concentrazione dell' agente di rischio nell'aria che essi respirano.

*** I valori guida per gli ambienti confinati si applicano agli edifici che sono occupati per almeno sei mesi e dove il sistema di ventilazione è tenuto costantemente acceso.

a: anno; **g:** giorno; **gg:** giorni **min:** minuti;

AR: Azione Rapida;

LP: Lungo Periodo;

No VG: No Valore Guida;

VI: Valore Intervento;

VR: Valore di Riferimento;

RW I: Richtwert I, concentrazione di una singola sostanza al di sotto della quale allo stato attuale delle conoscenze non si aspettano danni alla salute. Il valore guida RW I viene dedotto dal RW II.

RW II: Richtwert II, concentrazione di una sostanza il cui superamento richiede un intervento immediato, è valore operativo.

QUALITÀ DELL'ARIA INTERNA: IN GRAN PARTE NON REGOLATA

Le Linee guida dell'OMS sulla qualità dell'aria si applicano sia all'inquinamento dell'aria esterna che interna

L'OMS ha riconosciuto, già nel 2000, *“il diritto ad un'aria interna sana”*,

la pandemia di COVID-19 ha portato le persone a trascorrere più tempo all'interno delle proprie case, attirando maggiore attenzione e interesse da parte del pubblico per la qualità dell'aria indoor

Eppure attualmente non esiste uno strumento dell'UE che crei un quadro generale per affrontare l'inquinamento dell'aria interna. Negli ultimi anni il Parlamento europeo (PE) ha tuttavia già adottato due risoluzioni su questo tema.

la legislazione dell'UE riguardante la qualità dell'aria interna è frammentata, il PE invita la Commissione a prendere in considerazione la regolamentazione della qualità dell'aria interna in modo indipendente o come parte della legislazione sugli edifici sostenibili

Con la revisione della direttiva sulla prestazione energetica nell'edilizia attualmente in corso, esiste un'opportunità per introdurre questo tema nella legislazione dell'UE.

WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants , 2010
WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide., 2021
Organizzazione Mondiale della Sanità. 2000. “Il diritto all'aria interna sana”. Copenhagen: OMS Europa.
THE IMPACT OF RESIDENTIAL HEATING AND COOKING ON AIR QUALITY IN EUROPE THE HEALTH ARGUMENT FOR CLEAN HEATING AND COOKING. POSITION PAPER March 2022 EPHA



Risoluzione del Parlamento europeo del 13 marzo 2019 su un'Europa che protegge: aria pulita per tutti (2018/2792(RSP))

...la mancata attuazione della legislazione sulla qualità dell'aria nelle aree urbane e la mancata lotta all'inquinamento dell'aria interna sono particolarmente preoccupanti e ostacolano il raggiungimento dell'obiettivo prioritario 3 nell'ambito del settimo piano d'azione ambientale, secondo il quale i cittadini dell'Unione dovrebbero essere tutelati dalle aggressioni legate all'ambiente pressioni e rischi per la salute e il benessere;

...l'OMS ha adottato, nel 2000, una serie di principi che stabiliscono il diritto a un'aria interna sana, in cui rileva che "secondo i principi del diritto umano alla salute, ogni individuo ha il diritto di respirare aria interna sana";

Invita le autorità competenti degli Stati membri ad **adottare un approccio globale e onnicomprensivo all'inquinamento atmosferico, compreso l'inquinamento dell'aria indoor tenendo conto dei vari settori coinvolti e colpiti,**
Inquinamento dell'aria indoor

59. ...le persone trascorrono quasi il 90 % del loro tempo in ambienti chiusi, dove l'aria può essere significativamente più inquinato che all'aperto;

60. ...la scarsa qualità dell'aria interna è responsabile del 10% delle malattie non trasmissibili malattie a livello globale e che anche la scarsa qualità dell'aria interna negli uffici è collegata a una riduzione della produttività, esorta la Commissione a definire test standard armonizzati per misurare l'inquinamento atmosferico negli ambienti interni;

