

MINISTERO DELLA SANITA'  
DIPARTIMENTO DELLA PREVENZIONE

**LA TUTELA E LA PROMOZIONE  
DELLA SALUTE  
NEGLI AMBIENTI CONFINATI**

## ***PREMESSA***

Questo documento è la sintesi della relazione predisposta dalla Commissione tecnico-scientifica, istituita nell'aprile del '98 con il compito di elaborare proposte d'intervento in materia di inquinamento "indoor". La relazione, ora all'esame della Conferenza Stato-Regioni, evidenzia l'esistenza in Italia di situazioni di rischio per la salute, riconducibili all'inquinamento degli ambienti indoor e indica una serie di azioni per la gestione ed il controllo di tali rischi. Le azioni proposte seguono i due indirizzi strategici della prevenzione primaria: interventi di tipo normativo ed impositivo ed interventi di tipo educativo e persuasivo, che incidono sul comportamento e lo stile di vita dei cittadini.

L'espressione "ambiente indoor" è riferita agli ambienti confinati di vita e di lavoro non industriali, ed in particolare, a tutti i luoghi confinati adibiti a dimora, svago, lavoro e trasporto. Secondo questo criterio, il termine "indoor" comprende: le abitazioni, gli uffici pubblici e privati, le strutture comunitarie (ospedali, scuole, uffici, caserme, alberghi, banche, etc.), i locali destinati ad attività ricreative e/o sociali (cinema, bar, ristoranti, negozi, strutture sportive, etc.) ed infine i mezzi di trasporto pubblici e/o privati (auto, treno, aereo, nave, etc.).

## ***LA QUALITÀ DELL'ARIA INTERNA (IAQ)***

Nei paesi industrializzati la popolazione trascorre una parte molto rilevante del proprio tempo (fino al 90%) negli ambienti confinati, quali abitazioni, edifici pubblici e privati e mezzi di trasporto.

Secondo una ricerca condotta nel 1998 su un campione di popolazione di Milano, nei giorni feriali la popolazione occupata trascorre in media il 59% del tempo a casa, il 35% in ufficio ed il 6 % nei tragitti casa-ufficio. Per alcuni gruppi di persone come bambini, anziani, e malati la percentuale di tempo trascorsa in casa è ancora più alta. Un altro studio del 1998, condotto nel Delta del Po ha dimostrato che le persone trascorrono l'84% del loro tempo giornaliero all'interno di ambienti (di cui il 64% in casa), il 3,6% in transito e solo il 12% all'aperto.

Contemporaneamente, in questi ultimi decenni si sono verificati profondi mutamenti nella qualità dell'aria indoor (IAQ), con un progressivo aumento delle sostanze inquinanti.

Lo scadimento della qualità dell'aria interna è dovuto in parte ai livelli esterni di inquinamento ma, soprattutto, alle numerose sorgenti interne che determinano concentrazioni di inquinanti spesso superiori a quelle presenti all'esterno.

In Italia, a seguito della crisi delle risorse energetiche mondiali, si sono imposti nuovi criteri tecnico-progettuali per gli edifici ad uso civile. La necessità di contenere i consumi per il riscaldamento e per la ventilazione ha imposto un migliore isolamento degli edifici, con conseguente spinta a sigillare gli ambienti interni. Alle modifiche strutturali degli edifici si sono accompagnate modifiche rilevanti degli arredi (nuovi materiali per mobili, rivestimenti, ecc.) e degli strumenti di lavoro (crescente impiego di fotocopiatrici, videoterminali, stampanti, ecc.). Inoltre importanti cause di inquinamento indoor sono il fumo di sigaretta e gli impianti di condizionamento dell'aria se inadeguati e malfunzionanti.

## ***IL PROBLEMA DELLA QUALITA' DELL'ARIA INTERNA (IAQ) IN SANITÀ PUBBLICA***

In questi ultimi decenni l'attenzione dei paesi industrializzati è stata rivolta allo studio dei fenomeni di inquinamento dell'aria "esterna", di cui ben presto sono state identificate le cause (traffico automobilistico, impianti industriali, impianti di riscaldamento domestico), gli effetti (preoccupante crescita della incidenza di malattie polmonari e neoplastiche) e le eventuali misure di contenimento (lotta all'inquinamento dell'aria urbana).

Solo negli anni più recenti, di fronte all'accumularsi di informazioni ed esperienze sui danni alla salute causati da una scadente qualità dell'aria interna, è emersa l'esigenza di un approfondimento delle conoscenze relative alle fonti di inquinamento indoor, nonché dei rapporti di causa-effetto tra esposizione e conseguenze sulla salute dell'uomo.

L'inquinamento dell'aria negli ambienti confinati rappresenta un problema importante per la sanità pubblica, con grandi implicazioni sociali ed economiche, per molteplici motivi. In primo luogo, per la prolungata permanenza della popolazione negli ambienti interni di varia natura (casa, lavoro, svago, mezzo di trasporto), inoltre il rischio espositivo non è limitato a categorie ben definite (rischio esclusivamente professionale od occupazionale), ma, oltre ad interessare una parte estesa della popolazione, 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. Infine, molte malattie croniche sono correlate a diversi aspetti dell'IAQ ed il danno economico e sociale attribuibile all'inquinamento indoor in Italia è verosimilmente rilevante.

La presenza di numerosi inquinanti, in primo luogo il fumo passivo, e il clima caldo-umido delle abitazioni (favorente la crescita degli acari e di funghi nella polvere domestica), hanno sicuramente contribuito all'aumento della incidenza e della prevalenza di patologie respiratorie croniche, come l'asma, ed all'incremento della loro evoluzione verso forme persistenti, gravi ed invalidanti.

Gli studi scientifici di questi ultimi decenni hanno messo in luce, inoltre, che alcuni inquinanti sono in grado di contribuire all'aumento di incidenza di tumori maligni. Un maggior rischio di cancro al polmone è stato associato all'esposizione al fumo di tabacco ambientale (environmental tobacco smoke, ETS) ed ai prodotti di decadimento del radon.

Il 5-20% dei casi di neoplasia polmonare osservati nella popolazione italiana è attribuibile all'esposizione a radon. Per quanto riguarda l'esposizione al fumo di tabacco (ETS), si stima che i non fumatori, che vivono a contatto con fumatori, sviluppino un rischio di cancro al polmone aumentato del 30%, se confrontati con la popolazione non esposta.

Molti composti chimici presenti nell'aria indoor sono noti o sospettati di causare irritazione o stimolazione dell'apparato sensoriale e possono dare vita a un senso di disagio sensoriale e ad

altri sintomi comunemente presenti nella cosiddetta “Sindrome da Edificio Malato” (Sick Building Syndrome). Studi condotti in uffici e in altri edifici ad uso pubblico in diversi paesi hanno rivelato una frequenza di disturbi tra gli occupanti compresa tra il 15 e il 50%.

Gli effetti sulla riproduzione, sulle malattie cardiovascolari e su altri sistemi e organi non risultano ad oggi essere ben documentati. Tuttavia, alcuni dati mostrano che l'inquinamento indoor può rappresentare un importante cofattore nella genesi delle malattie cardiovascolari e di altre malattie sistemiche.

In particolare, l'esposizione a fumo passivo è stata associata ad un aumento di rischio di malattia ischemica cardiaca. In considerazione del fatto che tali malattie hanno una frequenza elevata, anche un piccolo aumento percentuale del rischio può determinare l'insorgenza di migliaia di nuovi casi a livello di popolazione.

Si evidenzia, infine, che ogni anno in Italia l'intossicazione acuta da monossido di carbonio è responsabile di centinaia di decessi e di ricoveri ospedalieri. L'incremento di questo tipo di incidenti, in relazione soprattutto al diffondersi degli impianti autonomi di riscaldamento ed alla presenza di caldaie nei locali abitati, potrebbe essere notevolmente contenuto e molte vite umane potrebbero essere risparmiate mediante una adeguata informazione e formazione degli utenti e del personale tecnico.

### ***LE IMPLICAZIONI SANITARIE E SOCIO-ECONOMICHE DELL'INQUINAMENTO INDOOR***

Il peso sociale legato all'inquinamento dell'aria indoor può essere misurato non solo in termini di disagio umano, malattie e discomfort, ma anche in termini di costi economici, di calo della produttività e del benessere. Per quanto riguarda l'aspetto prettamente economico la maggiore morbosità nella popolazione, causata dall'inquinamento indoor, incide sulla collettività in termini di costi economici significativi.

Per esempio, negli Stati Uniti i costi sanitari per le principali malattie da inquinamento indoor sono stimati essere superiori al miliardo di US\$ all'anno (anni 1986-1987). Si stima che il costo annuale per accessi in Pronto Soccorso da parte di bambini asmatici che vivono con fumatori sia superiore ai 200 milioni di US\$.

Relativamente alle implicazioni sul calo di produttività, alcuni studi negli USA hanno evidenziato che l'inquinamento indoor determina complessivamente a livello nazionale una perdita del 3% (corrispondente a circa 15 minuti di lavoro al giorno). I costi annuali determinati da questo calo di produttività risultano compresi tra i 4 e i 5 miliardi di US\$.

### ***RELAZIONE 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.

I livelli di concentrazione che gli inquinanti raggiungono all'interno degli edifici generalmente sono uguali o superiori a quelli dell'aria esterna e soprattutto le esposizioni indoor sono maggiori

di quelle outdoor.

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. 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.

### ***SORGENTI DI INQUINAMENTO INDOOR***

Gli inquinanti indoor sono numerosi e possono essere originati da diverse sorgenti; le concentrazioni sono molto variabili nel tempo a seconda delle sorgenti presenti nell'edificio, della ventilazione e delle abitudini degli occupanti.

Le sorgenti di inquinamento interno che rilasciano inquinanti nell'aria costituiscono la causa primaria dei problemi relativi alla qualità dell'aria indoor. Le principali fonti sono l'uomo e le sue attività, i materiali da costruzione gli arredi, i sistemi di trattamento dell'aria. Molte attività degli occupanti contribuiscono ad inquinare l'aria degli ambienti chiusi. Uno dei fattori più importanti è sicuramente il fumo di tabacco, oltre ai processi di combustione di petrolio, gas, cherosene, carbone e legno. Altre possibili fonti di inquinamento sono i prodotti per la pulizia e la manutenzione della casa, i prodotti antiparassitari e l'uso di colle, adesivi, solventi etc. Possono determinare una emissione importante di sostanze inquinanti l'utilizzo di strumenti di lavoro quali stampanti, plotter e fotocopiatrici e prodotti per l'hobbistica (es. colle).

Un'altra importante fonte di inquinamento indoor sono i materiali utilizzati per la costruzione (es. isolamenti contenenti amianto) e l'arredamento (es. mobili fabbricati con legno truciolare o trattati con antiparassitari, moquettes, rivestimenti).

Il malfunzionamento del sistema di ventilazione o una errata collocazione delle prese d'aria in prossimità di aree ad elevato inquinamento (es. vie ad alto traffico, parcheggio sotterraneo, autofficina) possono determinare un'importante penetrazione dall'esterno di inquinanti. I sistemi di condizionamento dell'aria possono inoltre diventare terreno di coltura per muffe e altri contaminanti biologici e distribuire tali agenti in tutto l'edificio.

#### ***1. Inquinanti chimici***

Gli inquinanti che possono essere presenti negli ambienti confinati non-industriali sono molto numerosi. In particolare si possono individuare tre categorie inquinanti: chimici, fisici e biologici.

##### **1 - Ossidi di azoto (NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>)**

Le principali fonti indoor di ossidi d'azoto sono costituite da radiatori a cherosene, da stufe e radiatori a gas privi di scarico e dal fumo di tabacco. I valori più elevati vengono generalmente rilevati nelle cucine. I livelli di NO<sub>2</sub> durante la cottura di cibi con stufe a gas o durante l'uso di stufe a cherosene possono essere superiori a 1.000 µg/m<sup>3</sup>.