61. ritiene che la fornitura obbligatoria di un certificato di qualità dell'aria interna dovrebbe applicarsi a tutti gli edifici nuovi e ristrutturati nell'Unione e dovrebbe tenere conto degli indicatori di prestazione e dei metodi di prova esistenti basati sulla norma EN 16798-1 nonché sulle linee guida sulla qualità dell'aria interna dell'OMS;

62. esorta gli Stati membri e la Commissione ad adottare e attuare misure per combattere l'inquinamento atmosferico alla fonte, tenendo conto delle differenze tra le fonti di inquinamento atmosferico interno ed esterno;

64. invita la Commissione e gli Stati membri a sostenere la ricerca, lo sviluppo e la certificazione a livello dell'UE per multisensori intelligenti e innovativi per il monitoraggio della qualità dell'aria sia interna che esterna;

sottolinea che i sistemi intelligenti di monitoraggio della qualità dell'aria possono essere uno strumento valido per i cittadini (citizen science) e anche di particolare beneficio per le persone che soffrono di asma e malattie cardiovascolari;

L'inquinamento dell'aria indoor è un problema complesso, multisetoriale e multidisciplinare perché correlato a molteplici fattori:

- gli elementi in dotazione dell'edificio, quali i materiali da costruzione e gli impianti (riscaldamento, condizionamento, ventilazione)
- gli arredi fissi e mobili
- i rivestimenti (pavimenti, pareti, soffitti)
- i prodotti chimici di largo consumo usati per la manutenzione e la pulizia degli ambienti
- le modalità d'uso degli spazi interni (stili di vita, strumenti di lavoro, etc.).
- comportamenti degli occupanti

La **strategia di prevenzione** richiede un approccio interdisciplinare e intersettoriale per la definizione di politiche generali e settoriali, da sviluppare sia a livello nazionale che europeo.

Occorre rafforzare la capacità di prevenzione dei rischi per la salute in tutte le politiche di settore:

- politiche relative a progettazione, costruzione e manutenzione degli edifici (IAQ Standard e valori guida/Standard ventilazione, ecc)
- politiche per materiali per l'edilizia e arredo
- politiche per la sicurezza dei prodotti chimici di largo consumo
- politiche per il miglioramento del contesto ambientale
- politiche che incidono sul risparmio energetico e promuovano l'uso di energia pulita.

Inoltre è necessario sviluppare campagne di informazione e comunicazione per incidere sui comportamenti degli "occupanti"

Ridurre il carico di inquinanti indoor

1. **Areare continuamente i locali e cambiare l'aria indoor**

Inadeguati ricambi d'aria favoriscono l'esposizione a inquinanti chimici, fisici e biologici. Laddove non è possibile aprire le finestre, bisogna dotare gli ambienti interni di **dispositivi di ventilazione meccanica (VMC)**, in grado di fornire un ricambio d'aria adeguato alla destinazione d'uso e a una velocità che non crei disagio (UNI10339);

2. **Tenere sotto controllo le condizioni del Microclima**

Le condizioni termo-igrometriche di un ambiente indoor vanno mantenute in equilibrio per assicurare il massimo comfort.

3. **Misurazione della qualità dell'aria indoor**

Va eseguito un monitoraggio periodico e un campionamento dell'aria interna, tramite specifici sensori in grado di rilevare le concentrazioni di sostanze nocive (come CO₂ e VOC), ma anche i livelli di temperatura e umidità. Non bisogna trascurare neppure il monitoraggio microbiologico ambientale (MMA) che serve a misurare la contaminazione da agenti patogeni;

4. **Ispezione regolare e corretta manutenzione degli impianti aeraulici**

L'ispezione e la manutenzione periodica degli impianti aeraulici che servono ambienti chiusi è essenziale per migliorare l'Indoor Air Quality. L'inquinamento indoor, infatti, spesso è dovuto a impianti trascurati, sporchi, con filtri inefficienti, che non solo non garantiscono ricambi d'aria ma sono essi stessi veicolo di contaminazione interna di inquinanti, polvere e patogeni;

5. **Sanificazione periodica e approfondita dei canali aria**

La pulizia e la sanificazione periodica degli impianti di aerazione meccanica consiste in un'ispezione tecnica e visiva per valutare lo stato igienico dell'impianto e i punti critici. In secondo luogo viene fatta la pulizia meccanica per asportare polvere e sedimenti, seguita poi dalla sanificazione completa di ogni parte dell'impianto con specifici disinfettanti.

dispositivi di ventilazione meccanica (VMC),

Un sistema **VMC a doppio flusso** con recupero di calore **estrae l'aria esausta** e, prima di espellerla all'esterno ne conserva il calore perché non vada sprecato. Contemporaneamente **immette aria dall'esterno, dopo averla filtrata** e portata alla temperatura dell'ambiente utilizzando quel calore che aveva conservato.

L'aria interna viene continuamente ricambiata e mantenuta a temperatura costante (calda o fresca che sia) attraverso lo scambiatore di calore entalpico.

Il **ricambio costante minuto per minuto** consente la **massima diluizione possibile di tutti gli inquinanti**, compresi i droplet e gli aerosol che emettiamo quando respiriamo, tossiamo, starnutiamo o parliamo.

È utile nel prevenire la formazione delle muffe.

Negli ambienti dotati di sistemi VMC non è necessario aprire le finestre, ma l'aria è continuamente rigenerata (**non è sempre la stessa aria come avviene per i purificatori**) e le sostanze nocive vengono espulse all'esterno e non solo catturate e trattenute.

Esistono anche sistemi **VMC monoflusso** che alternano alla fase di estrazione quella di immissione dell'aria.

Cosa fare per prevenire l'inquinamento indoor?

COME POSSIAMO RIDURRE L'INQUINAMENTO INDOOR?



1

LIMITARE L'USO DEI DETERSIVI

Detergenti, anticalcare e comuni prodotti per la pulizia della casa sono fonte di inquinamento indoor perchè contengono spesso sostanze indesiderabili;

2

ARIEGGIARE LE STANZE DOPO LA PULIZIA

Favorire il ricambio dell'aria è molto importante per disperdere tutte le sostanze tossiche che restano negli ambienti chiusi;

3

PULIRE CON PRODOTTI NATURALI

Pulire la casa con prodotti naturali, che sono meno pericolosi dal punto di vista dell'inquinamento ambientale;

4

UTILIZZARE VERNICI AD ACQUA

Sostituire le vernici aggressive con quelle ad acqua per la tinteggiatura delle pareti;

5

MANTENERE GLI AMBIENTI PULITI

La pulizia è molto importante per combattere gli allergeni, i batteri e i pollini;

6

MANUTENZIONE DEGLI IMPIANTI

Diminuire i consumi e le emissioni inquinanti passa anche attraverso la manutenzione degli impianti a gas e dei termosifoni;

7

CAMBIARE I FILTRI DEI CONDIZIONATORI

Bisogna cambiare spesso i filtri dei condizionatori che abbiamo in casa e lavarli con acqua e detersivi naturali;

8

ATTENZIONE ALLA MUFFA

È opportuno non superare mai il 50% di umidità facendo attenzione alla possibile formazione di macchie di muffa. È consigliato utilizzare i deumidificatori;

9

LA SCELTA DEI MOBILI È IMPORTANTE

Scegliere mobili di qualità, sarebbe quindi meglio evitare quelli verniciati con pitture tossiche e quelli in truciolato;

10

PIANTE ANTISMOG

Le piante aiutano a ripulire l'aria che respiriamo perchè assorbono l'anidride carbonica e rilasciano ossigeno. Le più indicate sono l'aloë, la gerbera e la sansevieria.

Sistemi di monitoraggio

Sono disponibili dispositivi che utilizzano diverse tecniche , in particolare per il monitoraggio in tempo reale di tutti i fattori che contribuiscono alla qualità dell'aria interna quali ad es. Wireless Sensor Network (WSN) e modelli basati su Internet of Things (IoT).