In presenza di stufe e fornelli a gas il valore più frequente del rapporto tra concentrazione indoor e outdoor è tra 2 e 3 (intervallo 1.1 - 4.8), e raggiunge circa 5 nel caso di riscaldamento e fornelli a gas con ventilazione e scarico all'esterno inefficienti. La presenza di sorgenti interne può portare a livelli anche di 7 volte maggiori negli ambienti indoor

Una campagna di monitoraggio recentemente condotta in Italia, a Milano, in ambienti indoor (abitazioni ed uffici), ha mostrato, su un tempo medio di 8 ore, concentrazioni medie di NO<sub>x</sub> da 39.4 ug/m<sup>3</sup> (estate) a 73.3 ug/m<sup>3</sup> (inverno), con picchi massimi negli uffici di 162 ug/m<sup>3</sup> e di 127 ug/m<sup>3</sup> in abitazioni dotate di cucina a gas.

Sempre per quanto riguarda le esperienze italiane, in Tabella 1 vengono riportati i risultati di indagini epidemiologiche condotte a Pisa e nel Delta del Po; le concentrazioni sono risultate in generale più elevate durante l'inverno.

**Tab.1 - Concentrazioni “indoor” di NO<sub>2</sub> (ppb)<sup>^</sup> terminate nelle indagini epidemiologiche effettuate nell'area di Pisa e nel Delta del Po**

|                 | PISA     |         | DELTA DEL PO |         |
|-----------------|----------|---------|--------------|---------|
| N°. abitazioni  | (n°=290) |         | (n°=140)     |         |
|                 | Estate   | Inverno | Estate       | Inverno |
| Casa            | 18       | 21 ***  | 14           | 21 ***  |
| Cucina          | 22       | 29 ***  | 20           | 32 ***  |
| Soggiorno       | 17       | 20 ***  | 16           | 22 ***  |
| Camera da letto | 16       | 15      | 13           | 16 **   |

<sup>^</sup> Valori medi settimanali delle concentrazioni “indoor”

\*\* Significativa differenza tra estate e inverno (p<0.01)

\*\*\* Significativa differenza tra estate e inverno (p<0.001)

## 2 - Ossidi di zolfo ( $\text{SO}_2$ )

Le principali fonti di  $\text{SO}_2$  negli ambienti indoor sono costituite da radiatori a cherosene, da stufe e radiatori a gas privi di scarico e dal fumo di tabacco; valori elevati superiori a  $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$  si riscontrano nelle abitazioni riscaldate con stufe a cherosene. Le stufe a cherosene possono emettere anche grandi quantità di aerosol acidi.

## 3 - Monossido di carbonio ( $\text{CO}$ )

Uno studio che ha caratterizzato l'esposizione a  $\text{CO}$  in varie tipologie di edifici ha rilevato livelli compresi tra  $1,5$  e  $3 \text{ mg}/\text{m}^3$  nelle abitazioni, tra  $3$  e  $4,5 \text{ mg}/\text{m}^3$  in ambienti pubblici quali uffici, negozi e ristoranti e livelli superiori a  $5 \text{ mg}/\text{m}^3$  in ambienti particolari quali box, autofficine e garage pubblici.

I livelli di  $\text{CO}$  sono significativamente influenzati dalla presenza di processi di combustione, quali sistemi di riscaldamento e cottura senza ventilazione o con scarsa ventilazione e fumo di tabacco; in questi casi le concentrazioni interne possono superare quelle esterne. In case con cucina a gas sono stati misurati livelli sino a  $60 \text{ mg}/\text{m}^3$ . In uno studio su 14 case con una o più stufe a gas senza ventilazione esterna sono stati rilevati livelli medi indoor di  $\text{CO}$  da  $0,7$  a  $11 \text{ mg}/\text{m}^3$ , con variazioni dipendenti dall'uso, a fronte di concentrazioni medie esterne da  $0,3$  a  $1,8 \text{ mg}/\text{m}^3$ . Sono stati misurati livelli di picco su brevi intervalli di tempo da  $1 \text{ ppm}$  a  $100 \text{ mg}/\text{m}^3$  dovuti a sistemi vari di riscaldamento. L'uso intermittente di cucine a gas può portare a picchi di concentrazione sino a  $10 \text{ mg}/\text{m}^3$  e più, mentre le medie a lungo termine (ad esempio, su 24 ore) sono molto minori (dell'ordine di  $1 \text{ mg}/\text{m}^3$ ).

La vicinanza di sorgenti outdoor (ad esempio, strade a levato traffico, garage e parcheggi) possono avere un impatto significativo sulle concentrazioni all'interno di edifici. Le concentrazioni indoor rilevate in queste condizioni hanno spesso superato i  $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ .

## 4 – Ozono ( $\text{O}_3$ )

La quota proveniente dall'esterno rappresenta generalmente la maggior parte dell'ozono presente nell'aria interna, tuttavia, in un ambiente confinato può essere emesso in maniera significativa da strumenti elettrici ad alto voltaggio, quali motori elettrici, stampanti laser e fax, da apparecchi che producono raggi ultravioletti, da filtri elettronici per pulire l'aria non correttamente installati o senza adeguata manutenzione.

In seguito ad esposizioni prolungate nel tempo si è osservato in soggetti esposti un aumento di infezioni batteriche delle vie respiratorie, alterazioni del tessuto polmonare e disturbi al sistema nervoso centrale.

## 5 - Particolato aerodisperso

Negli ambienti indoor il particolato è prodotto principalmente dal fumo di sigaretta, dalle fonti di combustione e dalle attività degli occupanti. La composizione del particolato da combustione varia in base al tipo di combustibile e alle condizioni in cui avviene la combustione. L'esame di particolato fine raccolto all'interno ed all'esterno di abitazioni ed edifici ha consentito di verificare la presenza di n-alcane, acidi grassi (palmitico e stearico), esteri ftalati in particolato indoor. Il rapporto tra le concentrazioni di queste sostanze nel particolato indoor e in quello outdoor è superiore a 90 per molti idrocarburi (n-alcane), e, sia pure a minor livello per altre sostanze organiche (dibutilftalato e Di(2-etilexil)ftalato), indicando la presenza di sorgenti interne di considerevole rilievo.

Nella tabella 2 vengono riportate le concentrazioni indoor di PM10 rilevate in diversi edifici ad uso ufficio in Milano.

Sempre per quanto riguarda le esperienze italiane, i risultati di alcune indagini epidemiologiche condotte a Pisa, nel Delta del Po hanno evidenziato una forte associazione tra la presenza di fumatori ed elevati livelli di particolato; tali concentrazioni sono risultate direttamente proporzionali alla quantità di tabacco consumato e in generale si sono mantenute più elevate durante l'inverno.

**Tabella 2 - Concentrazioni indoor di PM10 in edifici ad uso ufficio in Milano**

| PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |    |         |          |         |         |          |
|-------------------------------|----|---------|----------|---------|---------|----------|
| Estate                        |    |         |          | Inverno |         |          |
| Edificio                      | n. | mediana | range    | n.      | mediana | range    |
| Privato, vent. Mecc           | 14 | 31.0    | (21-52)  | 14      | 54.5    | (43-72)  |
| Privato, vent. Mecc           | 18 | 24.5    | (15-58)  | 18      | 16.5    | (12-31)  |
| Privato, vent. Mecc           | 6  | 35.5    | (24-105) | 6       | 44.5    | (36-52)  |
| Privato, vent. Mecc           | -  | -       | -        | 6       | 27.3    | (24-50)  |
| Privato, vent. Mecc           | 60 | 47.0    | (15-210) | 60      | 57.6    | (29-97)  |
| Pubblico, vent. mecc          | 38 | 42.5    | (28-66)  | 16      | 64.5*   | (22-116) |
| Pubblico, vent. natur         | 43 | 87.0    | (13-181) | 38      | 127.5*  | (5-234)  |
| Pubblico, vent. natur         | 6  | 42.0    | (28-135) | 12      | 107.5*  | (10-701) |

\* Differenza inverno-estate statisticamente significativa

Concentrazioni indoor di  $PM_{2.5}$  e  $PM_{10}$  sono state determinate a Roma, in due indagini mediante campionamenti giornalieri consecutivi per un mese (Marconi et al., 2000). La prima indagine è stata effettuata in due stanze dell'Istituto Superiore di Sanità (ISS) a differente altezza (piano terra e sesto piano), ove si svolgeva normale attività d'ufficio per otto ore al giorno; la seconda, in tre abitazioni private, in assenza di fumatori e con gas come combustibile per la cucina. Contemporaneamente, venivano effettuate misure anche in ambiente esterno: nella prima indagine, presso l'edificio stesso dell'ISS, mediante due campionatori la cui altezza sul piano stradale corrispondeva a quella dei prelievi indoor; nel corso della seconda indagine (nelle case private), i dati esterni sono stati ottenuti presso due siti nell'area urbana, uno stradale e l'altro all'interno di un parco. Le concentrazioni indoor, ed i relativi rapporti indoor/outdoor, sono riportati in tabella 3

**Tabella 3 Concentrazioni indoor di  $PM_{2.5}$  e  $PM_{10}$  misurate a Roma (1999)**

| Sito            | Periodo       | n  | $PM_{2.5}$                             |                    | $PM_{10}$                                |         |
|-----------------|---------------|----|----------------------------------------|--------------------|------------------------------------------|---------|
|                 |               |    | Indoor<br>( $\mu g/m^3$ ) <sup>a</sup> | I/O <sup>a,b</sup> | Indoor<br>( $\mu g/m^3$ ) <sup>a,b</sup> | I/<br>O |
| ISS piano terra | aprile-maggio | 30 | 20                                     | 0.8                | 28                                       | 0.6     |
| 6° piano        | "             | 30 | 19                                     | 0.8                | 22                                       | 0.6     |
| Abitazione A    | maggio-giugno | 30 | 26                                     | 1.4-1.7            |                                          |         |
| Abitazione B    | "             | 30 | 25                                     | 1.4-1.6            |                                          |         |
| Abitazione C    | "             | 30 | 24                                     | 1.3-1.5            |                                          |         |

N: numero di campioni; I/O:

Indoor/outdoor.

<sup>a</sup> Valore medio dei 30 prelievi giornalieri.

<sup>b</sup> Nell'indagine relativa alle abitazioni, il rapporto è riportato relativamente al stradale e a quello nel parco urbano,

## 6 - Composti organici volatili

Varie sono le sorgenti di inquinamento di VOC nell'aria degli ambienti indoor. Gli occupanti un ambiente sono fonte di inquinamento dell'aria indoor in quanto numerosi VOC vengono emessi attraverso la respirazione e la superficie corporea. VOC vengono emessi da prodotti cosmetici o deodoranti e da abiti trattati recentemente in lavanderie.

Negli uffici importanti fattori sono sicuramente il fumo di sigaretta e gli strumenti di lavoro quali stampanti e fotocopiatrici. Altre importanti fonti di inquinamento sono i materiali di costruzione e gli arredi (es. mobili, moquettes, rivestimenti) che possono determinare emissioni continue durature nel tempo (settimane o mesi); importanti concentrazioni di VOC sono riscontrabili in particolare nei periodi immediatamente successivi alla posa dei vari materiali o alla installazione degli arredi. Possono determinare una emissione importante, anche se di breve durata nel tempo, il funzionamento di dispositivi di riscaldamento e l'uso di materiali di pulizia e di prodotti vari (es. colle, adesivi, solventi). Un'errata collocazione delle prese d'aria in prossimità di aree ad

elevato inquinamento (es. vie ad alto traffico, parcheggio sotterraneo, autofficina) possono determinare una importante penetrazione di VOC dall'esterno.

I VOC vengono rilasciati dalla quasi totalità dei prodotti da costruzione, ma in misura maggiore dai prodotti di finitura (rivestimenti, vernici) e da quelli intermedi per la posa (adesivi, sigillanti); il più importante contributo alla concentrazione di VOC nell'aria interna è comunque dato dai prodotti per la pulizia, dai disinfettanti e dagli insetticidi (Tab. 4).

**Tabella 4 – Emissioni di VOC da prodotti edili, per l'arredo e la pulizia**

| Prodotti                                               | $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ | Prodotti                                | $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| <b>MATERIALI PRIMARI</b>                               |                                         | <b>PRODOTTI PER LA POSA</b>             |                                         |
| -Getti di cemento                                      | < 5                                     | -Colla per tappezzerie (dopo 24 ore)    | 270.000                                 |
| -Cartongesso                                           | 30                                      | -Adesivo per moquettes (dopo 24 ore)    | 100.000                                 |
| -Polistirolo espanso nuovo                             | 200                                     | -Sigillante siliconico (dopo 10 ore)    | 13.000                                  |
| <b>PAVIMENTI</b>                                       |                                         | <b>FINITURE</b>                         |                                         |
| -Moquette posata (dopo 1 ora)                          | 400                                     | -Pittura acrilica                       | 430                                     |
| -Pavimento vinilico posato (dopo 1h)                   | 22.000                                  | -Vernice poliuretanica per legno        | 9.000                                   |
| -Linoleum posato                                       | 600                                     | -Vernice per pavimenti                  | 4.700                                   |
| -Legno di pino non trattato, in opera                  | 215                                     | -Tappezzeria vinilica                   | 100                                     |
| <b>ARREDI</b>                                          |                                         | <b>PRODOTTI PER L'IGIENE</b>            |                                         |
| -Partizioni con HCHO (a 48 ore)                        | 37                                      | -Detergente/disinfettante per pavimenti | 35.000                                  |
| -Poltrona da ufficio                                   | 1.060                                   | -Lucidante per mobili                   | 27.000                                  |
| -Pannello truciolare con elevata conc. di formaldeide. | 2.000                                   | -Insetticida                            | 14.000.000                              |

*Rilevazioni effettuate da diversi ricercatori e riportate da H. Levin, 1992.*

Per ridurre la consistenza delle concentrazioni è stata sollecitata l'immissione sul mercato di prodotti edili "basso-emissivi" ovvero di prodotti le cui emissioni sono al di sotto di soglie stabilite e garantiscono un livello accettabile per la concentrazione di VOC nell'aria.

## *7- benzene*

Le caratteristiche chimico-fisiche del benzene comportano un'elevata volatilizzazione di questa sostanza, che tende a migrare verso l'atmosfera dai liquidi che la contengono, con un "pattern" di esposizione inalatoria di rilievo.

Per quanto concerne specificamente gli ambienti interni degli edifici (indoor), le sorgenti di maggior rilievo sono prodotti di consumo, come adesivi, materiali di costruzione e vernici. Il fumo di una sigaretta contiene un quantitativo di benzene significativo e considerevolmente variabile, misurato nell'intervallo da 6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a 73  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

L'emissione da prodotti di consumo, materiali di costruzione, vernici, è funzione della temperatura e, in particolare nel caso di vernici e materiali, decresce con il tempo. La determinazione dei parametri di questi processi è piuttosto complessa.

In ambienti cittadini, in assenza di significative sorgenti indoor, sono citati livelli medi e/o esposizioni personali medie all'interno di edifici dell'ordine di frazioni dei livelli misurati immediatamente all'esterno (ad esempio, circa il 60%), mentre nel caso di presenza di sorgenti significative interne la concentrazione e/o l'esposizione media indoor può raggiungere valori anche considerevolmente superiori rispetto a quelli misurati all'esterno.

Numerosi studi indicano che il contributo di sorgenti indoor di benzene, non ultimo il fumo di tabacco, ma anche il rilascio da materiali, da prodotti di consumo e l'impatto di parcheggi interni agli edifici può essere rilevante, e nei termini da alcuni  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sino alla decina e più di  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , con i valori più elevati attribuibili in linea di massima ad elevata quantità di fumo di tabacco.

## *8 - Formaldeide*

Negli ambienti indoor i livelli sono generalmente compresi tra 10 e 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Concentrazioni particolarmente elevate sono state osservate in certe situazioni quali in case prefabbricate ed in locali con recente posa di mobili in truciolato o moquette.

## *9 - Idrocarburi aromatici policiclici (IPA)*

Le sorgenti principali sono le fonti di combustione (es. caldaie a cherosene) ed il fumo di sigaretta.

I dati di letteratura disponibili sull'esposizione indoor ad IPA sono piuttosto scarsi e, in maggioranza, si riferiscono a situazioni ambientali non confrontabili con quelle italiane per le differenze nei combustibili per il riscaldamento e la cucina. Si riportano i risultati degli studi italiani disponibili.

A Pavia, in periodo invernale, è stata condotta un'indagine su otto soggetti che per una settimana hanno indossato due campionatori personali, funzionanti alternativamente quando il soggetto si trovava in ambiente esterno od indoor: l'esposizione indoor media a BaP (0,1  $\text{ng}/\text{m}^3$ ) è risultata circa 10 volte inferiore a quella misurata all'esterno (Minoia et al., 1997).

L'esposizione conseguente all'uso delle stufe a legna è stata valutata in due piccoli centri urbani nelle province di Pavia e Genova (Valerio et al., 1996): tale forma di riscaldamento ha

comportato livelli indoor di BaP superiori a quelli esterni, con concentrazioni indoor fino a 23 ng/m<sup>3</sup> misurati in condizioni di cattiva manutenzione della canna fumaria.

### *10 - Fumo di tabacco ambientale (ETS)*

Il fumo di tabacco ambientale (environmental tobacco smoke o ETS) è una miscela complessa di 3800 composti chimici la cui fonte primaria è appunto il fumo di sigaretta. Il fumo presente nell'ambiente risulta costituito da una componente detta "mainstream smoke-MS" e da una detta "sidestream smoke-SS". Il mainstream è il fumo inalato dai fumatori, filtrato dai polmoni e quindi espirato. Il sidestream è invece l'aerosol derivato direttamente dalla combustione della sigaretta, tra un puff e l'altro; il sidestream è il più importante dei due, perchè rappresenta il principale costituente dell'aerosol e di circa la metà della porzione corpuscolata dell'ETS.

Le principali sostanze tossiche del fumo liberate nell'ambiente sono: il monossido di carbonio (CO), gli idrocarburi aromatici policiclici (come il benzo(a)pirene), numerosi VOC, l'ammoniaca e le ammine volatili, l'acido cianidrico e gli alcaloidi del tabacco. Nel fumo di sigaretta si trova anche una frazione particolata, costituita da sostanze presenti in fase solida, tra le quali il catrame e diversi composti poliaromatici.

Circa 300-400 dei 3800 composti presenti nel fumo, sono stati isolati nel sidestream; tra questi alcuni riconosciuti cancerogeni sono presenti in concentrazioni superiori rispetto al mainstream (N-nitrosoammine concentrate nel sidestream da 6 a 100 volte di più rispetto al mainstream).

### *11 - Fumo di legna*

In alcune regioni del nostro paese è diffuso l'uso di caminetti: il loro non ottimale utilizzo può incrementare notevolmente i livelli di particelle respirabili all'interno del microambiente durante la stagione invernale.

### *12 - Antiparassitari*

Sono presenti in prodotti usati per eliminare zanzare, mosche, blatte ed altri insetti. Gli antiparassitari penetrano all'interno degli edifici, anche quando vengono applicati all'esterno, tramite soluzioni di continuità e fessure presenti nelle fondazioni e negli scantinati. Un settore particolare di applicazione di questi composti è il trattamento antimuffa del legno. Una rilevante esposizione cronica ad antiparassitari (in particolare pentaclorofenolo) è stata documentata in soggetti che abitano ambienti ove vi è presenza di superfici di legno trattate, che rilasciano lentamente e per anni tali composti nell'aria ambientale.

### *13 - Amianto*

Nei decenni passati l'amianto è stato ampiamente usato nell'industria meccanica, edile e navale per le sue notevoli qualità di isolamento termico e di materiale resistente alle alte temperature e alla frizione. Con la legge 257 del 22/3/1992 l'Italia ha dichiarato fuori legge l'amianto; esso, infatti non può essere più estratto nè utilizzato per produrre manufatti.

La liberazione di fibre di amianto all'interno degli edifici può avvenire per lento deterioramento

dei materiali costitutivi, per danneggiamento diretto degli stessi da parte degli occupanti o per interventi di manutenzione.

### *Fibre minerali sintetiche (MMMF)*

Sono fibre minerali prodotte artificialmente: fibre vetrose (lana di vetro e di roccia), fibre ceramiche, fibre di carbonio e numerose altre che sono andate nel tempo a sostituire le fibre di amianto.

## **2- Agenti fisici**

### *1 - Radon*

Il radon, gas radiattivo, classificato dalla IARC come agente cancerogeno è considerato la seconda causa per cancro polmonare dopo il fumo di sigaretta.

Si stima che l'esposizione domestica al radon sia responsabile del 5-20% dei tumori polmonari. Le principali sorgenti di provenienza del radon indoor sono il suolo sottostante l'edificio ed i materiali da costruzione. Il radon prodotto nel suolo viene spinto verso l'esterno dalla differenza di pressione o per diffusione e penetra negli edifici, tramite le molte fessure anche piccolissime che vi sono nelle fondamenta e si concentra nell'aria interna.

L'acqua ed il gas per uso domestico sono sorgenti di importanza generalmente molto minore, con alcune eccezioni relative ad alcune acque di pozzo.

In Italia, l'esposizione della popolazione è stata valutata tramite un'indagine nazionale promossa e coordinata dall'Istituto Superiore di Sanità e dall'ANPA e realizzata negli anni 1989-1996 in collaborazione con le Regioni su un campione di oltre 5000 abitazioni. L'indagine ha permesso di stimare la distribuzione della concentrazione di radon nelle abitazioni: il valore medio è risultato di 70-75 Bq/m<sup>3</sup>, a cui corrisponde, secondo una stima preliminare, un rischio individuale sull'intera vita dell'ordine di 0.5%. In circa l'1% di abitazioni è stata misurata una concentrazione di radon superiore a 400 Bq/m<sup>3</sup> e in circa il 4% di esse (800 mila) la concentrazione è risultata superiore a 200 Bq/m<sup>3</sup>. Dall'insieme delle indagini effettuate finora emerge che le regioni coi valori medi più alti sono Lazio, Lombardia, Trentino-Alto Adige, Friuli-Venezia Giulia, Campania e Sardegna. Tuttavia anche in altre regioni (Umbria, Veneto, Toscana e Piemonte) sono state trovate zone più o meno estese con valori di concentrazione di radon particolarmente elevati.

## **3- contaminanti microbiologici**

Le principali fonti di inquinamento microbiologico degli ambienti indoor sono gli occupanti (uomo ed animali), la polvere, le strutture ed i servizi degli edifici.

Altre possibili sorgenti di microrganismi sono gli umidificatori ed i condizionatori dell'aria, dove l'elevata umidità presente e l'inadeguata manutenzione facilitano l'insediamento e la moltiplicazione dei microrganismi che poi vengono diffusi negli ambienti dall'impianto di

distribuzione dell'aria. In particolare, diversi studi hanno evidenziato che gli umidificatori di impianti centralizzati sono ideali terreni di coltura per batteri termofili e termoresistenti e serbatoi di endotossine batteriche. Negli umidificatori domestici è stata riscontrata la presenza di batteri termofili e funghi mesofili. Altri siti che possono costituire serbatoi di contaminanti biologici sono le torri di raffreddamento degli impianti di condizionamento ed anche i serbatoi e la rete distributiva dell'acqua ad uso domestico.