Tabella 2 Riepilogo dei sistemi di monitoraggio della IAQ basati su WSN

sr. NO.	Riferimenti Anno Parametri Considerato	Comunicazione dell'architettura Interfaccia	MCU	Accesso ai dati	Osservazioni		
1.	Alhmiedat e Samara [32]	2017 CO2, benzene, NOx e ammoniacca	WSN	ZigBee	Microcontrollore ATtiny85	Ambiente di simulazione	Un algoritmo dello stato di sospensione e un circuito di interfaccia utilizzati per ridurre al minimo il consumo energetico
2.	Kim et al. [35]	2014 CO2, COV, SO2, NOx, CO, PM e O3	WSN	ZigBee	Server Web Raspberry Pi e Mobile		Esperimenti condotti in tre diversi ambienti: una grande chiesa, un'aula di medie dimensioni e un soggiorno di piccole dimensioni; Avviso di monitoraggio in tempo reale
3.	Yu e Lin [36]	2015 CO2, UR, temperatura	WSN	ZigBee	Pagine Web non disponibili e Applicazione mobile		Utilizzo del modello ARIMA per la previsione, il sistema ha fornito una riduzione del 55% del consumo energetico della rete di sensori con il modello decisionale basato su Fuzzy Log-c
4.	Abramo e Li [38]	2014 CO, COV e CO2, O3, UR, temperatura,	WSN	Modulo ZigBee	Microcontrollore Arduino Uno	Server web	I microsensori di gas sono stati calibrati utilizzando il metodo basato sulla stima dei minimi quadrati
5.	Bhattacharya et al. [41]	2012 UR, temperatura, inquinanti gassosi e PM	WSN	Modulo ZigBee ATmega1281	(Mote della vespa)	Al momento dell'abbonamento è possibile generare applicazioni di controllo HVAC, SMS e avvisi via e-mail.	Il Framework sensibile al contesto è stato progettato per connettere i sensori con le applicazioni.
6.	Ahn et al. [42]	2017 COV, quantità di Luce, UR, temperatura, polveri sottili, CO2	WSN	UART/I2C, Wi-Fi ESP8266 Modulo	Server Linux ATmega328P		I modelli di previsione comparativa sono stati progettati utilizzando LSTM e Reti GRU
7.	Pitarma et al. [43]	2016 Luminosità, CO2, CO, UR e temperatura dell'aria	WSN	Modulo ZigBee	Arduino	portale web	Un portale web dedicato denominato iAQ è stato progettato utilizzando PHP per accedere ai dati di sistema
8.	Benammar et al. [44]	Risorse umane 2018, ambiente temperatura, Cl2, O3, NO2, SO2, CO, CO2	WSN	Modulo radio ZigBee Pro	ATmega 1281 (Mote della vespa), Raspberry Pi2 per gateway principale	Piattaforma server Web IoT open source	-
9.	Saad et al. [45]	2013 UR, temperatura, PM e inquinanti gassosi	WSN	AT86RF230 IC front-end a radiofrequenza per Norma ZigBee	ATmega1281 a bassa potenza MCU	Interfaccia WebThe s	Lo studio è stato condotto all'interno dell'ambiente del laboratorio.
10.	Tiele et al. [46]	2018 Livelli sonori, illuminamento, CO, CO2, COV totali, PM10, PM2,5, UR e temperatura	WSN	I2C/UART	Piuma M0	Display OLED, Scheda MicroSD	Utilizzato eNose per la raccolta dati, il modulo sensore personalizzato a basso costo è stato progettato utilizzando Altium Designer
11.	Arroyo et al. [cinquanta]	2019 Toluene, etilbenzene, benzene e xilene	WSN	ZigBee	Server cloud non disponibile		Caso di studio basato su laboratorio