Le principali patologie causate da agenti biologici comprendono malattie infettive, effetti da azione tossica diretta e reazioni allergiche per esposizione ad allergeni; quest'ultimo gruppo di agenti è molto importante e merita una specifica trattazione.

### *Gli allergeni indoor*

I principali allergeni all'interno degli edifici sono dovuti solitamente agli acari, agli animali domestici e a microrganismi come funghi e batteri. La condizione ambientale che ne favorisce la crescita è l'elevata umidità, dell'aria e delle murature.

#### *1 – Acari*

Gli acari vivono nella polvere, ma per il loro sviluppo sono necessarie condizioni di elevata umidità, anche a medie temperature; Per il *D. pteronyssinus* le condizioni ottimali sono 25°C e umidità relativa 70-80%, ma diventano abbondanti già quando l'umidità relativa interna supera il 65% per alcune settimane e la temperatura supera i 22°C e, perciò, nei nostri climi la loro presenza raggiunge il culmine alla fine dell'estate. Per contro si è dimostrato sufficiente mantenere l'umidità relativa all'interno della casa su valori inferiori al 45%, per un periodo di almeno un mese all'anno, per limitare la crescita di questi artropodi, che anche per questo, in generale non proliferano in alta montagna.

Negli ambienti, il numero di acari può arrivare a oltre 1000/g di polvere; predominano soprattutto nei materassi e nelle camere da letto, indi negli imbottiti, tappeti e, per quanto riguarda i prodotti di finitura, nelle moquettes che rilasciano lentamente l'acqua assorbita e che mantengono l'umidità ambientale a livelli più alti, ma è sbagliato credere che sia sufficiente sostituire questo rivestimento con altri - compatti e lavabili - per eliminare gli acari, perché polvere e umidità ambientale elevata possono essere causati anche da altri elementi e caratteristiche costruttive. In generale vengono considerati come elementi di incidenza: la porosità e la friabilità dei materiali e il loro contenuto di umidità (a causa dell'umidità trattenuta gli imbottiti costituiscono un ricovero per gli acari), ogni profilatura orizzontale, mensola o controsoffitto; lo zoccolino avvitato o inchiodato e il pavimento sopraelevato.

#### *2 Gli allergeni degli animali domestici*

Gli allergeni prodotti dagli animali domestici sono presenti nei peli, nella forfora, nella saliva e nell'urina.

I biocontaminanti prodotti da animali domestici sono facilmente trasportabili dalle persone (tramite gli indumenti), pertanto si diffondono anche in ambienti in cui solitamente non ci sono animali. Negli ambienti in cui questi sono vissuti, dopo il loro allontanamento ci vogliono sei mesi per riportare i livelli di concentrazione ai valori delle case in cui l'animale non è presente.

### *.3 - Muffe e Funghi*

Errori di costruzione o di manutenzione degli edifici possono comportare alti livelli di umidità negli elementi costruttivi (U.R. >55%) e nell'aria interna (U.R.>65%); l'umidità, oltre a favorire - come si è visto - la riproduzione degli acari, causa la formazione e la proliferazione di funghi e di altri microorganismi.

Il ruolo che l'esposizione ai funghi, nelle case, svolge nello sviluppo di sintomi respiratori è meno chiaro che per gli acari, ma vi è una discreta evidenza epidemiologica riguardo la frequenza di disturbi respiratori in bambini e adulti in associazione con la presenza di umidità in edifici contemporanei.

Gli apparati per la pulizia dell'aria, proprio perché operano sugli inquinanti aerodispersi, possono diventare fonte di inquinamento a causa dei funghi trattenuti sui filtri o dei batteri alimentati dalle riserve di acqua: i batteri, che crescono meglio nell'acqua abbondante, dominano la popolazione microbica nelle bacinelle di acqua stagnante; molti funghi, invece, che richiedono ossigeno gassoso, preferiscono depositarsi e riprodursi su filtri e condotte. Le colonie di funghi evidenziate sui filtri interni appartengono in genere alle seguenti specie, delle quali è conosciuto il potenziale allergico: *Cladosporium spec.*, *Penicillium spec.*, *Potrytis spec.*, *Aspergillus spec.*, *Fusarium spec.* (in ordine decrescente di presenza, dall'80% del *Cladosporium*, all'1% del *Fusarium*). Le griglie delle prese dell'aria esterna possono essere contaminate da escrementi o penne di volatili che contengono funghi patogenici quali *Cryptococcus neoformans*. Spesso sono contaminate da *Aspergillus fumigatus*.

### *4 -Allergeni outdoor*

Va infine ricordato che negli ambienti indoor, nei periodi stagionali, si possono accumulare quantità non indifferenti di allergeni outdoor (es. pollini) in grado di persistere a lungo nell'ambiente come gli altri allergeni più propriamente definiti indoor.

## **EFFETTI SULLA SALUTE**

Alcune patologie associate o attribuite alla permanenza in edifici sono state appunto definite "**Malattie associate agli edifici o Building-related illness (B.R.I.)**": legionellosi, febbre da umidificatori, alveolite allergica, etc., con quadro clinico ben definito e per le quali può essere identificato uno specifico agente causale presente nell'ambiente confinato. Sono state, inoltre, segnalate sindromi diffuse, caratterizzate da effetti neurosensoriali che determinano condizioni di malessere, diminuzione del comfort degli occupanti e percezione negativa della qualità dell'aria. In questo contesto la **Sindrome dell'edificio malato o Sick-Building Syndrome (S.B.S.)** viene definita come una sindrome diffusa, ad etiologia non definita e con sintomatologia non specifica. Mentre le B.R.I. colpiscono un limitatissimo numero di persone, nel caso della S.B.S. i sintomi vengono lamentati dalla maggior parte degli occupanti (fino al 50-60%) e scompaiono con l'abbandono dell'edificio.

Si segnala, inoltre, un quadro patologico particolare: la "**Sindrome da sensibilità chimica**

**multipla o Multiple Chemical Sensitivity syndrome (M.C.S.)"** che comprende una sindrome caratterizzata da reazioni negative dell'organismo ad agenti presenti a concentrazioni generalmente tollerate dalla maggioranza dei soggetti

Particolare attenzione è stata recentemente rivolta al possibile rischio di tumori legato alla presenza negli ambienti indoor di composti con dimostrata evidenza di cancerogenicità (fumo di sigaretta, radon, amianto).

E' stato ipotizzato che anche la presenza di VOC (formaldeide, benzene) nell'aria indoor possa costituire un significativo rischio cancerogeno per i soggetti che trascorrono molto tempo negli ambienti confinati e contribuisca in modo significativo al rischio cancerogeno complessivo della popolazione generale.

### **1- Malattie respiratorie**

L'apparato respiratorio rappresenta la porta d'ingresso di vari contaminanti aerei presenti nell'aria degli ambienti confinati.

Nella tabella 5 sono descritti gli effetti sull'apparato respiratorio in relazione ai principali inquinanti indoor.

**Tab. 5-Principali inquinanti chimici degli ambienti confinati e loro effetti sulla salute respiratoria dei soggetti esposti**

| INQUINANTE                              | FONTI             | EFFETTI SULLA SALUTE                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                         |                   | Bambini                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Adulti                                                                                                                              |
| <u>Fumo di tabacco ambientale (ETS)</u> | • Fumo di tabacco | ◆Incremento della frequenza di sintomi respiratori cronici<br>◆Incremento della frequenza di episodi infettivi acuti<br>◆Iperreattività bronchiale (aumentato rischio di sviluppare patologia asmatica)<br>◆Malattia più severa nei soggetti asmatici<br>◆Ridotto sviluppo della funzione respiratoria ventilatoria | ◆Probabile aumento della frequenza di sintomi respiratori cronici<br>◆Probabile decremento della funzione respiratoria ventilatoria |

|                                             |                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                             |
|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <u>Particolato totale<br/>sospeso (TPS)</u> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fumo di tabacco</li> <li>• Sistemi di riscaldamento</li> <li>• Inquinamento esterno</li> <li>• Combustione di legna</li> </ul>                | ♦ Incremento della frequenza di sintomi respiratori cronici                                                                                                                                                                                                        | ♦ Probabile decremento della funzione respiratoria ventilatoria                                                             |
| Biossido di azoto<br>(NO <sub>2</sub> )     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cucine a gas</li> <li>• Stufe a gas</li> <li>• Caldaie</li> <li>• Autoveicoli posti nelle vicinanze</li> </ul>                                | ♦ Probabile abbassamento della soglia di sensibilizzazione a vari allergeni<br>♦ Incremento della frequenza di sintomi respiratori cronici<br>♦ In soggetti asmatici: incremento del numero di episodi broncospastici e ridotta risposta alla terapia antiasmatica | ♦ Incremento della frequenza di sintomi respiratori cronici<br>♦ Incerto l'effetto sulla funzione respiratoria ventilatoria |
| Fumo di legna                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Caminetti</li> <li>• Stufe a legna</li> </ul>                                                                                                 | ♦ Incremento della frequenza di sintomi respiratori cronici (notevole produzione di particolato)                                                                                                                                                                   | ♦ Aumentato rischio per lo sviluppo di BPCO                                                                                 |
| Formaldeide                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiali da costruzione</li> <li>• Forniture e prodotti per la casa</li> <li>• Fumo di tabacco</li> <li>• Processi di combustione</li> </ul> | ♦ Possibili fenomeni broncoreattivi in soggetti asmatici                                                                                                                                                                                                           | ♦ Possibili fenomeni broncoreattivi in soggetti asmatici                                                                    |

Nel 1995 in Italia è stato condotto uno studio epidemiologico multicentrico SIDRIA (Studi italiani sui disturbi respiratori nell'infanzia e l'ambiente) (1,2) realizzato nell'ambito di una iniziativa internazionale ISAAC (International Study of Allergy and Asthma in Children) per stimare la prevalenza dei problemi respiratori e delle allergie tra i bambini e gli adolescenti in Italia e per approfondire il ruolo di numerosi fattori di rischio per l'asma bronchiale, rinocongiuntivite allergica e dermatite atopica. Lo studio è stato condotto su bambini delle scuole elementari e adolescenti delle scuole medie inferiori. L'indagine ha evidenziato che il primo e più importante fattore di rischio, specie perché prevenibile, è rappresentato dall'esposizione al fumo passivo. E' stato riscontrato infatti, che più della metà dei bambini italiani vive in famiglie in cui almeno uno dei genitori è fumatore.

In questi bambini è stato osservato un aumento dei casi di asma, o di malattie respiratorie in genere, proprio a causa del fumo dei loro genitori. L'indagine ha potuto stimare che il 15% dei casi di asma in Italia tra i bambini ed i ragazzi sono proprio attribuibili al fumo dei genitori. Questo risultato è di elevata importanza in sanità pubblica.

Un lieve aumento di rischio di malattie respiratorie, infine, è stato riscontrato in bambini la cui abitazione è riscaldata con combustibile ad alto potenziale inquinante (legna, carbone, gas in bombole) ed, infine, è stata evidenziata una differenza di frequenza della malattia tra chi vive in strade ad alto traffico di mezzi pesanti e chi vive invece in strade lontane dal traffico.

## **2- Effetti cancerogeni**

- *fumo passivo*

I primi studi epidemiologici sulla relazione tra tumore polmonare ed esposizione a fumo passivo sono del 1981. Hirayama riportò i risultati di uno studio prospettico condotto su una coorte di 91.540 donne non fumatrici in Giappone: i rapporti standardizzati di mortalità (SMR) per tumore del polmone aumentavano in modo statisticamente significativo con la quantità di sigarette fumate dal coniuge.

Nel 1986, sulla base delle evidenze epidemiologiche disponibili, vennero pubblicati tre rapporti che concludevano che il fumo passivo è una causa del tumore polmonare. L'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) dell'Organizzazione Mondiale della Sanità concludeva che "il fumo passivo fa aumentare il rischio di cancro". Nello stesso anno, anche due rapporti americani, rispettivamente del *National Research Council* e del *Surgeon General*, conclusero che il fumo passivo aumenta l'incidenza di tumore del polmone tra i non fumatori.

Nel 1992, l'*Environmental Protection Agency* (EPA), sulla base di una meta-analisi degli studi pubblicati fino a quel momento, classificò il fumo passivo come carcinogeno di classe A, cioè un carcinogeno umano noto. Complessivamente, l'analisi trovò un rischio significativamente più elevato di tumore polmonare in donne non fumatrici sposate con uomini fumatori. Molti altri studi sono stati pubblicati negli Stati Uniti. Lo studio multicentrico di Fontham e coll. è il più grande rapporto americano ad oggi con 651 casi e 1253 controlli. Lo studio ha messo in evidenza un aumento significativo del rischio relativo complessivo (Odd Ratio, OR: 1.26; 95% IC: 1.04-1.54). Dallo studio risultò anche un rischio statisticamente significativo associato ad esposizione al fumo passivo in ambiente lavorativo. Infine, recentemente sono stati pubblicati i risultati di uno studio multicentrico condotto in Europa, coordinato dalla IARC, al quale ha partecipato l'Italia con tre centri (Torino, Veneto, e Roma), che ha confermato l'aumento di rischio per l'esposizione al fumo del coniuge (OR:1.16, 95% IC: 0.93-1.44) e l'esposizione al fumo passivo in ambienti di lavoro (OR:1.17, 95% IC:0.94-1.45).

- *radon e suoi prodotti di decadimento*

Il radon dà origine ad una serie di prodotti di decadimento, solitamente chiamati *prodotti di decadimento del radon* o *figli del radon*. Il radon ed i suoi prodotti di decadimento sono stati classificati dallo IARC (International Agency for Research on Cancer, dell'Organizzazione Mondiale della Sanità) nel gruppo 1 dei cancerogeni, cioè nel gruppo di sostanze per le quali vi è evidenza sufficiente di cancerogenicità sulla base di studi su esseri umani, in questo caso sulla base degli studi su coorti di minatori. Quando il radon ed i suoi prodotti di decadimento vengono

inalati, la maggiore dose al tessuto polmonare viene rilasciata dalle radiazioni alfa emesse dai figli del radon, soprattutto quelli liberi o attaccati a particelle di aerosol di piccole dimensioni, mentre il contributo del radon stesso è relativamente piccolo. Il radon, in sostanza, agisce soprattutto come trasportatore e sorgente dei suoi prodotti di decadimento. E' stata evidenziata una relazione lineare tra l'esposizione ai prodotti di decadimento del radon ed eccesso di rischio per tumore polmonare, nonché un effetto sinergico tra esposizione a radon e fumo di sigaretta, la cui entità è alquanto incerta.

Eventuali effetti sanitari del radon diversi dal tumore polmonare non sono sufficientemente comprovati.

- *Amianto e altre fibre minerali*

E' ormai noto alla comunità scientifica internazionale che l'esposizione a fibre di amianto produce un aumentato rischio di patologie polmonari come pneumoconiosi, cancro del polmone e mesotelioma. La IARC classifica l'amianto nel gruppo 1, cioè nel gruppo di sostanze per le quali vi è evidenza sufficiente di cancerogenicità nell'uomo.

### **3- Malattie cardiovascolari**

Le esposizioni a monossido di carbonio (CO) ed a fumo passivo (Environmental Tobacco Smoke – ETS) sono state associate ad effetti cardiovascolari nell'uomo ed, in particolare, alla malattia ischemica del cuore (Coronary Heart Disease – CHD).

La Environmental Protection Agency dello stato della California negli USA ha recentemente affermato che esiste un aumento del rischio (30%) per CHD associato all'esposizione al fumo passivo. L'American Heart Association's Council on Cardiopulmonary and Critical Care ha concluso che il fumo di tabacco ambientale aumenta il rischio di malattia del miocardio ed è una importante causa prevenibile di malattia e di morte per malattie cardiovascolari. Queste conclusioni sono state confermate nel 1998 dallo Scientific Committee on Tobacco and Health degli USA. Le recenti linee guida della Organizzazione Mondiale della Sanità per la qualità dell'aria (Air Quality Guidelines, WHO, 1999) riconoscono un ruolo causale della esposizione al fumo ambientale nei riguardi della patologia coronarica.

Molte persone sono esposte al fumo passivo e, poiché le malattie cardiovascolari sono una causa molto comune di morbidità e mortalità nel nostro Paese, anche se il rischio relativo di questi eventi associato al fumo passivo è piccolo, il numero di persone che ne possono essere affette è potenzialmente molto elevato.

Data l'elevata prevalenza di fumatori, le conseguenze sociali e sanitarie del fumo passivo di sigaretta in relazione alla malattia ischemica del miocardio sono dunque importanti.

### **4- Malattie da infezioni di origine indoor**

I dati italiani sulle infezioni causate dalla contaminazione microbiologica dell'aria e dei sistemi

di ventilazione e climatizzazione sono relativamente scarsi e coincidono con quelli riportati in altri Paesi europei ed extraeuropei, spesso limitati ad indagini ristrette a particolari ambienti (ospedali, sale chirurgiche e di terapia intensiva, palestre, scuole) e limitatamente ad alcuni agenti infettivi.

Tali studi hanno evidenziato come la contaminazione microbica sia legata a scarsa o, talvolta, assente idoneità delle condizioni igienico-edilizie dei locali presi in considerazione dagli studi, al sovraffollamento dei locali, alla scarsa manutenzione dei sistemi di climatizzazione.

L'inquinamento microbiologico all'interno degli ambienti chiusi può essere considerato una fonte di trasmissione di numerose malattie infettive a carattere epidemico: influenza, varicella, morbillo, polmoniti pneumococciche, legionellosi, psittacosi-ornitosi, ecc. Queste patologie sono di grande rilevanza sociale sia per il grande numero di soggetti che viene coinvolto sia per le complicità che possono sopraggiungere, rendendo più complesso il trattamento farmacologico con conseguenti ripercussioni sui costi.

Particolare attenzione va rivolta alle infezioni trasmesse nell'ambito ospedaliero, dove la diffusione di microrganismi patogeni attraverso le condutture degli impianti di climatizzazione potrebbe rivestire un ruolo importante nella trasmissione delle infezioni nosocomiali.

La possibilità di trasmissione di infezioni in comunità chiuse quali scuole, asili, carceri, caserme, uffici fa comprendere quanto importante sia condurre indagini rivolte a definire il rischio microbiologico, per poter prevenire con interventi igienico-ambientali l'insorgere di epidemie.

## **5- Malattie da allergeni indoor**

L'aumentata propensione alle allergie ha reso pericolose alcune normali componenti biologiche del nostro ambiente di vita (un tempo innocue), quali gli acari della polvere, i derivati del pelo e della saliva degli animali domestici, alcuni pollini, alcune muffe.

Per questi motivi, le malattie allergiche rappresentano, nell'ambito delle patologie influenzate dagli ambienti indoor, un settore che pone problematiche del tutto particolari. In questo caso, infatti, l'effetto potenzialmente nocivo delle sostanze presenti nell'ambiente non è riferibile alle loro proprietà intrinseche, ma ad una risposta anomala di una quota di popolazione che si sensibilizza nei confronti di sostanze allergizzanti. Gli *allergeni* non sono inquinanti, ma componenti "normali" dell'ambiente, privi di tossicità intrinseca.

Pur non svolgendo alcun ruolo causale inducente, alcuni contaminanti dell'aria indoor possono svolgere un ruolo importante nell'aggravare malattie allergiche già avviate. Esistono, infatti, sostanze per le quali si sospetta un ruolo favorente ("*adiuvanti*") il processo di sensibilizzazione in soggetti predisposti, e altre, tra cui molti inquinanti veri e propri, che possono scatenare ("*triggers*") nuovi attacchi di sintomi in quei soggetti che già soffrono di allergie.

### *Le dimensioni del problema in Italia*

L'aumento della prevalenza dell'asma registrato negli ultimi anni è soprattutto a carico delle cosiddette forme perenni, i cui principali responsabili sono gli allergeni che si trovano negli ambienti indoor.

Lo studio epidemiologico più esteso e standardizzato svolto in materia nel nostro Paese è quello realizzato nell'ambito del protocollo internazionale ISAAC (International Study of Allergy and Asthma in Children). Tra il 1994 ed il 1995, 13 centri Italiani hanno valutato la prevalenza attuale di asma bronchiale, rinocongiuntivite allergica e dermatite atopica tra gli studenti delle scuole medie inferiori. I valori osservati collocano il nostro Paese in una fascia di prevalenza intermedia nel panorama globale, (asma=8,9%, rinocongiuntivite allergica = 13.6%, dermatite atopica=5.5%)

Oltre a forme classiche di asma bronchiale allergico, gli allergeni indoor possono essere responsabili di una sindrome di notevole interesse, definita "febbre da umidificatore". In alcuni episodi a carattere micro-epidemico è emerso il chiaro coinvolgimento dell'impianto di condizionamento, tuttavia l'agente eziologico coinvolto può rimanere sconosciuto, pur nell'ambito di allergeni, tossine batteriche, endotossine.

Si segnala, infine, un'entità nosologica non trascurabile: l'alveolite allergica estrinseca; anche se l'impatto epidemiologico sulla popolazione italiana non è rilevante rispetto alle altre allergie respiratorie, tuttavia, essa riveste un notevole interesse in Medicina del Lavoro. Tale patologia consegue ad un'abnorme risposta immunitaria ad esposizioni ripetute a polveri organiche. Nei bambini viene osservata specialmente intorno ai 10 anni di età in forma prevalentemente subacuta. La cessazione dell'esposizione fa regredire il quadro clinico.

## **6- *Sindrome dell'edificio malato o Sick-Building Syndrome (S.B.S.***

L'espressione S.B.S. indica un quadro sintomatologico abbastanza ben definito, descritto negli ultimi 20 anni, che si manifesta in un elevato numero di occupanti edifici moderni o recentemente rinnovati, dotati di impianti ventilazione meccanica e di condizionamento d'aria globale senza immissione di aria fresca dall'esterno ed adibiti ad uffici, scuole, ospedali, case per anziani, abitazioni civili. I reperti obiettivi sono limitati, probabilmente, ad una riduzione della stabilità del film lacrimale.

Queste manifestazioni cliniche sono aspecifiche, insorgono dopo alcune ore di permanenza in un determinato edificio e si risolvono in genere rapidamente, nel corso di qualche ora o di qualche giorno (nel caso dei sintomi cutanei) dopo l'uscita dall'edificio.

A volte la sintomatologia consiste in astenia e mancanza di concentrazione, altre volte, invece, comprende difficoltà nella respirazione, irritazione agli occhi o disturbi cutanei.

Sebbene i sintomi siano di modesta entità, i casi di S.B.S. che si verificano in ambienti lavorativi possono avere un costo più elevato di alcune malattie gravi ed a prognosi peggiore, a causa del significativo calo della produttività.

## **7- *Intossicazione da monossido di carbonio***

Per concentrazioni di CO superiori all'80% si ha l'exitus per arresto cardiorespiratorio.

Le statistiche ufficiali più recenti riportano 500-600 morti l'anno in Italia, in seguito ad

intossicazione acuta da CO, di cui circa i 2/3 di origine volontaria. Tali cifre sicuramente sottostimano l'entità del problema poichè molti casi di intossicazione, soprattutto quelli accidentali o i casi non mortali, non vengono correttamente diagnosticati e registrati.

Particolarmente sensibili all'azione dell'ossido di carbonio sono gli anziani, le persone con affezioni dell'apparato cardiovascolare e respiratorio, la donna gravida, il feto, il neonato e i bambini in genere .