Table 3 Summary of IAQ monitoring systems based on IoT

Sr. No.	References	Year	Parameters considered	Architecture	Communication Interface	MCU	Data Access	Remarks
1.	Kang and Hwang [40]	2016	VOC, PM ₁₀ , CO, temperature and RH	IoT	Bluetooth, Wi-Fi and RF communication module	TI MSP430	Wb server	Comprehensive Real-Time Indoor Air-Quality Level Indicator was designed
2.	Idrees et al. [48]	2018	RH, temperature, O ₃ , SO ₂ , NO ₂ , CO, PM _{2.5} and PM ₁₀	IoT	ZigBee and Wi-Fi	ATmega328P	Web-based IBM Watson IoT platform, Mobile App	Automatic calibration system was developed for the sensor system, performed detailed power consumption and computational cost analysis
3.	Sivasankari et al. [49]	2018	RH, temperature, NO ₂ , CO and concentrations of smoke	IoT	UART	Raspberry Pi	IP Address on Web	Data can be monitored from anywhere by logging into IP address.
1.	Wu et al. [33]	2017	PM	C-Air platform	Not available	Raspberry Pi A+	Mobile app	Machine learning algorithm was used for particle detection and sizing
2.	Zampolli et al. [34]	2004	NO _x , CO, VOCs and RH	eNose architecture based solid-state sensor array	Custom-made electronic interface	ST52T301P	Simulation environment	Fuzzy pattern recognition algorithm was used
3.	Pillai et al. [37]	2010	VOCs, CO, hydrogen	C-N based sensor network	CAN	AT89C51CC03	LED Display	Experiment was performed on breadboards in a lab environment
4.	Cheng et al. [39]	2014	PM _{2.5} levels	Cloud-based engine	Bluetooth 0.4, 3G mobile data connection and Wi-Fi	Raspberry Pi	Mobile Apps, Web	Prediction model was designed using Artificial Neural Network
5.	Moreno-Rangel et al. [47]	2018	Fine PM _{2.5} , CO ₂ , VOCs, RH and temperature	Foobot FBT0002100	Wi-Fi	Not available	Cloud System, Tablet	–

Monitoraggio della CO2 durante il Covid 19

Per fronteggiare la diffusione del virus SARS-CoV-2 e delle sue varianti, nei molteplici e diversi ambienti indoor, l'Istituto Superiore di Sanità (ISS) ha fornito una serie di indicazioni e raccomandazioni: l'obiettivo è l'ottimizzazione dei ricambi dell'aria esterna in modo naturale o con sistemi meccanici .

L'attenzione alla qualità dell'aria indoor è sempre stata un vero punto di forza per promuovere e salvaguardare la salute dei cittadini e in questo momento lo è ancora di più, considerando che, allo stato attuale la maggior parte dei contagi da SARS-CoV-2 e delle sue varianti si verificano in ambienti e spazi indoor.

ISS propone di misurare la CO2 per identificare gli ambienti con scarsi ricambi d'aria, promuovere ottimizzare i ricambi dell'aria esterna in modo naturale e con sistemi meccanici, implementare efficaci programmi di miglioramento per prevenire situazioni di disagio, scarsa produttività o problematiche di salute per l'esposizione degli occupanti ai vari agenti chimici, biologici e fisici – ad esempio COV (Composti Organici Volatili), materiale particolato (Particulate Matter) PM10, PM2,5, SVOC (Semi Volatile Organic Compounds, composti organici semivolatili), odori, batteri, virus, allergeni, funghi filamentosi (muffe) e all'umidità, ecc.

Le misurazioni che vengono effettuate dipendono da una serie di fattori che come noto hanno un'influenza sulle concentrazioni di CO2 negli ambienti indoor: il numero delle persone nelle normali condizioni di occupazione, la natura delle attività (impegno fisico), le caratteristiche e dimensioni degli ambienti e degli spazi indoor, le condizioni di utilizzo, la frequenza e durata di apertura di porte, finestre e balconi, la marcia e tempi di funzionamento del sistema di ventilazione, il posizionamento degli strumenti/dispositivi automatici/sensori.

aumento delle concentrazioni di CO2	eccessivo affollamento
	una ventilazione non efficace
	nonché il lungo tempo trascorso in ambienti/spazi
le emissioni di aerosol virali non sono proporzionali alle emissioni di CO2	a parità di concentrazione di CO2, l'utilizzo delle mascherine riduce la diffusione di aerosol
La misurazione di CO2 non fornisce una misura diretta dei ricambi dell'aria	CO2 come indicatore/guida che l'aria presente negli ambienti/spazi non viene sostituita/cambiata con aria fresca esterna da troppo tempo o regolarmente o in maniera efficace e di conseguenza il rischio di infezione potrebbe aumentare
la concentrazione di CO2 non è correlata all'effettivo carico di infezione	-non si conosce il tasso di emissione virale delle persone che si sono succedute nell'ambiente/spazio, -gli strumenti/dispositivi automatici/sensori di CO2 non rilevano il COVID-19 : un ambiente/spazio con un certo numero di persone avrà lo stesso livello di concentrazione di CO2 indipendentemente dal fatto che nessuno dei presenti sia infettato, o che una o più persone siano infette.

La strategia di monitoraggio deve essere redatta e modulata di volta in volta per rispondere agli scopi specifici e alle finalità che si vogliono raggiungere, per valutare adeguatamente i risultati delle misurazioni, per adottare azioni di miglioramento e per individuare precocemente eventuali comportamenti non corretti nella gestione dell'apertura delle finestre/balconi ed anomalie nella funzionalità dei sistemi di Ventilazione Meccanica Controllata (VMC)

Sistemi di monitoraggio della qualità dell'aria indoor

AirQino Indoor è un sistema di **monitoraggio ambientale** a rilevazione continua dedicato ad ambienti interni, utilizzabile nel monitoraggio ambientale di scuole, strutture sanitarie, musei, centri commerciali, laboratori, uffici. La versione Indoor rileva le principali sostanze inquinanti presenti in atmosfera (NO₂, Formaldeide, O₃, V.O.C Totali, PM_{2.5} e PM₁₀) in ambienti sensibili che necessitano di un monitoraggio costante.

I dati sono trasmessi in **tempo reale** ad un server cloud e possono essere analizzati tramite una **piattaforma web dedicata**.

AirQino è una piattaforma di monitoraggio ambientale ad alta precisione, realizzata dal Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) in collaborazione con TEA Group e Quanta Srl.



Attualmente, per migliorare il controllo degli inquinanti indoor, sono stati messi a punto vari sistemi di monitoraggio della IAQ, basati sull'uso delle tecnologie wireless per lo sviluppo di sistemi cyber-fisici per il monitoraggio in tempo reale (1.)

esperienze in Italia:

Le piante migliorano la qualità dell'aria riducendo la concentrazione di CO2 e polveri fini

la Nasa aveva scoperto che alcune varietà di piante potevano rendere più pulito l'ambiente all'interno delle stazioni spaziali.

Lo stesso principio è stato applicato per la prima volta in Italia che una sperimentazione del genere è stata condotta in ambiente scolastico in alcune classi **dell'Istituto Alberghiero Saffi di Firenze**.

L'esperimento, condotto da **Coldiretti Toscana** e dall'**Istituto per la Bioeconomia del Consiglio Nazionale delle Ricerche (IBE—CNR)** con il sostegno della Regione Toscana, dimostra che l'introduzione di alcune specifiche varietà di piante da interno come la sanseveria, la chamadorea, la yucca, il ficus e la schefflera nelle aule scolastiche può migliorare sensibilmente la qualità dell'aria respirata dagli studenti, rendere gli ambienti più piacevoli e rilassanti e favorire la concentrazione, e dunque l'apprendimento. Il monitoraggio della qualità dell'aria nelle aule, effettuato con le centraline Airqino-indoor, dotati di sensori per rilevare temperatura e umidità dell'aria, anidride carbonica (CO2), PM2,5 e composti organici volatili, ha dimostrato come le piante abbiano migliorato la qualità dell'aria **riducendo di circa il 20% la concentrazione di CO2, con punte anche del 75%, e del 15% quella delle PM2,5.**



piante da appartamento che depurano l'aria della casa

Uno studio della NASA (1989) ha dimostrato che alcune tipologie di piante possono anche **neutralizzare i VOC**, i composti organici volatili che sono presenti spesso in tutte le nostre case, ad esempio polvere, fumo di sigaretta, formaldeide e altri agenti chimici.

BACKGROUND:

In the previous report, dated October 1989, preliminary data on the ability of a group of common indoor plants to remove organic chemicals from indoor air was presented. The group of plants chosen for this study was determined by joint agreement between the National Aeronautics and Space Administration (NASA) and The Associated Landscape Contractors of America (ALCA).

PLANTS CHOSEN FOR SCREENING:

<u>Common Name:</u>	<u>Scientific Name:</u>
Bamboo palm	<u>Chamaedorea seifritzii</u>
Chinese evergreen	<u>Aglaonema modestum</u>
English Ivy	<u>Hedera helix</u>
Gerbera daisy	<u>Gerbera jamesonii</u>
Janet Craig	<u>Dracaena deremensis "Janet Craig"</u>
Marginata	<u>Dracaena marginata</u>
Mass cane/Corn cane	<u>Dracaena massangeana</u>
Mother-in-Law's tongue	<u>Sansevieria laurentii</u>
Pot mum	<u>Chrysanthemum morifolium</u>
Peace lily	<u>Spathyphyllum "Mauna Loa"</u>
Warneckei	<u>Dracaena deremensis "Warneckei"</u>
Ficus	<u>Ficus benjamina</u>

Le piante deumidificanti sono una soluzione ecologica ed efficiente per eliminare **l'umidità in casa**.

Questi tipi di piante hanno la capacità di assorbire l'umidità dall'ambiente, aiutando a mantenere l'equilibrio, quindi dovresti pensare di portarle a casa. Ma a cosa servono nello specifico?

Riduzione dell'umidità ambientale: uno dei principali vantaggi di questo **tipo di pianta** è la capacità di estrarre l'umidità dall'ambiente. Questo avviene attraverso le radici e le foglie, che hanno proprietà igroscopiche, cioè attraggono

e trattengono l'acqua dall'aria, contribuendo a ridurre **l'umidità** generale.

Prevenzione di muffe e funghi: le **piante deumidificanti**, riducendo l'umidità, contribuiscono a creare condizioni

meno favorevoli allo sviluppo di muffe e funghi. Pertanto, la presenza di queste piante in casa può aiutare a prevenire

l'insorgenza di problemi di salute.

Miglioramento della qualità dell'aria:

Le piante che rimuovono **l'umidità dalla casa** contribuiscono anche al miglioramento della qualità dell'aria, attraverso il rilascio di ossigeno e **la purificazione dell'ambiente**, alleviando allergie e possibili disturbi respiratori,

fornendo un ambiente più sano.

- **Areca Palm:** questa pianta tropicale è nota per la sua capacità di purificare l'aria e rimuovere l'umidità. Le sue lussureggianti foglie colorate aggiungono anche bellezza all'ambiente.
- **Edera inglese:** è una pianta rampicante che assorbe l'acqua presente nell'aria ed è in grado di trasformarla in energia per la propria crescita, contribuendo a ridurre l'umidità nell'ambiente.
- **Sanseveria:** nota per la sua resistenza e facilità di cura, questa pianta è anche efficace nel **purificare l'aria** e rimuovere l'eccessiva umidità.
- **Crisantemo:** con i suoi fiori colorati, il crisantemo non è solo una **pianta ornamentale**, ma anche un alleato nella lotta contro l'umidità, assorbendola e rilasciando ossigeno puro.
- **Giglio della Pace (Spathiphyllum):** oltre ad essere una pianta elegante, il Giglio della Pace è in grado di assorbire acqua e umidità dall'aria, contribuendo a mantenere un ambiente equilibrato e sano.