Molto si è discusso sull'esistenza di un quadro di intossicazione cronica da CO. In alcuni soggetti esposti per lungo tempo all'assorbimento di piccole quantità del tossico, è stata descritta una sintomatologia caratterizzata da astenia, cefalea, vertigini, nevriti, sindromi parkinsoniane ed epilettiche, aritmie, crisi anginose .

### ***8- Effetti da esposizione ad antiparassitari e insetticidi di uso domestico***

Questi composti sono tossici per definizione ed esercitano i loro effetti principalmente sul sistema nervoso, sul fegato e sull'apparato riproduttore. Taluni sono anche sensibilizzanti allergici. Per questo gruppo di sostanze non esistono dati sull'entità della esposizione della popolazione.

### ***9- Effetti irritativi e sul comfort della qualità dell'aria indoor***

Fra i diversi fattori che incidono sulla "qualità" degli ambienti in cui si vive e si lavora e quindi sul benessere delle persone, il microclima e l'inquinamento chimico rivestono una importanza fondamentale.

Tra le patologie determinate dall'esposizione ad agenti indoor, le forme più frequenti sono quelle che comprendono quadri clinici caratterizzati da effetti irritativi e neurosensoriali che determinano condizioni di malessere, diminuzione del comfort degli occupanti e percezione negativa della qualità dell'aria.

L'esposizione della cute o delle mucose di occhio, naso e gola a inquinanti aerodispersi può causare manifestazioni irritative nella sede di contatto.

I principali composti chimici responsabili di reazioni irritative negli ambienti confinati sono: formaldeide e altre aldeidi, composti organici volatili (VOC) e sostanze presenti nel fumo di tabacco ambientale, fibre minerali artificiali. L'intensità della risposta dell'organismo all'effetto irritante dipende anche da alcuni parametri microclimatici, quali temperatura ed umidità.

Anche le fibre minerali artificiali, in particolare la lana di vetro, possono essere responsabili di effetti irritativi cutanei. Epidemie di dermatiti da fibre minerali sono state osservate in edifici, specialmente in occasione di lavori di manutenzione su pannelli coibentanti, od a seguito di contaminazione delle condutture dell'aria forzata causate da rotture dei condotti e penetrazione delcoibente nel quale erano avvolte.

Infine, stime della Organizzazione Mondiale della Sanità indicano che effetti sensoriali primari o secondari, espressione di disagio, si rilevano nei soggetti che risiedono nel 30% di tutte le nuove costruzioni.

### ***L'IMPATTO DEGLI INQUINANTI INDOOR SULLA SALUTE DELLA POPOLAZIONE ITALIANA***

La valutazione quantitativa dell'impatto della esposizione agli inquinanti sulla popolazione in termini di effetti sanitari, di costi diretti per l'assistenza medica, di impatto economico generale - necessita di molte informazioni sui livelli di esposizione della popolazione, sui rischi individuali ad essi associati, sul costo unitario dell'attività assistenziale sanitaria, sul valore "economico" da assegnare agli anni di vita perduta. Tuttavia, vi sono poche applicazioni della analisi comparativa delle stime di impatto per il complesso degli inquinanti indoor in grado di fornire indicazioni operative sulla dimensione del fenomeno e utili per stabilire le priorità degli interventi di prevenzione.

Una stima adeguata dell'impatto sanitario degli inquinanti indoor nel nostro Paese necessita di una molteplicità di dati ed informazioni (caratteristiche e frequenza delle esposizioni, coefficienti della relazione dose-risposta specifici per la popolazione italiana) che al momento sono disponibili in modo parziale e frammentario.

#### *Stime dell'impatto sanitario degli inquinanti indoor in Italia*

Uno dei capitoli senz'altro più rilevanti è rappresentato dalle malattie allergiche (asma bronchiale, rinite allergica, dermatite atopica) che colpiscono una quota rilevante della popolazione in età giovanile ed adulta. Gli allergeni indoor (acari della polvere, muffe, scarafaggi e forfore di animali domestici) sono estremamente diffusi e possono essere responsabili di una proporzione considerevole delle malattie allergiche.

Il rischio di tumore polmonare da radon nelle abitazioni italiane può essere calcolato sulla base dei dati di esposizione stimati durante l'indagine nazionale sulla radioattività ambientale, che indica una esposizione media di popolazione pari a 75 Bq/m<sup>3</sup>. Allo stato attuale delle conoscenze, il rischio di tumore polmonare per l'intera vita, per una esposizione cronica ad una concentrazione di radon di 100 Bq/m<sup>3</sup>, è stimabile in circa l'1%, con un'incertezza complessiva probabilmente inferiore ad un fattore tre.

Tenendo conto che ogni anno in Italia ci sono circa 30.000 decessi per tumore polmonare, si può stimare che da 1.500 a 6.000 casi possano essere attribuibili all'esposizione domestica al radon.

Dal momento che molte persone sono esposte al fumo passivo, anche se il rischio relativo delle malattie esaminate associato al fumo passivo è basso, il numero di persone che ne possono essere affette è molto elevato. In particolare, la voce "infezioni respiratorie delle vie aeree superiori ed inferiori" comprende tutti quei casi (ad esempio otite) per i quali il fumo passivo rappresenta un fattore eziologico rilevante.

Il benzene costituisce un inquinante degli ambienti chiusi per il quale la Commissione Consultiva Tossicologica Nazionale ha stimato il rischio individuale di leucemia in Italia. Il

numero dei casi attribuibili alla esposizione a benzene è compreso tra i 36 e i 190 casi all'anno.

Infine, le intossicazioni da CO causano circa 500-600 morti l'anno e almeno un terzo sono attribuibili ad intossicazioni involontarie per fuoriuscita del gas da caldaie per il riscaldamento autonomo, scaldabagni, stufe, e cucine a gas.

### *L'impatto economico dell'inquinamento indoor in Italia*

La valutazione dei costi per la società attribuibili all'inquinamento indoor dovrebbe tenere conto non solo della spesa per l'assistenza sanitaria, ma anche del complesso delle conseguenze economiche del peggioramento dello stato di salute. Si consideri, ad esempio, l'asma bronchiale i cui costi maggiori per la società sono probabilmente rappresentati dai giorni di scuola o di lavoro persi. Per ragioni di semplicità, tuttavia, verranno considerati in questa sede solo i costi diretti che il sistema sanitario sopporta a causa dell'inquinamento indoor.

Il costo del trattamento di malattie croniche di natura allergica, come l'asma bronchiale, è stato indagato con estremo dettaglio in vari paesi europei. L'asma bronchiale ha un costo sanitario rilevante per la necessità di farmaci, il ricorso al medico e al pronto soccorso, e la necessità di ospedalizzazione nei casi più gravi; tutti questi fattori fanno in modo che la spesa sanitaria si aggiri intorno al milione di lire per caso per anno. Se i casi attribuibili all'inquinamento indoor - in particolare allergeni e fumo passivo - sono, come prima indicato, diverse decine di migliaia l'impatto sarà di diverse decine di miliardi per ogni anno.

Al costo di 35 milioni per caso, l'impatto economico del fumo passivo sul tumore polmonare è stimabile in almeno 18 miliardi l'anno. Il radon, ha un impatto di gran lunga più rilevante, pari a 52-210 miliardi l'anno.

## ***ASPETTI STRUTTURALI E FUNZIONALI DEGLI EDIFICI CONNESSI ALLA QUALITÀ DELL'ARIA INDOOR***

### *Edilizia residenziale in Italia*

In Italia i fenomeni di accentuata urbanizzazione, alla fine del secolo scorso, hanno creato problemi legati al sovraffollamento, alla difesa termica, all'approvvigionamento idrico, all'allontanamento dei rifiuti liquidi e solidi, con la creazione dei cosiddetti "quartieri della tubercolosi", cioè aree in cui il degrado abitativo e le conseguenti disagiate condizioni di vita erano una concausa della malattia, a quel tempo epidemica. Come conseguenza furono predisposti programmi di bonifica delle abitazioni ed emanate norme igieniche a cui ancora si ispira la legislazione attualmente vigente, in particolare i regolamenti sanitari ed i regolamenti edilizi comunali.

Nel 1985, circa il 2% della popolazione in Italia viveva in case senza servizi igienici ed il 7, 5% non aveva docce o stanze da bagno (Avramov,1995). Nel 1993-1996, una media dell'11,8-16,7% di famiglie riferiva di vivere in case troppo piccole per le proprie necessità : la percentuale di case "troppo piccole" è più elevata nel Sud e nelle isole rispetto al Centro-Nord (ISTAT, 1998).

Le condizioni abitative generali, sono percepite come peggiori nel Sud (7,9%) e nelle isole (9,7%) rispetto ad altre parti del Paese. Inoltre i dati indicano un miglioramento nel tempo delle condizioni abitative nel Nord-Ovest, Centro e Sud Italia, mentre un leggero deterioramento è rilevato nel 1996 rispetto al 1995 nel Nord-Est e nelle Isole.

In generale l'ampiezza e l'altezza medie degli alloggi in Italia, superiori alle medie europee, consentono una discreta articolazione dei tagli abitativi; questa con l'aiuto del clima, favorisce la circolazione dell'aria e l'espulsione degli inquinanti. Nella maggior parte dei casi la cucina è usata come stanza abitabile, con i rischi espositivi che ne conseguono.

### *Edifici non residenziali*

Come per gli edifici residenziali, i rischi di inquinamento dell'aria interna sono legati alle caratteristiche costruttive ed alle attività che vi si svolgono. Negli uffici, indipendentemente dal tipo edilizio, l'inquinamento dell'aria interna è favorito da alcune condizioni favorevoli:

scarsa igiene negli ambienti, trascurata manutenzione/pulizia degli impianti di climatizzazione, consistente presenza di scaffalature aperte, diffusa presenza di rivestimenti porosi che adsorbono e rilasciano gli inquinanti chimici presenti nell'aria, macchine fotocopiatrici, stampanti al laser (Ozono  $>0,1 \text{ mg/m}^3$ ), mobili e pareti divisorie in legno truciolare, imbottiti con rivestimento plastico, ecc. (TVOC  $>0,5 \text{ mg/m}^3$ ; formaldeide  $>0,10 \text{ mg/m}^3$ ) e presenza di fumatori.

**Tabella 6 – Distribuzione degli uffici in differenti strutture edilizie: rischi correlati (rielaborazione da: Ministero dell'Ambiente, 1991)**

| TIPO EDILIZIO                                     | %   | CARATTERISTICHE                                                                                                                                         | PROBLEMI PRINCIPALI                                                                  |
|---------------------------------------------------|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Palazzi per uffici                                | 15% | Edifici alti, con corpo di fabbrica molto profondo; involucro a facciata continua, sigillato, talvolta totalmente vetrato. Impianto di climatizzazione. | <i>Illuminazione naturale scarsa; artificialità e promiscuità degli spazi.</i>       |
| Palazzine adiacenti alle sedi produttive          | 20% | Per lo più costruzioni prefabbricate, con scarsa qualità delle finiture e delle connessioni.                                                            | Inquinamento dell'aria esterna; problemi da condensa e vibrazioni.                   |
| Riutilizzo di ambienti residenziali o commerciali | 65% | Soluzioni di ripiego, inadeguate dal punto di vista distributivo e delle dotazioni impiantistiche.                                                      | Rischi derivati dall'uso di pareti leggere, rivestimenti, adesivi, sigillanti (VOC). |

### *Edifici scolastici*

Si è sempre ritenuto che la maggior fonte di inquinamento dell'aria, nelle scuole, fosse rappresentata dagli alunni. Ciò non è vero anche se in Italia numerosi edifici scolastici sono stati costruiti prima della seconda guerra mondiale e sono quindi caratterizzati da spesse pareti in muratura e ampie finestre. Il problema dell'inquinamento da materiali costruttivi si pone soprattutto durante gli interventi di manutenzione ordinaria/straordinaria di questi edifici, con elevate emissioni di VOC da vernici e adesivi e rilascio di particolato nelle fasi di demolizione e rimozione, ma questi lavori si svolgono, nella maggior parte dei casi, durante il periodo estivo.

Rilevazioni condotte nella città di Milano hanno evidenziato concentrazioni medie di TVOC di circa  $1800 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , superiori di 6 volte a quelle presenti nell'aria esterna e di circa 3 volte a quelle rilevate in edifici per uffici. Probabilmente sono da attribuire alle attività degli allievi (pittura) e all'uso di detergenti e disinfettanti.

I plessi costruiti con tecniche prefabbricate dopo gli anni '60 comportano inoltre i diversi rischi connessi con isolamento e inerzia termica inadeguati (ponti termici, umidità da condensa) e con la scarsa tenuta all'aria e all'acqua (infiltrazioni d'acqua, muffe).

Per quanto riguarda il radon, indagini effettuate in oltre 2.000 scuole materne ed elementari di sei regioni italiane hanno messo in evidenza che anche in questa tipologia di edifici si riscontrano livelli equivalenti o superiori a quelli delle abitazioni, in quanto generalmente tali scuole si estendono principalmente al piano terra, che è più vicino alla principale sorgente del radon che è appunto il terreno sottostante.

### *Ospedali*

I rischi ambientali negli ospedali possono essere così suddivisi:

- rischi fisici, in relazione a: microclima, illuminazione, rumore, radiazioni ionizzanti, radiazioni non ionizzanti;
- rischi chimici, in relazione a: solventi organici, disinfettanti, anestetici, farmaci, liquidi e detergenti per le pulizie, rifiuti ospedalieri,
- rischi biologici: virus, batteri, enzimi, lieviti, muffe, miceti, micro-molecole e macro-molecole biologiche, rifiuti ospedalieri.

Tra i rischi chimici i più importanti sono quelli da anestetici volatili, cui sono stati imputati numerosi effetti indesiderati e da disinfettanti, antisettici, sterilizzanti (esaclorofene, formalina, creosato, sali ammoniacali quaternari, ossido di etilene). Di alcuni composti la concentrazione va costantemente monitorata perché può costituire un serio pericolo per la salute: i più conosciuti sono  $\text{CO}_2$ , i gas anestetici ( $\text{N}_2\text{O}$ , Alotano, Isoflurano e Enflurano), i disinfettanti (Formaldeide e Gluteraldeide), l'ossido di etilene e i BTX (Benzene, Toluene e Xileni), spesso in combinazione con altri vapori.

La formaldeide espone alcune categorie del personale ospedaliero al rischio derivante da una sua

cronica inalazione, ma anche l'ossido di etilene, usato come mezzo di sterilizzazione chimica può costituire un rischio sia per gli operatori che per alcune categorie di pazienti: può causare intossicazioni croniche o acute.

Le fonti di inquinamento sono rappresentate dalle autoclavi a ossido di etilene e dai materiali sottoposti a trattamento ma non sufficientemente ventilati al fine di ottenere il desorbimento del gas.

L'intossicazione può aver luogo mediante il contatto con prodotti, tessuti od oggetti non adeguatamente degasati. Vi possono essere effetti a carico delle mucose congiuntivali e respiratorie, sul sistema nervoso centrale e periferico, rischi mutageni, aumento di abortività spontanea e di carcinogenicità.

La protezione nei confronti dell'esposizione all'ossido di etilene (Circolare Min.San. 56/83, UNI 8678/1884 1987) si può ottenere attraverso un corretto impiego delle apparecchiature e dei locali, attraverso controlli sanitari sugli addetti, con un'adeguata ventilazione e precise indicazioni alla sterilizzazione.

Per quanto riguarda il rischio professionale rappresentato dall'inalazione di gas anestetici esso interessa il personale che opera nelle sale operatorie.

Le infezioni aerotrasmesse sono un importante problema di sanità pubblica e interessano principalmente le grandi strutture ospedaliere.

### ***LA NORMATIVA***

In Italia non si dispone ancora di una normativa organica e specifica per il controllo della qualità dell'aria negli ambienti di vita chiusi. Le norme per la salubrità delle abitazioni sono fissate, per ogni Comune, dal regolamento di igiene e sanità, secondo le Istruzioni Ministeriali del 20 giugno 1896, concernenti la compilazione dei Regolamenti Locali sull'Igiene del suolo e dell'abitato. Tali Istruzioni sono state modificate dal D.M. 5 luglio 1975 per la parte riguardante l'altezza minima e i requisiti igienico sanitari principali dei locali di abitazione.

In base al T.U. delle Leggi Sanitarie (R.D. 27 luglio 1934, n. 1265 – Titolo III, Cap. IV, dell'Igiene degli abitati urbani e rurali e delle abitazioni) i Regolamenti Locali di igiene e sanità stabiliscono le norme per la salubrità dell'aggregato urbano e rurale e delle abitazioni, secondo le istruzioni di massima emanate dal Ministero della Sanità. Essi forniscono indicazioni circa l'allocazione sul territorio, la compatibilità degli edifici (rispetto ai punti di captazione acque ad uso potabile, rispetto a aree stradali, ferroviarie, fluviali etc), l'esposizione l'aerazione degli alloggi, la superficie degli spazi abitativi, le altezze ed, i volumi interni del locale, l'illuminazione naturale, i servizi, il fonoisolamento, la presenza di canne di esalazione, di ventilazione, di canne fumarie e di camini.

***Piano di Prevenzione***  
***per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati***

Oltre agli interventi di tipo normativo, basati su standard di sanità pubblica, il Piano deve operare con la predisposizione di strumenti tecnici, con campagne formative del personale tecnico del Servizio Sanitario Nazionale e di quello operante in altri settori, con campagne di informazione e di educazione sanitaria della popolazione, e con il supporto di un piano nazionale finalizzato di ricerca. Quando possibile, devono essere utilizzati anche strumenti di mercato ed incentivi economici e fiscali per orientare i comportamenti ed i consumi della popolazione verso gli obiettivi desiderati.

*Azioni proposte a livello normativo e tecnico*

***1. Requisiti funzionali degli ambienti e standard/valori guida della qualità dell'aria***

Bisogna prevedere l'emanazione di una normativa che coordini in modo organico i requisiti igienici e funzionali degli ambienti interni di lavoro e di vita. In particolare devono essere indicati valori guida di qualità dell'aria raccomandati per i diversi tipi di ambienti e le azioni necessarie o prescritte a seconda del livello di qualità raggiunto.

***2. Azioni specifiche per sorgenti o inquinanti***

Il Fumo di sigarette e di altri prodotti derivati dal tabacco rappresenta, secondo la definizione dell'OMS, la "prima causa di morte facilmente evitabile".

Mentre per altri fattori di rischio intervengono aspetti indipendenti dalla volontà del singolo, quali aspetti genetici ed ambientali, il fumo si lega ad una scelta individuale influenzata ed influenzabile dal contesto sociale. Campagne di sensibilizzazione, interventi di politica sanitaria e mezzi di informazione possono, quindi, contribuire a diffondere la conoscenza e ad aumentare la consapevolezza dei danni provocati dal fumo, con effetti come già sperimentato in altri Paesi, positivi in termini di riduzione del numero di fumatori e di sigarette fumate.

E' necessario prevedere interventi contro il fumo di tabacco, estendendo gli ambienti soggetti a proibizione, vietando il fumo in tutti gli ambienti di lavoro a breve termine, realizzando una normativa specifica per gli ambienti per fumatori. Prevedere lo sviluppo della ricerca e l'uso di misuratori attivi e passivi, particolarmente in ambienti quali scuole, ospedali e altri edifici aperti al pubblico (bar, ristoranti, luoghi di lavoro al chiuso non aperti al pubblico)

Considerando che il 50% dei bambini sono correntemente esposti al fumo passivo nelle mura domestiche ed i livelli di esposizione sono più elevati nelle famiglie di condizione sociale più bassa, gli interventi di prevenzione devono essere rivolti specialmente a favore di gruppi sociali meno avvantaggiati e per rispondere all'obiettivo della riduzione delle disuguaglianze

previsto dal PSN

Radon: è necessario predisporre a breve termine un programma nazionale di azione per il radon, comprendente livelli di azione raccomandati o imposti per limitare l'esposizione negli ambienti di lavoro e negli ambienti di vita, soluzioni tecniche edilizie da adottare nei nuovi e nei vecchi edifici, metodi e apparecchi di misura, test delle aree, informazione della popolazione ed incentivi materiali all'intervento preventivo dei singoli proprietari.

Materiali per edilizia (compresi isolanti) e arredo: la strategia di intervento consiste nella proibizione di impiego di materiali pericolosi o insalubri e nell'incentivo alla produzione e all'impiego di materiali igienicamente idonei. A tal fine è necessaria la definizione di procedure tecniche standard di saggio delle emissioni, classificazione dei materiali per le proprietà igieniche e ambientali, etichettatura e marchi di qualità dei prodotti per l'orientamento dei professionisti del settore e dei consumatori, tenendo conto anche di quanto previsto dalla Direttiva 89/106/CEE concernente i materiali da costruzione e dalla Direttiva 67/548/CEE concernente la limitazione dell'immissione sul mercato e dell'uso di talune sostanze e preparati pericolosi, recepita dal D.M. 12.8.1998 del Ministero della Sanità e che prevede che non debbono essere immessi sul mercato sostanze e preparati classificati come cancerogeni, mutageni e tossici per la riproduzione, nelle categorie 1 e 2.

Prodotti chimici di largo consumo: si deve procedere alla predisposizione, in armonia con la Direttiva 98/8/CEE, della normativa nazionale per l'impiego dei biocidi, con particolare attenzione alla valutazione del rischio per il consumatore ed al loro impatto sulla qualità dell'aria, anche alla luce del D.M. 12.8.1998 del Ministero della Sanità (vedi punto 2.3). Analogamente si dovrebbe procedere per i materiali per le pulizie.

Gas di combustione: per fornelli a gas, stufe a gas, e stufe con altri combustibili è necessario migliorare ulteriormente la normativa, le procedure di certificazione, e la normativa tecnica relativa alle verifiche ed alla manutenzione.

#### Ozono

Per ridurre le concentrazioni indoor di questo inquinante favorire l'utilizzo di macchinari caratterizzati da basse emissioni di ozono e la periodica manutenzione dei macchinari.

#### Composti Organici Volatili

Per ridurre la consistenza delle concentrazioni è stata sollecitata l'immissione sul mercato di prodotti edili "basso-emissivi" ovvero di prodotti le cui emissioni sono al di sotto di soglie stabilite e garantiscono un livello accettabile per la concentrazione di VOC nell'aria.

#### Formaldeide

In Italia non esistono ancora norme tecniche che regolino i contenuti di formaldeide nei pannelli e le modalità di prova, ma il necessario confronto con il mercato estero ha fatto sì che le produzioni più importanti e diffuse (circa il 50% del mercato) si siano uniformate alla normativa tedesca, largamente accettata in tutta Europa.

Agenti biologici: si devono sviluppare tecniche qualificate per la valutazione del rischio negli ambienti, metodi standard di misura, valori guida di riferimento nell'aria.

Allergeni: riduzione della concentrazione degli allergeni indoor e dell'esposizione degli allergici ai fattori inquinanti indoor attraverso azioni di ordine conoscitivo (epidemiologico, clinico, sperimentale) e attraverso interventi normativi, di divulgazione, di educazione. Le diverse iniziative devono essere modulate sulla peculiare situazione italiana e mirate a risultati nel breve, medio, lungo termine.

#### ***4. Azioni previste a livello formativo***

Bisogna conferire grande importanza alle azioni di formazione, in particolare per i professionisti che operano nel settore edilizio, tecnologico-impiantistico e dei servizi di prevenzione.

Allo scopo di migliorare la diffusione delle conoscenze generali sulla prevenzione dell'inquinamento dell'aria negli ambienti interni, si deve valutare come inserire i temi della prevenzione e della qualità dell'aria nei curricula formativi delle scuole superiori e dell'università. Programmi specifici devono essere predisposti per la formazione dei formatori.

Per il personale tecnico del SSN, ISS, ISPESL, ANPA, ARPE, ed altri enti territoriali è necessario varare un programma poliennale di corsi di orientamento, formazione e aggiornamento.

E' opportuno prevedere un addestramento specifico del personale sanitario e tecnico circa le tecniche di valutazione del rischio, i metodi di misura, le tecniche per valutare l'esposizione e le tecniche di prevenzione per i principali inquinanti (radon, fumo di tabacco, VOC, particolato, microrganismi, allergeni)

#### ***5. Azioni previste a livello informativo e di educazione sanitaria***

In collaborazione con gli ordini professionali ed associazioni, si deve procedere alla realizzazione di materiale informativo, scientificamente qualificato, da utilizzare per la promozione di campagne informative rivolte sia alla popolazione generale (famiglie, consumatori, insegnanti, studenti della scuola dell'obbligo, rappresentanti dei lavoratori per la sicurezza, pazienti asmatici, soggetti atopici) sia ai professionisti: medici (medico di famiglia, igienisti, medici del lavoro, specialisti di malattie respiratorie, allergologi); ingegneri, architetti, designers; proprietari e gestori immobiliari; impiantisti e termotecnici; fornitori di servizi agli edifici; presidi in quanto responsabili di edifici scolastici; personale dei servizi tecnici degli enti locali; gestori di mezzi di trasporto, stazioni, aeroporti; ecc.

L'educazione alla salute è uno strumento indispensabile per il coinvolgimento dei cittadini essa è quella parte della promozione della salute diretta verso i cittadini per facilitare e sollecitare la loro azione.

Nella maggior parte dei casi, le conseguenze sulla salute dell'inquinamento indoor possono essere evitate e nella maggior parte dei casi sono i cittadini stessi a dover prendere delle misure

responsabili per il miglioramento della qualità dell'aria nei luoghi dove vivono.

#### ***6. Azioni previste a livello di ricerca***

E' necessario promuovere un programma nazionale di ricerca a medio termine su queste aree prioritarie:

1. Valutazione dell'esposizione e del rischio per la popolazione (indagine sulle condizioni abitative e di vita, esposizione ambientale e personale agli inquinanti, distribuzione dell'esposizione, fattori determinanti, rapporto sorgenti/esposizione, biomarkers, tecniche di valutazione dell'esposizione e del rischio, ecc.).
2. Valutazione degli effetti sulla salute (epidemiologia, meccanismi d'azione, tecniche diagnostiche, allergie, asma, effetti respiratori, tumori, effetti tossici, effetti sensoriali, SBS, ecc.)
3. Metodi di misura e di studio delle sorgenti e degli inquinanti (standardizzazione delle tecniche di misura, misura emissioni, sorgenti complesse, caratterizzazione POM, allergeni, agenti biologici, ecc.).
4. Tecniche per il miglioramento della qualità dell'aria interna e per la riduzione del rischio per la salute (tecniche di controllo delle sorgenti, filtrazione dell'aria, sistemi di ventilazione, sensori e demand-ventilation, ecc.).
5. Strumenti e metodi per la formazione professionale, l'informazione della popolazione e l'educazione sanitaria.

## CONCLUSIONI

Sulla base di quanto espresso, si rileva l'importanza che in sanità pubblica rivestono le problematiche correlate all'inquinamento indoor, per le ricadute sulla collettività, non solo socio-sanitarie ma anche economiche: la prevenzione degli effetti sanitari legati all'inquinamento dell'aria degli ambienti confinati di vita e di lavoro oltre a migliorare la qualità della vita risulta vantaggiosa ai fini economici in quanto contribuisce alla riduzione della morbosità nella popolazione.

Nel definire le strategie di prevenzione primaria bisognerà privilegiare la consapevolezza dei cittadini, per aumentare le possibilità di controllo dei rischi. L'inquinamento "indoor", infatti, rispetto a quello "outdoor", si caratterizza per il particolare coinvolgimento che in esso hanno gli occupanti degli edifici. Questi, infatti, sopportano direttamente le conseguenze negative dell'inquinamento in termini di benessere e qualità della vita ed allo stesso tempo, con i loro comportamenti possono essere responsabili dell'inquinamento stesso. Proprio questo ruolo attivo del cittadino può essere proficuamente sfruttato per realizzare opportune strategie per la gestione del problema, soprattutto attraverso la promozione di comportamenti e stili di vita positivi, improntati alla salute.

In tale ottica la Commissione tecnico-scientifica per la prevenzione dell'inquinamento indoor ha proposto un Piano di Prevenzione per la promozione e la tutela della salute negli ambienti confinati. Gli obiettivi e le azioni del Piano privilegiano gli interventi di prevenzione per i quali esiste la documentazione scientifica della loro efficacia nel ridurre l'esposizione della popolazione e/o nel ridurre gli effetti sanitari. Gli interventi affrontano, inoltre, in modo prioritario i temi delle disuguaglianze dello stato di salute e favoriscono comportamenti e stili di vita positivi improntati alla salute (vedi Fig.1)

L'importanza e l'urgenza per ogni Paese di dotarsi di un Piano nazionale di prevenzione per gli effetti sulla salute degli ambienti indoor è stata recentemente sottolineata dall'Organizzazione Mondiale della Sanità che ha diffuso nel 1999 una pubblicazione specificamente destinata alle strategie con le quali tale Piano dovrebbe essere sviluppato.

*“Gli sforzi fino ad ora compiuti mostrano come il raggiungimento di un ambiente indoor sostenibile rappresenti allo stato attuale una sfida per le organizzazioni internazionali e per i governi. Occorre che ciascuna comunità nazionale contribuisca alla risoluzione di questa sfida nei limiti delle proprie conoscenze e nel contempo sia disponibile a far tesoro dell'esperienza altrui. Per queste ragioni è sempre più necessario promuovere la cooperazione internazionale nel campo della IAQ”* (“Erice Statement on Indoor Air Quality for a Sustainable Indoor Environment” del “Pilot Study on IAQ” della NATO)

**Nota** Per un approfondimento delle tematiche trattate si rimanda al documento integrale elaborato dalla Commissione per la prevenzione dell'inquinamento “indoor”



**Fig. 1-** Health for all (HFA) – 2000 dell’OMS, PSN 1998-2000 e Piano di prevenzione per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati

| Target del HFA-2000 | Obiettivi del PSN 1998 – 2000                              | Aree di intervento                 | Obiettivi del Piano di Prev. Indoor                                                                           | Azioni del Piano di Prev. Indoor                                                                                                                                                                           |
|---------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 11                  | I – Promuovere comportamenti e stili di vita per la salute | Fumo di tabacco                    | Lotta al fumo attivo e passivo.<br>Protezione dei non-fumatori dall’esposizione involontaria al fumo passivo. | Estensione del divieto di fumo nei locali pubblici e negli ambienti di lavoro.<br>Locali per fumatori<br>Informazione, formazione ed educazione sanitaria (specie popolazione in età scolare).<br>Ricerca. |
| 8, 9                | II – Contrastare le principali patologie                   | Malattie cardio e cerebrovascolari | Riduzione del rischio di complicanze cardiache e dell’insorgenza di infarto del miocardio.                    | Azioni specifiche nei confronti di inquinanti chimici (CO, fumo passivo)<br>Informazione, formazione ed educazione sanitaria.                                                                              |
|                     |                                                            | Tumori                             | Riduzione dell’incidenza di tumori, in particolare del cancro polmonare.                                      | Azioni specifiche nei confronti di inquinanti cancerogeni( fumo pass., benzene, radon, amianto, ecc.)<br>Informazione, formazione ed educazione sanitaria.<br>Ricerca.                                     |
|                     |                                                            | Malattie infettive                 | Riduzione dell’incidenza delle malattie infettive correlate all’inquinamento indoor                           | Azioni specifiche nei confronti di inquinanti biologici ( <i>legionella</i> , <i>b.tuberculare</i> ,etc)<br>Informazione, formazione ed educazione sanitaria.<br>Ricerca.                                  |
|                     |                                                            | Incidenti domestici                | Riduzione del numero di incidenti domestici dovuti ad avvelenamento da CO.                                    | Sorveglianza.<br>Sensibilizzazione e informazione.<br>Formazione del personale specializzato.<br>Raccolta, gestione e diffusione dati                                                                      |
|                     |                                                            | Patologie correlate al lavoro      | Salute, benessere e comfort nei luoghi di lavoro.<br>Riduzione dell’incidenza della sick building syndrome.   | Azioni specifiche su: aspetti strutturali, funzionali e di gestione degli edifici.<br>Informazione formazione<br>Ricerca.                                                                                  |

|       |                                               |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |                                               | Altre malattie di rilievo sociale: malattie allergiche (specie in età pediatrica nelle forme respiratorie), malattie dell'apparato cardiorespiratorio (asma bronchiale e bronchite cronica) | Riduzione della mortalità, morbosità e disabilità causate dalle malattie allergiche e dell'apparato cardiorespiratorio.                                                                                                                                                                                                                                                 | Azioni specifiche per la diminuzione della presenza di allergeni indoor, quali: acari della polvere, muffe, ecc.<br>Interventi per il miglioramento delle condizioni abitative (microclima).<br>Informazione, formazione ed educazione sanitaria.<br>Studi epidemiologici.<br>Ricerca.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 10-13 | III – Migliorare il contesto ambientale       | Aria interna                                                                                                                                                                                | Miglioramento IAQ.<br>Riduzione/abbattimento dell'esposizione della popolazione agli inquinanti (specie bambini, anziani, donne in gravidanza e soggetti a rischio).<br>Riduzione della morbosità per: malattie associate agli edifici (B.R.I), Sindrome da edificio malato (S.B.S), Sindrome da sensibilità chimica multipla (M.C.S).<br>Riduzione del rischio tumori. | Azioni specifiche di tipo tecnico e/o normativo su aspetti strutturali, funzionali e di gestione degli edifici.<br>Azioni specifiche per i prodotti chimici di largo consumo, per i prodotti da costruzione e da arredo.<br>Azioni specifiche per la protezione dei soggetti a rischio.<br>Informazione e sensibilizzazione della popolazione. Educazione sanitaria.<br>Formazione dei soggetti che concorrono al progetto di prevenzione(costruttori, produttori, progettisti, impiantisti, medici, etc).<br>Creazione di un Centro Nazionale di Documentazione Indoor.<br>Sorveglianza epidemiologica malattie correlate all'inquinamento indoor. Ricerca. |
|       |                                               | Radiazioni                                                                                                                                                                                  | Riduzione dell'esposizione della popolazione alla radioattività naturale negli ambienti di vita e di lavoro.                                                                                                                                                                                                                                                            | Programma di azione nazionale per il radon.<br>Ricerca.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 2-3   | IV – Rafforzare la tutela dei soggetti deboli | Infanzia e adolescenza, donne in gravidanza<br>Anziani<br>Malati<br>Classi svantaggiate                                                                                                     | Ambienti indoor sani e sicuri (abitazioni, scuole, ospedali ecc.).<br>Riduzione dell'esposizione dell'infanzia e delle donne in gravidanza al fumo passivo ed all'inquinamento in genere.<br>Riduzione dell'incidenza delle malattie allergiche nell'infanzia.                                                                                                          | Azioni di tipo normativo e/o tecnico.<br>Informazione, formazione ed educazione sanitaria.<br>Ricerca.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |