

ANDREA ROTTA

ROBERTO BIAGINI



## ARIA PULITA

*Sistemi innovativi per vivere in ambienti con aria più sana, pulita e salubre per non ammalarsi più*

Titolo dell'opera: Aria Pulita  
Autori: Andrea Rotta - Roberto Biagini

Prima edizione Ottobre 2019  
Seconda edizione Marzo 2020

Tutti i diritti sono riservati  
[www.andrearotta.com](http://www.andrearotta.com)  
[www.soluzioniecocreative.it](http://www.soluzioniecocreative.it)

Direzione artistica: Matteo Meleddu

**Quest'opera è protetta dalla legge sul Diritto d'autore. Legge n. 633/1941**

Tutti i diritti, relativi alla traduzione, alla citazione, alla riproduzione in qualsiasi forma, all'uso delle illustrazioni, delle tabelle e del materiale software a corredo, alla trasmissione radio-fonica-televisiva, alla registrazione analogica o digitale, alla pubblicazione e diffusione attraverso la rete Internet sono riservati, anche nel caso di utilizzo parziale. La riproduzione di quest'opera, anche se parziale o in copia digitale, è ammessa solo ed esclusivamente nei limiti stabiliti dalla Legge ed è soggetta all'autorizzazione scritta dell'Autore.

La violazione delle norme comporta le sanzioni previste dalla legge dello Stato Italiano. L'utilizzo in questa pubblicazione di denominazioni generiche, nomi commerciali e marchi registrati, anche se non specificatamente identificabili, non implica che tali denominazioni o marchi non siano protetti dalle relative leggi o regolamenti.

# ARIA PULITA

*Sistemi innovativi per vivere in ambienti con aria più  
sana, pulita e salubre per non ammalarsi più*

ANDREA ROTTA - ROBERTO BIAGINI

*Un'anima fine non è quella che è capace dei voli più alti, ma  
quella che si alza poco e si abbassa poco, e abita però sempre in  
un'aria libera e luminosa.  
(Friedrich Nietzsche)*

## PREMESSA

Gli studi sulla qualità dell'aria venivano identificati, fino a qualche anno addietro, con l'analisi di problemi inerenti l'inquinamento atmosferico, argomento che, fino agli inizi degli anni '70, polarizzava quasi esclusivamente l'interesse nel settore sia da parte della comunità scientifica che dell'opinione pubblica e verso il quale erano conseguentemente indirizzati la maggior parte delle ricerche e degli interventi normativi in merito predisposti.

Riguardo a tale forma di inquinamento, pertanto, parecchie nazioni dispongono già da tempo di sistemi per l'identificazione ed il controllo su vasta scala delle sorgenti inquinanti, al fine di limitare i danni alla salute umana, oltre che alla biosfera in generale, e delle relative normative in materia.

Tuttavia è ormai provato come l'esposizione alle sostanze inquinanti tossiche e radioattive aerodisperse negli ambienti confinati, industriali e non, risulti generalmente superiore rispetto a quella relativa agli inquinanti presenti nell'atmosfera.

Ciò nonostante le normative richiedono, nell'ambito di tale tipo di ambienti, controlli severi solo per quelli aventi carattere industriale (che comportano i cosiddetti rischi "professionali", che interessano categorie ben definite di lavoratori addetti a particolari attività), rivolgendo minore attenzione a quelli adibiti ad attività di vita e di lavoro (comunemente definiti indoor) quali abitazioni, scuole, ospedali, uffici, edifici pubblici, mezzi di trasporto, ecc..

Tuttavia si è constatato, invece, come l'inquinamento presente in tali ambienti, dovuto alle sostanze emesse da sorgenti sia interne (strutturali o relative agli occupanti), che esterne all'ambiente stesso, sia tutt'altro che trascurabile, ed i rischi presenti per gli occupanti risultino dello stesso ordine di grandezza di quelli riscontrati negli stabilimenti industriali.

In genere si designa con il termine *inquinamento indoor* tale particolare forma di inquinamento che interessa l'aria e, più in generale, l'ambiente interno dei luoghi confinati nei quali si svolgono attività umane, anche a carattere di svago o di riposo, ossia quei luoghi destinati alla permanenza, anche breve, ma ripetuta, di persone.

Una graduale presa di coscienza delle dimensioni del problema, unita alla crescente richiesta di un generale miglioramento della qualità della vita in senso lato, ha fatto pertanto crescere di recente nella comunità scientifica la convinzione che l'inquinamento indoor, soprattutto all'interno di ambienti non industriali, meriti la stessa, se non maggiore attenzione dell'inquinamento outdoor. Ciò anche in vista del fatto che sempre più gente trascorre gran parte del suo tempo in tali ambienti, soprattutto nei paesi economicamente più sviluppati.

Inoltre, quest'attenzione è stata accresciuta dal manifestarsi di un nuovo tipo di problema, strettamente associabile al clima interno, che vede un gran numero di persone svolgenti attività di lavoro in contesti non industriali manifestare sintomatologie in qualche misura ascrivibili alle non confortevoli condizioni ambientali interne dell'edificio in cui lavora.

Sulle cause specifiche di tali malesseri, che sembrano risiedere in una complessa ed eterogenea interazione di diversi fattori, al momento c'è poca informazione. Per tale ragione un gruppo di esperti dell'"Organizzazione Mondiale della Sanità" (World Health Organization, WHO) ha genericamente attribuito a quel complesso di malesseri (e nei casi più gravi patologie) associati alla fruizione di un edificio, imputabili genericamente a difetti strutturali o di gestione del sistema edificio-impianto, il nome di *Sindrome da Edificio Malato* (WHO, 1987; EEC, 1989a).

L'insieme di tali ragioni ha fatto sì che negli ultimi vent'anni tale forma di inquinamento si sia gradualmente rivelata

come un problema di grande rilevanza scientifica, economica e sociale.

Pertanto, anche grazie all'affinarsi delle tecniche sperimentali di monitoraggio, i problemi inerenti le condizioni ambientali di ambienti interni, di vita e di lavoro, con i relativi risvolti sanitari, tecnici ed economici sono stati, negli ultimi anni, oggetto di particolare interesse da parte di studiosi di tutto il mondo, suscitando momenti di aggregazione e confronto che hanno visto coinvolte competenze di diversi settori, da quello medico, a quello chimico, biologico, ingegneristico, legislativo, ecc..

Parecchi sforzi sono stati profusi, a livello sia nazionale che internazionale, anche nella redazione di adeguate normative in materia cui riferirsi per realizzare negli ambienti condizioni di salubrità e benessere. In particolare sono stati rivisti i principali standard esistenti, cercando di definirne dei nuovi contenenti linee-guida e prescrizioni tecniche sulle tecnologie edilizie ed impiantistiche atte a garantire, nel rispetto dei requisiti di sicurezza ed efficienza energetica, la verifica di tali standard.

Conoscere le dimensioni del problema, i meccanismi scatenanti, definire appropriate metodologie di indagine e misura, individuare soluzioni tecnologiche migliorative e tecniche d'intervento per il risanamento degli "edifici malati", mettere a punto normative efficaci risulta infatti, al momento, di fondamentale importanza per affrontare e cercare di risolvere un problema che si presenta estremamente complesso, con elevate ricadute sociali ed economiche e che non accetta soluzioni semplicistiche.

Il miglioramento della qualità dell'aria indoor costituisce quindi, una nuova frontiera nel campo della protezione della salute umana nell'accezione più estesa, comprendente non solo gli effetti tossicologici delle sostanze presenti nell'aria ma anche gli effetti collaterali da parte di tali sostanze sul benessere fisico e psichico. A tale proposito recenti studi

hanno dimostrato che la presenza anche in basse concentrazioni di COV nell'aria indoor influenzano negativamente la capacità di concentrazione e la produttività di studenti e lavoratori che conducono lavori di concetto.

Il libro che stai per iniziare a leggere ha lo scopo di farti arrivare le informazioni di base affinché, anche tu lettore attento e sensibile ai problemi causati dall'inquinamento atmosferico, possa iniziare a prendere in seria considerazione il fatto che, prima di tutto, sono i nostri comportamenti all'interno di casa o del luogo di lavoro a dover essere modificati, perché come scoprirai tu stesso, è l'aria inquinata che respiriamo all'interno gli ambienti confinanti che ci fa morire.

Dal mio punto di vista, credo che, ognuno di noi, debba trasformare la propria vita, da mediocre consumatore di risorse e di aria inquinata, in una persona virtuosa capace di adottare nuovi comportamenti per ridurre l'inquinamento e i rifiuti al fine di migliorare l'ambiente esterno in cui viviamo; e non solo: il mio augurio è che anche tu possa adottare sistemi per poter respirare aria più sana, pulita e salubre con l'unico scopo di vivere meglio e limitare i costi sulla collettività, dovuti alle cure mediche, prendendosi finalmente carico della propria salute e avendo come scopo principale della propria vita quello di essere felice, con le persone che si amano senza più il bisogno di ammalarsi.

Questo libro è frutto di anni di studio e ricerca personale che voglio condividere con te, affinché anche tu possa farlo con altri, per poter migliorare la qualità della vita di molte persone, soprattutto di quelle a cui vogliamo più bene.



# CAPITOLO I

## PANORAMICA GENERALE

Gli individui che vivono al giorno d'oggi alle nostre latitudini trascorrono, nella maggior parte dei casi, oltre il 90% della propria giornata in un ambiente confinato.

Un'indagine condotta a livello europeo (Künzli et al., 1997) rivela che nei centri urbani la popolazione trascorre in media il 95-97% del tempo negli ambienti confinati, il 2,4% nei mezzi di trasporto e l'1% nell'ambiente esterno (outdoor).

L'esposizione all'inquinamento dell'aria indoor è pertanto preponderante rispetto a quello outdoor, nonostante l'opinione pubblica abbia una sensibilità e un'informazione maggiore rispetto alle problematiche collegate all'inquinamento ambientale inteso come "*ambiente outdoor*".

La qualità dell'aria interna ad un ambiente è funzione di parecchi fattori, spesso interagenti in maniera complessa ed ancora non completamente nota.

Sinteticamente il giudizio delle persone riguardo le sue condizioni si esprime nel concetto di qualità percepita dell'aria, che rappresenta l'espressione di come esse realizzano la propria percezione dell'aria sotto forma di odori, irritazione o altri effetti sensorii.

In generale, gli occupanti di un ambiente richiedono, riguardo alle condizioni dell'aria in esso presente, che questa sia fresca, non viziata né irritante, e non dannosa per la salute.

Nasce pertanto l'esigenza di controllare la "qualità" dell'aria interna, sia in termini igienico sanitari, che di gradevolezza. La sua qualità può essere, in particolare, correlata al grado di soddisfazione espresso dagli occupanti, sulla base della piacevolezza nella respirazione e del rischio per la salute che comporta.

Riguardo a quest'ultimo, un'esigenza fondamentale è che

l'aria non contenga contaminanti (sotto forma di gas, vapori, microrganismi e particolato) che superino valori limite di concentrazione, né fattori nocivi come la tossicità, la radioattività, ecc.

Conseguentemente la qualità dell'aria è alta se essa durante la respirazione viene percepita come fresca e piacevole e se il rischio di provocare malesseri agli occupanti risulta trascurabile.

L'inquinamento dell'aria indoor è particolarmente insidioso, essendo meno percepibile rispetto all'inquinamento dell'aria esterna in quanto generalmente non si manifesta visivamente e le concentrazioni degli inquinanti sono spesso inferiori alle soglie olfattive.

La qualità dell'aria negli ambienti indoor (*Indoor Air Quality - IAQ*) è influenzata direttamente dalla qualità dell'aria esterna, alla quale si aggiungono le diverse fonti di inquinamento interne.

Questo implica che, generalmente, negli ambienti confinati l'aria è più inquinata che all'esterno.

Almeno di 4/5 volte.

Negli edifici moderni, costruiti secondo i principi dell'efficienza energetica, il tasso di ricambio dell'aria interna è molto inferiore rispetto al passato, comportando un conseguente accumulo degli inquinanti e un peggioramento dell'IAQ.

Gli effetti dell'inquinamento dell'aria indoor sulla salute umana sono universalmente riconosciuti e si presentano sempre più frequentemente, colpendo soprattutto i soggetti più sensibili come i bambini e gli anziani, con sintomi che coinvolgono prevalentemente l'apparato respiratorio (asma, allergie, irritazione delle mucose...).

Oltre a tali effetti vengono riconosciute altre patologie legate all'inquinamento indoor, tra cui la cosiddetta Sick Building

Sindrome, che si manifesta con sintomi non specifici ma ripetitivi e non correlati ad un agente particolare. Tali sintomi coinvolgono più frequentemente soggetti che lavorano in ufficio, scompaiono o comunque si attenuano all'uscita dai locali e non sono accompagnati da reperti obiettivi rilevanti. È stato inoltre dimostrato che l'IAQ può avere una forte influenza sul sistema nervoso centrale delle persone. Un recente studio condotto negli Stati Uniti presso un centro di ricerca specializzato dimostra una forte influenza dei livelli di COV (composti organici volatili) e di CO<sub>2</sub> nell'aria indoor degli uffici sulle capacità cognitive e decisionali dei lavoratori (Allen et al, 2015).

Per garantire una buona qualità dell'aria indoor occorre prima di tutto eliminare le fonti di inquinamento interne (es. fumo di sigaretta, materiali di costruzione/arredo che rilasciano COV) e, in secondo luogo, provvedere a un opportuno ricambio dell'aria, anche con l'impiego di sistemi di ventilazione meccanizzata.

L'importanza del ricambio dell'aria degli ambienti confinati mediante la semplice apertura periodica delle finestre viene generalmente sottovalutato e comunque attuato più raramente durante la stagione fredda, per via della bassa temperatura dell'aria esterna. Questo aspetto è più critico nei territori di montagna, nei quali la stagione fredda dura più a lungo.

Tra le diverse azioni utili al miglioramento dell'IAQ desta interesse l'impiego delle piante. Diversi studi sperimentali hanno dimostrato la capacità da parte di alcune piante di arredo di rimuovere gli inquinanti gassosi (COV in particolare) dall'aria indoor. In genere si tratta di studi condotti in condizioni controllate di laboratorio, con utilizzo ad esempio di camere chiuse dotate di sistemi per l'iniezione di sostanze inquinanti in dosi definite.

I sistemi di ventilazione meccanizzata, che utilizzano macchine di diversa taglia quali le VMC (Ventilazione Meccanica

Controllata) per gli ambienti domestici o le UTA (Unità di Trattamento Aria) per gli ambienti più grandi perdono il loro effetto se non vengono periodicamente mantenute.

Infatti per avere aria sana, pulita e salubre è necessario che ogni macchina venga controllata e pulita secondo un programma di manutenzione prestabilito e soprattutto siano verificati i filtri che devono essere puliti e/o sostituiti periodicamente.

## CAPITOLO II

### LA QUALITA' DELL'ARIA INDOOR

Per ambienti indoor si intendono gli ambienti confinati di vita e di lavoro non industriali, in particolare quelli adibiti a dimora, svago, lavoro e trasporto.

Secondo questo criterio, l'ambiente indoor comprende, dunque:

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

La popolazione trascorre gran parte del proprio tempo in questi ambienti subendo un prolungato contatto con le potenziali sorgenti di inquinamento.

Secondo una ricerca condotta nel 1998 su un campione di popolazione di Milano, nei giorni feriali la popolazione impiegata in ufficio 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 confinati (di cui il 64% in casa), il 3,6% in transito e solo il 12% all'aperto.

Questi studi hanno documentato profondi cambiamenti sia qualitativi che quantitativi dell'aria indoor, con un progressivo aumento in assoluto delle sostanze inquinanti e dei rela-

tivi livelli nell'aria. Questo fenomeno è collegato alla necessità di contenere i consumi per il riscaldamento e per il condizionamento che ha imposto nuovi criteri tecnico-progettuali per gli edifici ad uso civile al fine di garantire un migliore isolamento termico degli edifici e una migliore sigillatura degli ambienti interni rendendo gli edifici più ermetici e riducendo il tasso di ventilazione naturale dovuto a infiltrazione di aria.

Nelle abitazioni residenziali il tipico fattore di ricambio d'aria è passato da 1 Vol/h per gli edifici costruiti negli anni '70 a circa 0,5 Vol/h sino a valori decisamente più bassi, addirittura 0,1 Vol/h per gli edifici di nuova generazione a bassissimo consumo energetico. Se dal punto di vista energetico questo modello costruttivo ha notevoli vantaggi, dal punto di vista della qualità dell'aria interna può condurre a molteplici problematiche come l'aumento della concentrazione di inquinanti e il proliferare di muffe.

Le trasformazioni strutturali degli edifici sono state accompagnate anche da modifiche rilevanti dei materiali utilizzati per gli arredi e i rivestimenti, con utilizzo sempre più diffuso di materiali sintetici in grado di rilasciare sostanze aeriformi nel tempo.

Spesso anche materiali considerati ecologici e sostenibili, utilizzati nella "bioedilizia", come rivestimenti in legno e pannelli isolanti in fibre naturali sono sorgenti di sostanze inquinanti quali COV, formaldeide o benzene. Nelle valutazioni di impatto sulla IAQ i materiali devono essere visti come parte di un sistema e non come singolo materiale: ad esempio anche un cappotto in fibra di legno può avere indirettamente un impatto negativo poiché le colle utilizzate per il fissaggio dei pannelli spesso sono sorgenti di COV. Le nuove tecniche costruttive basate sull'efficienza energetica hanno portato alla nascita di numerosi nuovi materiali e nella maggior parte dei casi gli addetti ai lavori non considerano o non conoscono gli impatti negativi che possono avere i materiali

da costruzione sulla qualità dell'aria negli ambienti confinati.

Tali diversi fattori hanno portato ad un progressivo peggioramento della qualità dell'aria indoor negli ultimi anni.

A fronte di questo fenomeno non ha fatto riscontro un aumento della sensibilità verso questa problematica, mentre è cresciuta notevolmente la preoccupazione nei confronti dell'inquinamento dell'aria ambiente esterna.

La normativa sulla qualità dell'aria esterna (Dlgs 155/2010) è ormai consolidata e garantisce il perseguimento della tutela della qualità dell'aria attraverso la messa in atto di piani e programmi contenenti una serie di misure atte alla riduzione delle emissioni a livello locale, nazionale e comunitario. Le azioni di contenimento sono riferite a fonti di emissione conosciute e comuni a tutti le realtà territoriali (traffico, riscaldamento, industrie).

I monitoraggi vengono condotti mediante stazioni di misura dislocate in ambiente esterno e sono pianificati in relazione alla presenza delle fonti di emissione sul territorio.

Allo stesso modo la normativa sull'igiene del lavoro (Dlgs 81/2008) garantisce la tutela della salute dei lavoratori rispetto all'esposizione ad alcuni inquinanti specifici legati all'attività lavorativa svolta. Prevede misure di contenimento delle fonti di emissione presenti all'interno dell'ambiente lavorativo attraverso sistemi di captazione o di confinamento e in secondo luogo l'adozione di dispositivi di protezione individuale atti a proteggere il sistema respiratorio. Prevede inoltre il rispetto di valori soglia su breve e lungo periodo per prevenire l'insorgere di effetti acuti e cronici conosciuti legati all'esposizione a determinate sostanze. I monitoraggi in questo caso sono effettuati con campionamenti personali sui lavoratori pianificati in relazione a mansioni ed attività lavorative svolte.

La normativa sulla qualità dell'aria indoor è invece ancora in divenire e di fatto non costituisce ancora un ambito chiaramente regolamentato.

L'aria indoor costituisce una sorta di zona grigia compresa tra i due diversi ambiti dell'aria esterna e dell'aria interna degli ambienti di lavoro. Gli ambienti indoor sono caratterizzati dalla presenza sia da fonti di inquinamento esterne che da fonti interne all'ambiente stesso.

Le fonti esterne possono essere molto particolari e variegata, quali ad esempio la presenza nelle vicinanze di piccole attività produttive (es. falegnamerie, verniciature, cucine, benzina) o di cantieri (es. piccoli lavori di edilizia) oppure legati al vicinato (es. utilizzo di solventi per hobbistica, utilizzo di attrezzature a motore): si tratta di un elenco molto stringato ma la casistica è vastissima.

Le fonti interne possono essere di diversa tipologia (es. materiali costruttivi, arredamenti, apparecchi di combustione, prodotti di pulizia) e non sempre sono definite o chiaramente individuabili. Gli inquinanti che possono essere presenti in ambiente indoor sono molto più numerosi ed eterogenei rispetto a quelli normalmente monitorati in aria esterna e negli ambienti di lavoro. Se in tali ambiti l'attenzione è rivolta agli effetti provocati dai singoli inquinanti, nel caso dell'aria indoor sono invece di interesse gli effetti provocati da miscele di inquinanti che in genere, pur essendo presenti singolarmente in concentrazioni inferiori alle soglie di rischio previste rispettivamente dalle normative di qualità dell'aria esterna e degli ambienti di lavoro, provocano effetti osservati sulla salute e sul benessere delle persone difficilmente riconducibili ad un meccanismo di causa-effetto se non per il tempo di permanenza nell'ambiente indoor inquinato.

Gli ambienti indoor sono caratterizzati generalmente da livelli di inquinamento inferiori di alcuni ordini di grandezza rispetto alle soglie di rischio previste per la protezione dei lavoratori. La valutazione della qualità dell'aria indoor viene condotta facendo generalmente riferimento agli stessi valori soglia previsti per la qualità dell'aria esterna. Per alcuni inquinanti specifici non normati in qualità dell'aria esterna è possibile fare riferimento alle soglie indicate nelle linee gui-



da pubblicate dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO, 2001).

La qualità dell'aria indoor comporta effetti sulla salute umana che in molti casi possono essere comuni rispetto a quelli connessi alla qualità dell'aria esterna e all'esposizione negli ambienti di lavoro. Tuttavia, nella maggior parte dei casi, la qualità dell'aria interna è connessa ad effetti di eziologia non definita e sintomatologia non specifica (es. Sick Building Syndrome), che hanno effetti non gravi sulla salute umana ma provocano conseguenze concrete sulla qualità professionale dei lavoratori che si manifestano con diminuzione della capacità di attenzione e di decisione. Allo stesso modo sono di interesse gli ambienti scolastici e la relativa capacità di attenzione e apprendimento dei bambini, soggetti particolarmente sensibili alle condizioni degli ambienti in cui vivono. Tali aspetti fanno parte dello stato di benessere delle persone, obiettivo da perseguire una volta garantita la protezione da effetti negativi sulla salute umana. Vivere in maniera più confortevole significa anche poter respirare un'aria il più sana, pulita e salubre per la maggior parte del tempo di vita.

## CAPITOLO III

### GLI EFFETTI SULLA SALUTE UMANA

Gli effetti sulla salute umana dell'inquinamento dell'aria indoor sono solo parzialmente conosciuti e sono ancora in fase di studio. I problemi di salute legati alla IAQ possono manifestarsi attraverso diversi sintomi che la maggior parte delle volte sono difficilmente ricollegabili ai singoli inquinanti. I sintomi maggiormente riscontrabili sono:

- irritazione della pelle, delle mucose o del tratto respiratorio
- allergie
- infiammazioni
- infezioni fino ad arrivare a problemi cardiovascolari o neurologici
- intossicazioni mortali o invalidanti

Questi sintomi, le cui cause specifiche spesso non sono individuabili ma collegabili solamente al tempo trascorso da un individuo all'interno di un edificio, possono essere identificati come "sindrome dell'edificio malato" (dall'inglese "Sick building syndrome").

Una classificazione completa dei sintomi collegabili a una cattiva qualità dell'aria interna è stata proposta da J. Malchaire nel 2017:

- MUCOSE E VIE RESPIRATORIE
  - Irritazione, secchezza degli occhi, del naso e della gola
  - Prurito e bruciore agli occhi, lacrimazione, congestione nasale
  - Tosse, starnuti, epistassi
  - Raucedine e afonia

- APPARATO RESPIRATORIO PROFONDO
  - Oppressione toracica, asma
  
- PELLE
  - Secchezza della pelle
  - Eruzioni cutanee
  
- SISTEMA NERVOSO CENTRALE
  - Fatica, difficoltà di concentrazione, sonnolenza
  - Mal di testa
  - Stordimento, vertigini, nausea

La presenza di inquinanti non comporta necessariamente la comparsa di sintomi e patologie, ma l'influenza che essi hanno dipendono da diversi fattori, tra cui:

- la tipologia di inquinanti;
- la concentrazione dell'inquinante;
- il tempo di esposizione dell'individuo al determinato inquinante;
- la sensibilità dell'individuo esposto.

Particolarmente importante è il tempo di esposizione, in quanto gli effetti sulla salute possono cambiare notevolmente in base al periodo di permanenza dell'individuo in presenza delle sostanze inquinanti.

Il tempo di esposizione può essere suddiviso in due macro-categorie:

- esposizione di breve durata (da qualche ora sino a alcune settimane)
- e di lunga durata (più di un anno).

Naturalmente i sintomi conseguenti alle esposizioni di breve durata, come irritazioni, allergie e cefalee hanno conseguenze decisamente minori di una lunga esposizione, la quale può portare a patologie dell'apparato respiratorio e cardiovascolare e in alcuni casi a malattie tumorali.

Una cattiva qualità dell'aria ambiente non solo può condurre ad effetti tangibili sulla salute, ma può essere anche causa indiretta dell'aumento dei costi e della diminuzione di produttività dovuti al manifestarsi delle patologie sopra descritte e il conseguente aumento dei giorni di malattia dei lavoratori. Lo studio di Shendell ha documentato la correlazione tra le presenze a scuola degli alunni e la concentrazione di CO<sub>2</sub>. Nei casi in cui la concentrazione di CO<sub>2</sub> era più elevata, a causa di una scarsa ventilazione, le assenze degli studenti erano maggiori del 10%-20% rispetto alle classi in cui i livelli di CO<sub>2</sub> erano più bassi. Un altro studio (Mendel 2005) ha messo in luce i legami tra l'influenza della scarsa qualità dell'aria indoor nelle scuole e l'abbassamento delle performance degli studenti.

Inoltre il recente studio di J. Allen ha dimostrato che le persone che lavorano in ambienti con bassi livelli di COV hanno migliori funzioni cognitive rispetto ai lavoratori impiegati in ambienti convenzionali. Alti livelli di COV comportano una diminuzione delle capacità intellettuali e decisionali. Si può quindi desumere che facendo particolare attenzione all'IAQ, diminuendo le sorgenti di inquinanti e attuando adeguati ricambi d'aria, si possano aumentare i livelli di attenzione, produttività e apprendimento dei lavoratori. Questo studio risulta essere quindi di particolare importanza, in quanto non focalizza più l'attenzione solo sul legame della qualità dell'aria indoor e gli aspetti prettamente sanitari come l'insorgenza di patologie, ma anche sulla produttività, modificando la sensibilità rispetto alle soglie di concentrazione degli inquinanti negli ambienti confinati.

Se per garantire la salubrità degli ambienti ed evitare l'insorgere di problemi di salute è sufficiente mantenere una concentrazione di inquinanti inferiore ai livelli di soglia indicati delle varie organizzazioni come l'OMS, per migliorare le condizioni di confort, la produttività e le capacità cognitive degli occupanti è importante ridurre il più possibile la pre-

senza di sostanze inquinanti. Pertanto è importante indagare ed intervenire non solo nelle situazioni in cui si manifestano problemi, ma in qualsiasi ambiente in cui i tempi di residenza degli occupanti sono significativi per ridurre al minimo i livelli delle sostanze nocive.

Il peso sociale dell'inquinamento degli ambienti confinati non si limita quindi solamente al disagio umano, alle malattie e al discomfort, ma si estende anche ai costi economici derivanti dal calo di produttività.

Negli Stati Uniti i costi sanitari per le principali malattie da inquinamento indoor sono stimati essere superiori al miliardo di dollari all'anno (anni 1986-1987) e alcuni studi evidenziano che il calo di produttività derivato dall'inquinamento indoor determinano un costo annuale compreso tra i 4 e i 5 miliardi di dollari.

## CAPITOLO IV

### LA NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Pur non essendo prevista una normativa specifica a livello comunitario, alcuni stati dell'UE hanno introdotto nella propria legislazione norme specifiche per la qualità dell'aria indoor.

In particolare Francia, Belgio, Finlandia, Norvegia e Portogallo hanno stabilito dei valori guida per una serie di inquinanti nell'aria indoor. Altri Paesi come Germania, Austria, Paesi Bassi e Regno Unito hanno istituito dei gruppi di lavoro multidisciplinari con il compito specifico di elaborare valori guida per la qualità dell'aria indoor che sono utilizzati dagli organismi governativi di controllo, al fine di valutare l'influenza delle sorgenti e attivare le necessarie azioni di mitigazione.

In Italia è operativo un Gruppo di studio nazionale attivato dall'Istituto Superiore di Sanità (ISS) al quale prendono parte diversi soggetti interessati quali il Ministero della Salute, istituti di ricerca, università e alcune ASL e ARPA regionali, che si occupa della redazione di documenti tecnici condivisi al fine di garantire una omogeneità a livello nazionale.

Uno di questi documenti è il Rapporto Istisan 13/4 "Strategie di monitoraggio dei COV in ambiente indoor" che è preso a riferimento in molti lavori di tipo sperimentale.

A livello internazionale sono stati emanati diversi documenti di carattere tecnico-scientifico che riportano indicazioni in merito agli effetti sulla salute di alcuni inquinanti nell'IAQ.

Un riferimento importante è costituito dalle Linee Guida per la qualità dell'aria indoor pubblicate dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) pubblicate nel 2013.

Un altro documento preso spesso a riferimento a livello europeo è il report finale del progetto INDEX (Critical Apprai-

sal of the Setting and Implementation of Indoor exposure Limits in the EU) commissionato dall'UE e coordinato dal Joint Research Center (JRC) e pubblicato nel 2005.

In tali documenti vengono riportati, per alcune sostanze, dei valori guida per la qualità dell'aria indoor per consentire una valutazione scientifica uniforme.

Per valore guida l'OMS intende un valore di concentrazione nell'aria riferito ad un periodo temporale nel corso del quale, allo stato attuale delle conoscenze, non è atteso alcun effetto sulla popolazione in generale.

I valori guida possono essere riferiti a condizioni di esposizione acuta (da alcuni minuti a qualche giorno) o a condizioni di esposizione cronica (generalmente un anno solare) per via inalatoria.

Tale definizione è applicabile nel caso di sostanze per le quali è possibile definire una soglia di dose. Nel caso di sostanze senza soglia di dose (sostanze cancerogene e mutagene) i valori guida sono espressi in relazione alla soglia di rischio corrispondente ad una probabilità di insorgenza della patologia associata alla sostanza in esame.

Tra i paesi europei che hanno legiferato in materia spicca la Francia in cui il quadro normativo sull'IAQ risulta più sviluppato ed evoluto rispetto agli altri Paesi dell'UE.

## CAPITOLO V

### LE SOSTANZE INQUINANTI

Gli agenti inquinanti presenti all'interno degli ambienti confinati, ritenuti responsabili di provocare una diminuzione del confort ambientale e un rischio per la salute, sono molteplici e possono essere suddivisi in:

1. agenti di tipo chimico: composti organici e inorganici;
2. agenti di tipo fisico: radiazioni ionizzanti e non ionizzanti;
3. agenti di tipo biologico: microrganismi, muffe e acari.

Focalizzando l'attenzione sulla Qualità dell'Aria Indoor (IAQ, Indoor Air Quality), in questo contesto sono analizzati solo gli inquinanti di tipo chimico e biologico descritti nelle schede riassuntive al fondo del libro nell'ALLEGATO 1.

Gli inquinanti chimici comprendono una serie di sostanze naturali o artificiali che, presenti nell'aria in forma liquida, solida o gassosa, ne peggiorano la qualità. Possono originarsi da fonti situate negli ambienti stessi o provenire dall'aria esterna, soprattutto in condizioni di elevato inquinamento ambientale. I principali contaminanti chimici derivanti dall'esterno comprendono i gas di combustione (biossido di azoto, biossido di zolfo, monossido di carbonio), l'ozono, il particolato aerodisperso, il benzene, mentre quelli derivanti dall'ambiente confinato sono soprattutto la formaldeide, i composti organici volatili, gli idrocarburi policiclici aromatici, sostanze presenti nel fumo di tabacco ambientale, i pesticidi, l'amianto ed i gas di combustione.



I maggiori *contaminanti di natura chimica* sono:

- monossido di carbonio (CO);
- biossido di azoto (NO<sub>2</sub>);
- biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>);
- composti organici volatili (VOC);
- formaldeide (CH<sub>2</sub>O);
- benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>);
- idrocarburi aromatici policiclici (IPA);
- ozono (O<sub>3</sub>);
- particolato aerodisperso (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>);
- composti presenti nel fumo di tabacco ambientale;
- pesticidi;
- amianto.

I contaminanti biologici sono, invece, una serie di sostanze di origine biologica che possono incidere negativamente sulla qualità dell'aria sia indoor che outdoor.

Le principali fonti di inquinamento microbiologico nei locali sono rappresentate dagli occupanti (uomo, animali, piante), dalla polvere (ottimo ricettacolo per i microrganismi), dalle strutture e dai servizi degli edifici. A queste fonti si aggiungono gli umidificatori e i condizionatori d'aria, dove la presenza di elevata umidità e l'inadeguata manutenzione facilitano l'insediamento e la moltiplicazione dei contaminanti biologici che poi vengono diffusi nei vari ambienti.

Tra i contaminanti biologici indoor più comuni troviamo:

- i batteri, trasmessi dalle persone e dagli animali ma presenti anche in luoghi con condizioni di temperatura e umidità che ne favoriscono la crescita.
- i virus, trasmessi dalle persone e dagli animali infettati.
- i pollini delle piante, provenienti soprattutto dall'ambiente esterno.
- funghi e muffe che si formano all'interno dei luoghi con-

finati per problemi d'umidità o che possono penetrare dagli ambienti esterni.

- gli acari, considerati tra le principali cause di allergia ed asma poiché, tramite le loro feci, producono dei potenti allergeni facilmente inalabili.
- gli allergeni degli animali domestici rilasciati principalmente dalla saliva, forfora e urina che, una volta essiccati e frammentati, rimangono sospesi nell'aria. La principale fonte è costituita dagli animali con pelliccia (cani, gatti, roditori, etc.), ma anche da uccelli, scarafaggi e insetti.

Per completezza si riportano anche gli *agenti fisici* responsabili di una cattiva qualità dell'ambiente indoor:

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

Il fenomeno comunemente definito "inquinamento elettromagnetico" è legato alla generazione di campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici artificiali, cioè non attribuibili al naturale fondo terrestre o ad eventi naturali (quale ad esempio può essere il campo elettrico generato da un fulmine), ma prodotti da impianti realizzati per trasmettere informazioni attraverso la propagazione di onde elettromagnetiche (impianti radio-TV e per telefonia mobile), da impianti utilizzati per il trasporto e la trasformazione dell'energia elettrica dalle centrali di produzione fino all'utilizzatore in ambiente urbano (elettrodotti), da impianti per lavorazioni industriali, nonché da tutti quei dispositivi il cui funzionamento è subordinato a un'alimentazione di rete elettrica (tipico esempio sono gli elettrodomestici).

Il rumore, responsabile dell'inquinamento acustico, è costituito dall'insieme dei suoni che risultano indesiderati perché di intensità eccessiva, fastidiosi o improvvisi, e che spesso

rappresentano elementi di disturbo per la ricezione da parte dell'orecchio umano.

Il radon è un elemento chimico naturale, radioattivo, appartenente alla famiglia dei cosiddetti gas nobili o inerti a cui ho dedicato un capitolo a parte.

Non esiste luogo ove il radon non sia presente. In atmosfera si disperde rapidamente e non raggiunge quasi mai elevate concentrazioni, ma nei luoghi chiusi (case, scuole, negozi, ambienti di lavoro, ecc.) può in taluni casi arrivare a concentrazioni tali da rappresentare un rischio eccessivo per gli occupanti.

## CAPITOLO VI

### LE FONTI DI EMISSIONE

Le fonti di inquinamento dell'aria indoor sono molteplici e spesso di difficile individuazione, in quanto l'IAQ è il risultato di complesse interazioni tra ambiente interno, ambiente esterno, materiali di costruzione e attività antropiche.

Quali sono le cause principali dell'inquinamento indoor?

La composizione dell'atmosfera all'interno degli edifici è fondamentalmente la stessa che troviamo all'esterno, ma cambiano le quantità e i tipi di contaminanti. Agli inquinanti provenienti dall'esterno va infatti aggiunta tutta una serie di agenti inquinanti le cui fonti sono all'interno degli edifici. Si deve tenere presente che le norme di risparmio energetico hanno via via permesso la costruzione di ambienti sempre più "sigillati", con comunicazioni dall'esterno costituite da condotte e con sistemi aeraulici, la cui contaminazione o disfunzione è a sua volta oggetto di inquinamento, come lo è lo scarso ricambio d'aria e la ridotta aria di rinnovo introdotta in molti ambienti. Le fonti principali di contaminanti indoor (introdotti o a causa dell'attività umana) sono:

- Materiali da costruzione;
- Impianti di riscaldamento, condizionamento e cottura dei cibi ecc.;
- Arredi;
- Rivestimenti (pitture murali, vernici, pavimenti ecc.);
- Prodotti per la manutenzione e la pulizia (detersivi, insetticidi ecc.);
- Spazi ed il tipo di attività che vi si svolge;
- Presenza di allergeni di vario tipo.

A questo elenco, dovrebbero essere aggiunti i contaminanti provenienti dall'esterno. Inoltre la tossicità di un singolo inquinante viene spesso potenziata dall'associazione con altre sostanze; tra queste particolarmente efficaci sono le polveri, il fumo di sigaretta e i vapori generati dalla cottura dei cibi. Secondo una ricerca recente, alla base dell'inquinamento indoor vi sarebbe soprattutto:

- |                             |     |
|-----------------------------|-----|
| - Ventilazione inadeguata   | 53% |
| - Presenza di microrganismi | 15% |
| - Inquinamento interno      | 10% |
| - Inquinamento esterno      | 5%  |
| - Materiali da costruzione  | 4%  |
| - Cause sconosciute         | 13% |

I materiali e i prodotti per la decorazione utilizzati in edilizia sono importanti sorgenti di composti organici volatili (COV). Alcuni paesi europei, al fine di ridurre le emissioni di inquinanti, hanno redatto diverse procedure per la qualificazione dei prodotti da costruzione basate sul rilascio di inquinanti volatili. Queste procedure hanno lo scopo di informare e sensibilizzare i consumatori sull'acquisto di materiali con bassi valori di emissione di COV.

Ad esempio il governo francese ha reso obbligatorio dal 1° gennaio 2012 l'etichettatura di qualità dei materiali per la costruzione e per la decorazione. L'etichetta, sulla falsa riga dell'etichettatura energetica degli elettrodomestici, permette di indicare in maniera semplice il livello di emissione di COV da parte del prodotto attraverso una suddivisione in classi di emissione dalla A+ (la meno inquinante) alla C17.

Questo tipo di regolamentazione permette di sensibilizzare la popolazione sulla pericolosità dell'inquinamento indoor e di indirizzare i consumatori all'acquisto di prodotti con basse emissioni di COV.

Una delle sorgenti maggiormente impattanti sono le sigarette; l'Accademia di Medicina Francese considera il fumo di sigaretta, che contiene più di 4.000 sostanze chimiche (tra cui benzene, cadmio e diossine) il principale inquinante dell'aria interna. Le principali sostanze tossiche del fumo liberate in ambiente sono: il monossido di carbonio (CO), gli idrocarburi policiclici aromatici, COV, ammoniaca e ammine volatili, acido cianidrico e gli alcaloidi del tabacco.

Anche le sigarette elettroniche, proposte come alternativa "salutare" al tabacco, emettono composti chimici dannosi per la salute umana e per l'ambiente. Secondo alcuni studi, tra cui quello di Goniewicz, gli aerosol prodotti dall'utilizzo delle sigarette elettroniche contengono concentrazioni di sostanze cancerogene, come le nitrosammine, in quantità non trascurabile e che il glicole, contenuto nel liquido che viene "aerosolizzato", può essere ossidato dagli elementi riscaldanti, creando delle aldeidi pericolose come la formaldeide.

Tipico delle regioni montane è l'utilizzo di camini e stufe, alimentati a biomassa, come fonte ausiliaria per il riscaldamento. Il loro utilizzo può incrementare notevolmente il livello di sostanze inquinanti all'interno degli ambienti, in particolare modo se le stufe e i camini risultano essere datati. I principali inquinanti derivanti dalla combustione di biomassa e riscontrabili negli ambienti sono polveri sottili, monossido di carbonio e ossidi di azoto. Al fine di ridurre i rischi connessi all'utilizzo di questo tipo di focolari è bene sostituire i vecchi apparecchi con quelli di nuova generazione, possibilmente con camera stagna, ovvero con la presa dell'aria comburente direttamente dall'esterno e la camera di combustione ermetica, la quale non permette scambi con l'ambiente indoor circostante.

Particolare attenzione va posta anche nell'utilizzo di prodotti contro zanzare, blatte e insetti. Gli antiparassitari sono uti-

lizzati anche come trattamento protettivo del legno: una rilevante esposizione cronica ad antiparassitari, in particolare pentaclorofenolo, è stata rilevata in individui che occupano edifici in cui sono presenti numerose superfici in legno.

In definitiva gli inquinanti dell'aria indoor sono di diversa natura e derivanti da molteplici sorgenti, come riepilogato nella tabella successiva:

TIPI DI INQUINANTI	COMPOSTI PRINCIPALI	SORGENTI
CHIMICO	Formaldeide	Materiali da costruzioni, Colle e Solventi, Mobili, libri e riviste, Fumo di sigaretta, Processi di combustione
	VOC	
	Monossido di Carbonio	Combustioni
	Biossido di Azoto	Combustioni (Cucina a gas, stufe a gas, caldaie, autoveicoli)
FISICO	Campi elettromagnetici	Apparecchiature elettriche
	Radon	Gas presente nel sottosuolo
BIOLOGICO	Batteri	Umidità e acqua stagnante, Uomo, Animali
	Pollini	Piante
	Funghi e Muffe	Umidità

## CAPITOLO VII

### LA VENTILAZIONE DEGLI AMBIENTI CONFINATI

Al fine di migliorare la qualità dell'aria interna è fondamentale non solo limitare le sorgenti di sostanze inquinanti, ma anche garantire una corretta aerazione dei locali al fine di rinnovare l'aria degli ambienti confinati, estraendo l'aria viziata e tenendo sotto controllo i livelli di umidità.

La ventilazione, che sia realizzata in maniera naturale attraverso l'apertura dei serramenti o attraverso un sistema di ventilazione meccanica, è indispensabile per ottenere una buona qualità dell'aria indoor.

La Norma Uni 10339 (*"Impianti aeraulici ai fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura."*) indica una serie di parametri tecnici da rispettare, tra cui il numero di ricambi d'aria dei locali, per garantire le condizioni di benessere ambientale a seconda del tipo di locale e dall'attività che viene svolta.

I valori riportati indicano il tasso minimo di aerazione degli ambienti interni al fine di mantenere accettabili livelli di qualità dell'aria, definita dalla stessa norma come

*"caratteristica dell'aria trattata che risponde ai requisiti di purezza. Essa non contiene contaminanti noti in concentrazioni tali da arrecare danno alla salute e causare condizioni di malessere per gli occupanti. I contaminanti, contenuti sia nell'aria di rinnovo che in quella ricircolata, sono gas, vapori, microrganismi, fumo e altre sostanze particolate".*

Nella maggior parte dei casi, sia in edifici residenziali che nei luoghi di lavoro, il ricambio dell'aria è demandato all'apertura delle finestre. Questa modalità di controllo della qualità dell'aria è totalmente aleatoria e legata alle sensazioni di chi occupa l'edificio. Nei periodi invernali, quando le temperature esterne sono rigide, soprattutto in ambienti montani,



difficilmente le finestre vengono aperte per evitare di raffreddare le stanze o, se anche l'operazione viene eseguita, il tempo di apertura delle finestre è troppo breve per permettere il completo ricambio dell'aria interna. Inoltre è fondamentale sottolineare come sia particolarmente importante l'aspetto energetico nel ricambio naturale dell'aria indoor, in quanto l'apertura dei serramenti comporta l'ingresso di notevoli quantità d'aria esterna a bassa temperatura (o ad alta temperatura nei periodi estivi) e il conseguente squilibrio termico. Viste le linee guida dettate dalle normative europee e nazionali, che richiedono la costruzione di edifici sempre più a basso consumo energetico e ad alti livelli di isolamento, sembra essere un controsenso l'apertura delle finestre per il ricambio dell'aria.

Per questi motivi è importante che il controllo della qualità dell'aria degli ambienti indoor sia realizzata attraverso impianti di ventilazione meccanizzata per il rinnovo dell'aria ambiente. Attraverso questa tipologia di impianto è possibile mantenere un buon livello dell'aria indoor attraverso l'estrazione dell'aria viziata e l'immissione di aria esterna in continuo, col duplice vantaggio, rispetto alla classica aerazione naturale ottenuta mediante l'apertura delle finestre, di poter filtrare l'aria in ingresso e recuperare l'energia termica contenuta nell'aria espulsa, con uno scambiatore di calore o recuperatore.

La possibilità di poter trattare l'aria di rinnovo attraverso l'utilizzo di filtri permette di aumentare notevolmente la qualità dell'aria, limitando soprattutto l'ingresso di particolato all'interno dell'ambiente confinato. Con la realizzazione di impianti di ventilazione meccanica è inoltre possibile ridurre gli sprechi termici, recuperando l'energia contenuta nell'aria viziata attraverso l'installazione di scambiatori di calore ad alta efficienza.

La realizzazione di impianti di ventilazione meccanica controllata offre quindi numerosi vantaggi sia dal punto di vista

del confort e della qualità dell'aria indoor, sia dal punto di vista del risparmio energetico ottenibile rispetto alla ventilazione naturale, evitando le condizioni di scarsa qualità dell'aria dovute al ridotto tasso di ventilazione naturale conseguenti a tempi di apertura delle finestre troppo limitati.

D'altro canto la ventilazione meccanica non sempre è realizzabile e può portare a problematiche connesse all'assenza o a una cattiva manutenzione degli impianti.

Fondamentale per il buon funzionamento della VMC e per garantire sufficienti livelli di IAQ è la manutenzione degli impianti, la quale purtroppo raramente viene eseguita, se non quando ormai si sono manifestate problematiche sanitarie o di cattivi odori. Una scarsa manutenzione può addirittura peggiorare l'IAQ, portando alla proliferazione di agenti patogeni all'interno dei canali aeraulici e la conseguente diffusione all'interno degli ambienti.

Le fonti normative in merito non mancano, ma spesso non vengono seguite.

La normativa vigente in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro, D.L.vo 81/08 art. 64, obbliga i datori di lavoro a provvedere affinché i luoghi di lavoro, gli impianti e i dispositivi vengano sottoposti a regolare pulizia al fine di assicurare condizioni igieniche adeguate. Tali obblighi riguardano quindi anche gli impianti di ventilazione. Purtroppo l'esecuzione di una corretta manutenzione e sanificazione degli impianti aeraulici è decisamente complessa e onerosa e spesso, soprattutto in questo periodo di crisi economica, le poche risorse finanziarie a disposizione vengono investite in altri ambiti, trascurando le operazioni di manutenzione non direttamente connesse alle attività produttive e redditizie.

## CAPITOLO VIII

### PIANTE E FITODEPURAZIONE

L'utilizzo delle piante ai fini della depurazione di acque e di terreni è una tecnica naturale molto utilizzata e di provata efficacia. Questa tecnica di risanamento dei terreni o delle acque inquinate è denominata *Phytoremediation*.

Le piante riescono ad assorbire grandi quantità di agenti tossici, come i metalli pesanti, attraverso l'apparato radicale per poi trasportarli efficacemente attraverso lo xilema fino agli apparati fogliari dove vengono stoccati. Alcune specie vegetali possono assorbire e trasformare contaminanti organici in sottoprodotti meno tossici (*fitodegradazione*) e, in alcuni casi, rilasciarli in atmosfera tramite il processo di traspirazione (*fitovolatilizzazione*), mentre altre piante possono accumulare elevate quantità di metalli, senza presentare fenomeni di tossicità (*fitoestrazione*).

L'utilizzo della *phytoremediation* è cresciuto rapidamente poiché si tratta di un processo di depurazione "pulito", economico e con risvolti positivi anche a livello estetico sull'architettura paesaggistica.

Le piante, come dimostrano alcuni studi scientifici, possono essere utilizzate non solo per la depurazione dell'acqua e dei terreni, ma anche per quella dell'aria benché questa tecnica sia poco sviluppata. Il concetto di *phytoremediation* può essere quindi allargato e definito come l'utilizzo delle piante per l'estrazione, accumulo e degradazione delle sostanze inquinanti presenti nell'ambiente in cui esse si sviluppano.

Dal punto di vista scientifico, i primi studi importanti sulla possibilità di migliorare la qualità dell'aria degli ambienti confinati risalgono agli anni '80, quando la NASA ha realizzato alcune prove per verificare la possibilità di purificare l'aria delle navette e delle basi spaziali. La maggior parte de-

gli studi condotti fino ad ora sono stati incentrati su esperimenti eseguiti in ambienti con volumi ridotti e con i parametri chimici e fisici controllati.

Uno studio americano (Cornejo 1999) ha messo in luce la capacità di alcune piante ornamentali, tra cui la *Pelargonium domesticum*, *Ficus elastica* e la *Kalanchoeblossfeldiana*, di rimozione del benzene presente nell'aria.

In Francia nel 2004 è nato il programma di ricerca denominato PHYTAIR su impulso di CSTB (Centre Scientifique et TechniqueduBâtiment), del LSVF (Laboratoire des Sciences Végétales et Fongiques) della facoltà di farmacia di Lille e de l'Association Plant'Air Pur, al fine di studiare la capacità di depurazione degli inquinanti degli inquinanti aerodispersi da parte delle piante attraverso le foglie in maniera passiva, ovvero senza dispositivi di biofiltrazione, e di studiare i meccanismi coinvolti nella fitodepurazione al fine di studiare il potenziale di utilizzo delle piante nella biosorveglianza. L'uso di piante per depurare l'aria di ambienti chiusi da sostanze organiche volatili (COV) è stato già proposto, prevalentemente per interventi in uffici e in ambito domestico.

Noi abbiamo in ufficio diversi esemplari di piante, che oltre ad avere una funzione ornamentale, hanno la preziosa funzione di purificare l'aria e avere la concentrazione sempre al massimo.

I dati disponibili suggeriscono che diversi fattori contribuiscono alla depurazione dell'aria:

Le COV possono essere assorbite dalla parte aerea della pianta attraverso gli stomi oppure attraverso la cuticola fogliare.

I microrganismi del suolo presenti nel substrato di crescita possono contribuire all'assorbimento e degradazione delle COV presenti nell'aria. Questa attività può essere svolta da batteri e funghi micorrizici (Orwell 2004; Gao 2010).

Una quota di COV possono essere assorbiti anche dal substrato di crescita, tuttavia questa capacità è limitata alla capacità di assorbimento del substrato e non consiste in una degradazione.

Diverse specie vegetali possono mostrare efficienza molto variabile, con differenza anche a livello di varietà o cultivar (Liu 2007; Yang 2009; Zhou 2011).

Le felci sembrano avere un'ottima efficienza (Kim 2010). La capacità di eliminare le COV è di solito riportata, negli studi compiuti in laboratorio, come quantità di COV rimossi per unità di tempo, per unità di area fogliare. Questo ultimo aspetto costituisce un punto critico, poiché mancano per molte piante modelli e dati sulla velocità di accrescimento e di formazione della biomassa.

L'illuminazione può rappresentare un fattore critico. In generale, un aumento dell'intensità di luce può avere un effetto favorevole sulla rimozione delle COV (Baosheng 2009; Xu 2011).

È opportuno considerare che, in condizioni indoor, l'illuminazione spesso si attesta su valori piuttosto bassi. A questi flussi di luce, l'attività foto sintetica di molte piante è bassa. Anche la temperatura può produrre effetti. Altri fattori importanti sono dati dalla concentrazione delle COV, dalla loro tipologia e dalla presenza di misture.

## CAPITOLO IX

### UN'INSOLITA ARTISTA: NATALIE JEREMIJENKO

L'insolito laboratorio di Natalie Jeremijenko mette l'arte al lavoro occupandosi delle calamità ambientali combinando conoscenze ingegneristiche con arte pubblica e una squadra di volontari. Questi esperimenti di vita reale includono: portare a spasso girini, mandare messaggi ai "pesci", creare giardini intorno agli idranti e altro ancora.

Originaria di Brisbane, ma residente negli Stati Uniti dagli anni '90, il suo lavoro esplora principalmente l'interfaccia tra società, ambiente e tecnologia. Natalie è attualmente professore associato presso la New York University presso il dipartimento di arte visiva, informatica e studi ambientali. Alla NYU ha fondato e dirige la Clinica per la salute ambientale, che sviluppa prescrizioni per i cittadini per riparare gli ambienti locali e coordina diversi progetti che cercano di spostare radicalmente la nostra relazione con i sistemi naturali e altre creature. Questo consistente corpus di opere (tutte precedute dal segno distintivo "X" per il design sperimentale) ha aperto la strada a una forma di arte pubblica che genera azione collettiva e guadagno ambientale misurabile.

Natalie Jeremijenko crea esperienze socialmente consapevoli che fanno cambiare, sia direttamente che indirettamente. Come direttore della xDesignEnvironmentalHealth Clinic alla NYU, aiuta a prescrivere soluzioni sanitarie creative per l'ambiente che vengono svolte da volontari entusiasti. Come professore nel dipartimento di arte visiva della New York University, crea e supervisiona progetti di vita reale per i suoi studenti come HowStuffIsMade (un sito web che descrive come vengono creati gli oggetti di uso quotidiano) e FeralRobots (branchi di cani robot che sono stati hackerati per monitorare l'inquinamento o addirittura agire come

etilometro).

Ha creato un consultorio medico dove le persone espongono le loro preoccupazioni ambientali e lei fornisce una ricetta per migliorare l'aspetto ambientale di cui le persone sono preoccupate, mentre di solito quando qualcuno va in un consultorio medico esce con una ricetta di prodotti farmaceutici.

La sua idea è quella di ridefinire ciò che è la salute.

Infatti partendo da una citazione di Ippocrate<sup>1</sup> : *“La parte più estesa dell'anima è all'esterno del corpo, il trattamento di ciò che sta all'interno richiede il trattamento di ciò che sta all'esterno”*.

Possiamo quindi attingere dalla saggezza greca per ridefinire i termini della questione che chiamiamo *“salute”*: siamo abituati a pensare che la salute è una questione interna, individuale, farmaceutica e questo è un errore.

Uno studio del Prof. Philip J. Landrigan epidemiologo, pediatra americano e uno dei principali sostenitori al mondo della salute dei bambini, riporta che la maggior parte dei problemi di salute riscontrati nei bambini, dai pediatri sono cinque:

1. Asma
2. Ritardo dello sviluppo
3. Aumento di rare forme di cancro sui bambini
4. Obesità infantile
5. Diabete

Cosa hanno in comune queste patologie?

---

1 Ippocrate di Coos (o Cos, o Kos) 460 a.C. circa - Larissa, 377 a.C. È stato un medico, geografo e aforistagregco antico, considerato il padre della medicina. Egli rivoluzionò il concetto di medicina, tradizionalmente associata con la teurgia e la filosofia, stabilendo la medicina come professione. In particolare, ebbe il merito di far avanzare lo studio sistematico della medicina clinica, riassumendo le conoscenze mediche delle scuole precedenti, e di descrivere le pratiche per i medici attraverso il Corpus Hippocraticum e altre opere. [fonte Wikipedia]

È coinvolto l'ambiente.

Non sono più i germi che i dottori sono stati preparati a combattere; questa è una definizione diversa di salute, che ha un grande vantaggio perché è esterna, è condivisa e tutti possiamo fare qualcosa, al contrario della salute interna, predeterminata geneticamente o individualizzata.

Le persone che visitano la clinica della Prof.ssa Jeremijenko, non si chiamano pazienti, piuttosto *impazienti*, perché sono troppo impazienti per attendere modifiche legislative dai governi, per affrontare le questioni sanitarie locali legate all'ambiente.

Spesso si può incontrare la Prof.ssa Jeremijenko, nel suo ufficio all'interno di una rotatoria, perché come ci spiega: "le rotatorie sono l'espressione di una società che prende microdecisioni individuali, per il passaggio della propria auto attraverso la rotatoria e rispetto agli incroci con i semafori, produce un flusso più scorrevole e molti meno incidenti. Il semaforo, invece decide lui per te l'azione da compiere, come stare fermo o passare".

Sostiene quindi che se ognuno di noi prendesse delle microdecisioni in ambito ambientale, la situazione sarebbe migliore, anziché aspettare ordini dall'alto che non arriveranno mai.

Uno dei suoi esperimenti più interessanti è quello di portare a spasso un girino. I girini poiché hanno dei bio-sensi più sviluppati dei nostri, più sensibili di diverse grandezze rispetto ai nostri sensi, per la rivelazione di inquinamento, rispondendo in un modo biologicamente significativo, a quell'ampia gamma di contaminanti industriali *denominati distruttori endocrini o emulatori ormonali*. Non è sconveniente portare un girino a passeggio perché nascono un paio di spunti di azione, come per esempio i vostri vicini, che certamente vi chiederanno: "Ma cosa state facendo?" E allora dovete presentare il vostro girino e spiegare cosa state facendo, cioè che nella fase di crescita i girini usano gli stessi ormoni mediati T3 che usiamo noi, e poter avere visione della loro



crescita giorno dopo giorno, ci rende consapevoli di quanto inquinamento è presente nell'aria.

E naturalmente questi distruttori endocrini sono strutture molecolari coinvolte nel cancro al seno epidemico, nell'obesità epidemica, nell'abbassamento di due anni e mezzo dell'avvio della pubertà nelle ragazze e altre cose correlate.

Il culmine di ciò, se avete avuto successo nell'allevare il vostro girino, osservando gli eventi comportamentali e di sviluppo, è che potrete portare il vostro girino a fare la conoscenza e potrete discutere i dati che avete raccolto con i vostri vicini.

- Cosa sono gli interferenti endocrini?

Sono sostanze di vario genere, così chiamate perché considerate in grado di interagire in vari modi con il sistema endocrino. Sono presenti nell'ambiente e possono essere di origine naturali o prodotti da attività umane.

Spesso mimano l'azione degli ormoni e interagiscono con i loro recettori. Inducono così nell'organismo reazioni che non sono state attivate dagli ormoni la cui azione è stata mimata. Secondo una classificazione prodotta dall'Unione Europea, gli interferenti endocrini con effetti certi di interferenza col sistema endocrino sono 66, e ve ne sono altri 52 per i quali non esistono prove sufficienti a una classificazione sicura.

Gli interferenti endocrini si trovano nel terreno, nell'acqua, nell'aria e anche nei cibi: la loro vasta diffusione è stata motivo di allarme.

Poiché molti tumori hanno una relazione con i sistemi ormonali, si è ipotizzato che gli interferenti endocrini potessero avere un ruolo in alcuni di essi.

Il rapporto del Comitato nazionale per la bio-sicurezza, le biotecnologie e le scienze della vita (CNBBSV) della Presidenza del Consiglio suggerisce che vi possa essere una possibile interazione tra interferenti endocrini e sistemi ormonali maschili e femminili, ma i dati ottenuti dagli studi negli esseri umani sono ancora insufficienti per pronunciarsi.

- Cosa sono il sistema endocrino e i suoi interferenti?

Il sistema endocrino è un insieme di ghiandole e cellule che producono ormoni e li rilasciano nel sangue. Tramite la circolazione sanguigna gli ormoni raggiungono i tessuti e gli organi in ogni parte del corpo. Il sistema endocrino controlla la crescita, lo sviluppo sessuale, il sonno, la fame e il modo in cui l'organismo utilizza gli alimenti. Ne fanno parte, per esempio, gli organi che rilasciano gli ormoni sessuali che regolano il ciclo femminile, e il pancreas endocrino che produce l'insulina, l'ormone che mantiene nei limiti i livelli di glucosio nel sangue.

In genere gli interferenti endocrini sono classificati in tre categorie, a seconda della loro azione:

- alcuni mimano gli ormoni, dando luogo a una stimolazione in eccesso. Per esempio alcuni possono riprodurre gli effetti degli estrogeni, gli ormoni sessuali femminili, degli androgeni, gli ormoni sessuali maschili, e degli ormoni tiroidei.
- altri si legano a recettori all'interno di una cellula, impedendo il legame con l'ormone endogeno. Esempi in questo senso sono gli anti-estrogeni e gli anti-androgeni.
- altri ancora interferiscono con la produzione o il controllo dell'uso di alcuni ormoni, per esempio alterando il metabolismo del fegato.

- Dove si trovano gli interferenti endocrini?

Gli interferenti endocrini si trovano nel terreno, nell'acqua, nell'aria e anche negli alimenti. Per questa distribuzione ubiquitaria, hanno suscitato allarme e il sospetto che possano avere effetti negativi sulla salute, aumentando il rischio di cancro e di altre malattie.

Segue la lista dei principali interferenti endocrini stilata dall'Unione Europea, con l'indicazione delle fonti in cui si trovano:

- idrocarburi policiclici aromatici: presenti nei gas di scarico, nel fumo di sigaretta ma anche nella carne alla griglia

- e nei prodotti alimentari affumicati;
- benzene: si può formare nei gas di scarico e nelle sigarette, negli incendi boschivi e nei residui agricoli;
  - diossina: nella combustione di rifiuti, soprattutto plastici; i prodotti più esposti al rischio di contaminazione da diossina, che è liposolubile, sono il burro e i pesci grassi, il latte e i suoi derivati;
  - ftalati: nel PVC, nei cartoni per cibo da asporto ma anche negli smalti per unghie, negli adesivi e nelle vernici;
  - perfluorato: in materie plastiche, carta, fibre tessili e pelame, schiume antincendio, cosmetici, casalinghi;
  - bisfenolo A: in giocattoli, bottiglie, attrezzature sportive, dispositivi medici e odontoiatrici, lenti per gli occhiali, supporti ottici, elettrodomestici, caschi di protezione, rivestimento di lattine per alimenti e bevande;
  - octilfenolo e nonifenolo: ne sono state trovate tracce in alcuni tipi di pesce pescato nel Mar Tirreno; è presente nei detersivi, nei prodotti di pulizia eliminati con le acque di scarico, nei cosmetici;
  - policlorobifenili: in prodotti da processi industriali, si trovano principalmente in latte, burro, uova, pesce;
  - alchilfenoli: in shampoo, cosmetici, spermicidi, detersivi, prodotti ortofrutticoli o confezionati in plastiche e pellicole;
  - tributiltina: in pesticidi, conservanti per il legno e i tessuti, sistemi di condizionamento dell'aria;
  - acido perfluorooctanico: in teflon, pentole e padelle anti-aderenti.

Avere dei sospetti sulla base della distribuzione e dei meccanismi d'azione non basta però a capire se il rischio per la salute sia reale. Per questo occorrono osservazioni epidemiologiche negli esseri umani, in grado di dimostrare che le persone esposte agli interferenti endocrini si ammalano più delle altre. Tuttavia studiare gli effetti degli interferenti endocrini dal punto di vista epidemiologico è particolarmente

complicato poiché le sostanze sono molto numerose e varie, e possono interagire tra loro; inoltre ne siamo quasi tutti esposti, quindi è pressoché impossibile studiare per confronto un gruppo di controllo di persone non esposte. Per queste ragioni al momento non esistono né studi, né risultati su cui basare conclusioni attendibili.

Il Comitato nazionale per la biosicurezza, le biotecnologie e le scienze della vita (CNBBSV) della Presidenza del Consiglio (un'istituzione di consulenza scientifica al servizio del governo italiano) ha prodotto recentemente un rapporto che analizza lo stato delle conoscenze in materia e che rappresenta, al momento, il documento italiano più completo sul tema. È bene ricordare che gli interferenti endocrini sono soggetti anche al regolamento CE n.1907/2006 (regolamento REACH) che governa la commercializzazione delle sostanze chimiche in Europa e che valuta i potenziali rischi.

La Commissione europea ha inoltre adottato la Comunicazione n. 350/2016 che contiene i criteri per definire una sostanza come potenziale interferente endocrino. [Fonte AIRC]

- Cosa sono gli ormoni mediati T3?

Sono necessari per lo sviluppo del sistema nervoso centrale nel feto e nelle fasi postnatali

Importanti effetti sui processi di differenziazione cerebrale, in particolare su sinaptogenesi, crescita dei dendriti ed assoni, mielinizzazione e migrazione neuronale (prime settimane di vita).

Sono necessari per lo sviluppo dello scheletro fetale.

Sono indispensabili per la maturazione dei centri epifisari di crescita (disgenesia epifisaria).

Sono indispensabili per il normale accrescimento corporeo nel bambino, e la maturazione dei vari apparati, soprattutto quello scheletrico.

Azione termogenetica.

Effetti sul metabolismo glucidico.

Lipolisi e lipogenesi.

Sintesi proteiche.  
Effetti sul sistema nervoso centrale.  
Effetti sul sistema cardiovascolare.  
[Fonte my-personaltrainer]

Un altro interessante esperimento fatto dalla Prof.ssa Jeremijenko, è stato fatto sui topi che ad oggi sappiamo che hanno per il 98% il nostro stesso DNA. In realtà da poco tempo recentemente un gruppo di 30 scienziati ha presentato al museo delle scienze di Londra, una nuova mappa del Dna umano. La nuova “cartina” chiamata Encode, definita dagli studiosi “l’enciclopedia del genoma umano”, ha rivelato uno scenario sul patrimonio genetico dell’uomo più ricco e complesso di quello che si immaginava fino a un decennio fa. Il team di scienziati spiega che non è il singolo gene, ma la loro rete che rende il genoma umano dinamico.

Se i topi sono “simili” all’uomo ancora meglio lo sono come modelli di salute ambientale, poiché non solo condividono la stessa biologia come mammiferi, ma condividono in molto anche la nostra dieta. Condividono i nostri fattori di stress ambientale i livelli di amianto e i livelli di piombo, e tutto ciò a cui siete esposti. E sono, geograficamente più limitati di noi, perché voi non sapete se siete stati esposti a contaminanti organici persistenti a casa, o al lavoro o da bambini. I topi sono un’ottima rappresentazione.

L’esperimento condotto è il seguente: sono state preparate delle trappole con antidepressivi, zuccheri, vodka, gin, acqua... e loro si sono serviti da soli consumando ognuna di queste sostanze che utilizza anche l’uomo per combattere lo stress, a seconda del tipo di sostanza consumata abbiamo potuto definire il tipo di stress a cui la cavia è stata sottoposta.

Qualunque cosa facciate per migliorare la qualità dell’aria o dell’acqua, ne beneficeranno anche le cose o animali che vivono o condividono il vostro spazio. Molti sono preoccupati per l’acqua e allora abbiamo dato una ricetta per creare degli

spazi verdi di fronte agli idranti che ci sono sulle strade, dove non si può parcheggiare: in quello spazio è stato rimosso l'asfalto e al suo posto è stato creato un piccolo giardino con piante speciali per l'assorbimento di inquinanti.

Perché molto inquinamento è creato dalle acque piovane che scorrono sulle strade e raccolgono tutto il cadmio e le neurotossine espulse dai vostri freni o gli scarti oleosi di idrocarburi, pneumatici ecc. Queste sono piccole possibilità di intercettare i contaminanti prima che le acque scorrono verso i punti di raccolta o viste le piogge ormai tropicali che scendono, che scorrono verso corsi d'acqua o terreni.

Se si crea una zona verde per ogni idrante che c'è in strada, potremmo ridefinire l'emergenza, perché l'aiuola sta filtrando inquinanti e sta anche aumentando il fissaggio di CO<sub>2</sub>, intercettando alcuni degli inquinanti trasmessi per via aerea. In questo modo si intercettano tutti gli inquinanti creati sulla strada che oggi scorrono verso il sistema dell'estuario: piccole azioni per migliorare la salute ambientale locale, fatta sempre da volontari.

La crisi ambientale che oggi ancora dobbiamo affrontare è dentro di noi, perché oggi non sappiamo cosa fare. Sappiamo che c'è un'emergenza, ma siamo in un certo senso bloccati, perché aspettiamo che sia qualcuno a dirci cosa dobbiamo fare.

La guerra ha mosso le coscienze di molte persone che si sono mobilitate per costruire rifugi antiatomici che sono oggi ancora presenti, e per l'ambiente che cosa stiamo facendo?

Come possiamo pensare di costruire rifugi antiatomici per la crisi climatica?

Sono stati fatti degli esperimenti creando dei canali di aria lungo le superfici dei grattacieli che raccolgono l'aria inquinata dal basso e la fanno salire naturalmente dove alla sommità è presente un filtro per recuperare il 95% del nerofumo presente nell'aria, prodotto dalla cattiva combustione.

In questo modo si recuperano sostanze inquinanti che possono essere usate per fabbricare matite e si pulisce l'aria delle città utilizzando i grattacieli.

La denuncia della Prof. Natalie Jeremijenko è che ci manca l'immaginazione per trovare soluzioni al problema dell'inquinamento delle nostre città e del nostro pianeta.

Io mi auguro che la lettura di questo libro, possa far nascere in te, lettore sensibile ai cambiamenti climatici e alla qualità dell'aria indoor, di compiere qualche azione per migliorare questo pianeta, l'ambiente in cui vivi e la tua qualità della vita e delle persone che ami.

## CAPITOLO X

### LA MISURA DEGLI INQUINANTI INDOOR

L'esposizione prolungata a fonti inquinanti ha un impatto sulla salute e aumenta considerevolmente i rischi e i sintomi di malattie respiratorie, cardiovascolari, neurodegenerative e oncologiche.

Il tema della salubrità ambientale può essere affrontato rispetto alla qualità degli edifici o alla salute delle persone.

Nel primo caso l'edilizia sostenibile e certificata risolve questioni importanti, legate alle emissioni di inquinanti da parte dei materiali da costruzione. Una parte dell'inquinamento indoor, però, dipende dalle attività che si svolgono durante la vita dell'edificio, pertanto gli sforzi profusi in fase di progettazione e realizzazione dell'immobile possono essere vanificati nel tempo.

Nelle scuole, il tema è affrontato sempre più consapevolmente, sia per la vulnerabilità dei bambini e ragazzi che vi trascorrono tante ore quotidianamente, sia per gli effetti che una scarsa qualità ambientale ha sull'apprendimento.

Nei luoghi di cura e nelle residenze per anziani, la qualità ambientale indoor è di fondamentale importanza, poiché l'inquinamento indoor aumenta del 20% i sintomi delle malattie respiratorie e cardiovascolari croniche, ricorrenti nelle persone anziane.

La particolare attenzione per la presenza di sostanze tossiche nei luoghi di lavoro, invece, è dovuta sia alla necessità delle aziende di garantire la salute e sicurezza dei dipendenti nei luoghi di lavoro, sia per non compromettere la produttività dei dipendenti. Ci sono molte azioni istituzionali che promuovono la sensibilizzazione dei datori di lavoro su questi temi, in sinergia con le profonde trasformazioni che si osservano negli spazi di lavoro, per le iniziative di smart working,



responsabilità sociale e welfare.

Il benessere, inoltre, è sempre più una leva di marketing, in tutte quelle aziende che propongono ai clienti un'esperienza (hotel, centri commerciali, entertainment, centri sportivi, ristorazione, ecc.).

Per questo, si stanno realizzando sistemi innovativi per la misura in continuo degli inquinanti, i cui dati sono fondamentali per le scelte all'interno degli edifici, e per monitorare la salute di chi li occupa.

Le soluzioni di monitoraggio continuo hanno evidenti benefici economici, poiché consentono di abbattere sia i costi di raccolta di dati molto dettagliati e tempestivi, sia i costi di gestione di informazioni che sono utili per diversi stake holder (HSE, Facility Management, Service&Maintenance, Marketing,...).

Le soluzioni per il monitoraggio continuo possono essere validate in tempo reale: il corretto funzionamento dei sensori può essere continuamente controllato, e possono essere facilmente programmate delle manutenzioni predittive.

I dispositivi di monitoraggio collegati e sempre in rete possono essere gestiti da remoto e i dati sono visualizzati a distanza.

Adottando il monitoraggio continuo, i dati rilevati possono essere automaticamente raccolti e archiviati, oltre che esportati e integrati in applicazioni di terze parti. I dati di qualità ambientale concorrono a formare diversi KPI aziendali.

Gli edifici che presentano alte concentrazioni di inquinanti, ma sono occupati solo in alcune ore della giornata, devono essere monitorati durante i periodi di occupazione. I sistemi di monitoraggio continuo consentono di determinare l'effettiva esposizione degli occupanti, durante l'arco della giornata.

La disponibilità di informazioni regolarmente e costantemente aggiornate rassicura indipendenti, migliorando il rapporto di fiducia con il management, nei luoghi di lavoro.

Appurato lo stato degli ambienti monitorati, si acquisisce maggiore consapevolezza e si dispone di informazioni dettagliate e continue, per implementare miglioramenti comportamentali, migliore utilizzo e manutenzione degli impianti, eventuali azioni di risanamento.

Il 70% delle problematiche possibili si affronta migliorando la ventilazione degli ambienti. In questo senso i dati generati dalle misure sono preziosi nell'ambito di building management, automazione, facility optimisation o processi di attuazione.

Negli altri casi possono essere d'aiuto materiali 'intelligenti' (tessuti, pitture, rivestimenti attivi che neutralizzano inquinanti) o semplici installazioni di tecnologie di purificazione. Raramente sono necessari interventi edili, per questo è possibile ottimizzare la qualità ambientale, garantendo la sostenibilità dell'edificio e la salubrità ambientale, durante il suo intero ciclo di vita.

Per questo motivo è nata una Start-Up che si chiama Nuvap, che con il suo ProSystem si compone della piattaforma multi-tenant My Nuvap e di una gamma di dispositivi multi-sensori per il monitoraggio continuo, estremamente compatti, dal design essenziale e di semplice attivazione e gestione.

I dispositivi sono connessi al WiFi aziendale e richiedono una semplice procedura di discovery e registrazione sulla piattaforma cloud My.Nuvap.

Effettuata la connessione, non è richiesta alcuna ulteriore configurazione. Ogni dispositivo ha una copertura di circa 80 mq. La batteria di back up ha una autonomia di 3 ore e la memoria interna può conservare fino a 60 giorni di rilevazioni.

Tutti i parametri ambientali sono accessibili in tempo reale, via web e via app. I dati di Nuvap sono continuamente validati e integrabili in piattaforme e applicazioni di terze parti, tramite API.

È garantita la manutenzione e la ricalibrazione dei sensori

integrati nei dispositivi e fornisce il certificato di calibrazione dei dispositivi. Gli algoritmi Nuvap si basano su tecniche avanzate di machine-learning e garantiscono un'alta qualità dei dati e un funzionamento automatico e affidabile dei dispositivi.

Il dispositivo misura in continuo 26 parametri, che sono:

1. Campi elettromagnetici ad Alta frequenza
2. Campi elettromagnetici a Bassa frequenza
3. Radiazioni Ionizzanti
4. WI-FI
5. Rumore
6. Polvere
7. Idrogeno  $H_2$
8. Acido Solfidrico
9. Ammoniaca  $NH_3$
10. Etanolo  $C_2H_6O$
11. Toluene  $CH_3$
12. Alcool
13. Metano  $CH_4$
14. Umidità
15. Temperatura
16. Durezza dell'acqua
17. Alcalinità dell'acqua
18. Ph dell'acqua
19. Cloro dell'acqua
20. Nitriti dell'acqua
21. Nitrati dell'acqua
22. Gas Radon
23. CO
24.  $CO_2$
25. VOC
26. Formaldeide

## CAPITOLO XI

### NE HO PIENI I POLMONI: LA SITUAZIONE NELLE SCUOLE

Negli ultimi anni, il tema della qualità degli ambienti chiusi ha coinvolto l'intera comunità europea e non solo: una delle più importanti indagini sulle condizioni ambientali delle scuole, elaborata nel 2014 dall'OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità), ha evidenziato come nella maggior parte dei paesi europei esistano politiche specificatamente volte a migliorare la qualità dell'aria indoor nelle scuole e negli asili.

Gli stati membri, inoltre, hanno una varietà di linee guida o norme in materia di ventilazione e temperatura applicabili alle aule. In Italia la situazione è sconcertante, infatti moltissime scuole italiane presentano condizioni ambientali insalubri per gli studenti, la cui salute è minacciata dalla presenza di monossido di carbonio, CO<sub>2</sub>, formaldeide, radon, campi elettromagnetici e radiazioni ionizzanti, nonché agenti e composti organici volatili.

La prolungata esposizione a queste sostanze può aggravare l'incidenza di malattie respiratorie e allergie, contribuendo così a ridurre il benessere e il rendimento degli alunni.

Secondo il più recente studio SIDRA, l'incidenza dell'asma infantile negli ultimi anni è rimasta stabile, mentre sono in aumento la rinite allergica e l'eczema. Malattie allergiche e respiratorie rappresentano dunque alcuni dei maggiori problemi di sanità pubblica, sono causa di forti disagi per le famiglie e assorbono molte risorse sanitarie legate all'uso dei farmaci, alle visite mediche e ai ricoveri ospedalieri.

Nell'ambito del Progetto "Ne ho pieni i polmoni" istituito da Rotarians4Health, Nuvap ha sostenuto l'associazione monitorando la qualità dell'aria degli Istituti scolastici di Milano attraverso la propria tecnologia ProSystem, con l'obiettivo di

ridurre ed eliminare le fonti inquinanti presenti.

R4H è un'organizzazione senza fini di lucro con finalità esclusivamente di solidarietà sociale, dedicata alla prevenzione sanitaria nonché alla promozione dell'educazione alimentare e del benessere.

L'istituto Mattei ha aderito al progetto "Ne ho pieni i polmoni" proposto dall'associazione rotariana R4H - Rotarians 4 Health, destinato alle scuole di ogni ordine e grado del territorio. Come rilevato dagli studi condotti dalla Commissione Europea e dall'Istituto Superiore di Sanità, moltissime scuole italiane presentano condizioni ambientali insalubri per gli studenti, la cui salute è minacciata da inquinanti come monossido di carbonio, CO<sub>2</sub>, formaldeide, radon, nonché agenti biologici e composti organici volatili. La prolungata esposizione a queste sostanze può aggravare l'incidenza di malattie respiratorie e allergie, contribuendo così a ridurre il benessere psico-fisico e il rendimento scolastico degli alunni.

Scopo dell'iniziativa è sostenere gli istituti scolastici del territorio (di qualsiasi ordine e grado) nella valutazione della salubrità dei loro ambienti e nell'individuazione delle misure risolutive eventualmente necessarie.

Ogni scuola fino ad ora coinvolta ha ricevuto un dispositivo progettato per il monitoraggio di 26 parametri diversi (di cui 20 chimico-fisici e 6 per la valutazione della qualità dell'acqua) posizionato negli ambienti scolastici per tre settimane. Trascorso questo periodo, il dispositivo è stato ritirato ed è stato elaborato il report, riportante tutti i dati raccolti durante il monitoraggio, consegnato poi al dirigente scolastico o al referente del progetto.

Il report che ne viene fuori, riporta le rilevazioni effettuate per singolo parametro, con i relativi grafici, le descrizioni degli inquinanti e i suggerimenti comportamentali per migliorare la qualità e salubrità dell'ambiente monitorato.

Poiché la presenza di inquinanti, per sua stesa natura, varia nel tempo, è suggerita una rivalutazione periodica degli ambienti, magari trimestralmente con il cambio delle stagioni.

## CAPITOLO XII

### RADON: IL GAS CHE UCCIDE

La gente spende più del 90% del suo tempo in ambienti chiusi. Vivere in ambienti salubri è fondamentale, per questo è cruciale comprendere i rischi sulla salute ai quali siamo esposti, nonché le azioni predittive e correttive attuabili. Diversi studi istituzionali hanno dimostrato che un'esposizione agli inquinanti produce effetti nocivi sulla salute, incrementando considerevolmente il rischio e l'aggravio di malattie respiratorie, cardiovascolari, neuro degenerative, nonché cancro.

Diverse iniziative istituzionali sono state implementate nelle scuole e molti programmi sono stati promossi per migliorare la qualità degli ambienti di lavoro, soprattutto tenendo conto dell'impatto sulle funzioni cognitive.

In questo capitolo è incentrato sul gas radon, la maggiore sorgente di radiazioni ionizzanti.

È fondamentale stimare i livelli di radon negli ambienti in cui le persone trascorrono molto tempo, perché il rischio di contrarre il cancro ai polmoni è correlato ad una esposizione prolungata ad alti livelli di emissione.

Stimare una media di lungo periodo è complicato, perché i livelli di radon possono fluttuare giornalmente in presenza di diversi fattori. A dimostrazione della variabilità delle concentrazioni, ad esempio, è stato osservato che in alcuni edifici gli elevati livelli di radon dipendevano dalla direzione in cui soffiava il vento.

**Definizione:** Il Radon è un gas radioattivo presente in natura. Proviene dalla naturale composizione (radioattiva) dell'uranio nel sottosuolo, nelle rocce e nell'acqua, per poi concentrarsi nell'aria.

**Sorgenti:** Può penetrare in qualsiasi edificio (case, uffici, scuole) ubicato in prossimità di una sorgente di radon. Inoltre, ogni materiale da costruzione estratto dal sottosuolo può contenere una diversa concentrazione di elementi radioattivi di origine naturale, che possono emettere radiazioni o produrre gas radon.

**Rischi:** A livello globale, il radon è la seconda causa di insorgenza di cancro ai polmoni. Il gas radon si scinde in particelle radioattive che possono rimanere intrappolate nei polmoni. Nelle successive trasformazioni le stesse particelle rilasciano cariche elettriche che possono danneggiare i tessuti polmonari, nonché comportare l'insorgenza di cancro ai polmoni nel lungo periodo.

**Unità di misura:** La radioattività di un radionuclide, per esempio il radon, è riportata in Becquerel, Bq. 1 becquerel (1 Bq) = 1 disintegrazione dell'atomo al secondo

Le concentrazioni di radon nell'aria sono misurate come la quantità di radioattività (Bq) in un metro cubo d'aria (Bq / m<sup>3</sup>). Il livello medio di radon all'esterno è di 5 Bq / m<sup>3</sup> e nelle case del Regno Unito, per esempio, è di 20 Bq / m<sup>3</sup> di aria. (Fonte: WHO, Radon and Health)

Molti Paesi hanno programmi dedicati, sia per ridurre l'impatto del radon sulla salute, che per incrementare la consapevolezza sociale e politica sugli effetti nocivi causati da un'esposizione prolungata alle emissioni da gas radon.

Rilevare e monitorare i livelli di radon nei nuovi edifici e in quelli già esistenti è fondamentale per avviare azioni preventive nel primo caso, e correttive o di bonifica nel secondo.

I livelli di esposizione al radon negli edifici (scuole, edifici commerciali, strutture residenziali) possono differire sulla base di diversi fattori come la struttura dell'edificio, la presenza di sistemi di ventilazione, riscaldamento e aria condizionata (HVAC).

Le misure del radon sono relativamente semplici da effettuare, ma essenziali per valutarne la concentrazione.

#### Tecniche di misura del Radon

I metodi di misura possono essere di tipo PASSIVO e ATTIVO. Vediamoli insieme.

Gli strumenti passivi sono rilevatori monouso, da posizionare in un locale per un certo periodo di tempo, al termine del quale devono essere inviati in laboratori specializzati per l'analisi. Fondamentalmente, i dosimetri passivi sono materiali di piccole dimensioni in grado di assorbire il Radon, il cui campionamento si ottiene dalla naturale diffusione di tale gas nell'ambiente.

L'analisi del dosimetro fornisce la concentrazione media di Radon presente nell'ambiente analizzato, tenendo conto del tempo di esposizione. I risultati sono solitamente restituiti dopo mesi. Esistono diverse tipologie di dosimetri passivi ed ognuno di essi non necessita di energia elettrica. Queste misure non catturano le variazioni del radon nel tempo.

Gli strumenti attivi sono dispositivi in grado di contare le particelle alfa prodotte dalla decomposizione del radon. L'analisi viene eseguita su campioni di Radon ottenuti introducendo in maniera forzata un volume d'aria in una piccola camera di diffusione. I dispositivi attivi forniscono un facile accesso ai dati. I dosimetri attivi devono essere alimentati da corrente elettrica e la loro vita utile varia da dispositivo a dispositivo.

I dispositivi per il Monitoraggio Continuo del Radon fanno parte dei dispositivi attivi e possono usare diversi tipi di sensore, garantendo un accesso continuo a dati integrati e informazioni puntuali.

Il risultato del monitoraggio continuo è un'accurata analisi dell'esposizione.



Le campagne di monitoraggio per determinare la concentrazione di radon negli ambienti indoor sono condotte da circa 30 anni. Sino ad oggi, non è stato definito ed approvato un protocollo univoco per la determinazione dei livelli medi di radon calcolati durante l'anno (AAIR - Annual Average Indoor Radon) con un intervallo di confidenza noto, basato su misure che si riferiscono a differenti archi temporali. Ovviamente, all'aumentare del periodo misurato, l'incertezza della stima della concentrazione di radon si riduce.

La mancanza di informazioni in merito all'intervallo di confidenza di determinati livelli di AAIR non permette un confronto equo con il livello di riferimento del radon.

Questo inficia e complica lo sviluppo di una strategia e di un univoco protocollo per la misurazione del radon negli ambienti indoor.

Introducendo un nuovo parametro - il coefficiente di variazione temporale del radon  $KV_{(t)}$  - sarebbe possibile applicare un principio generale per la regolamentazione del radon, basato su un semplice criterio in uso in metrologia.

*Fonte: Indoor radon regulation using tabulated values of temporal radon variation (AndreyTsapalov, Konstantin Kooler,), Journal of Environmental Radioactivity, Volume 183, 2018, Pages 59-72,ISSN 0265-931X,(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0265931X17308287>)*

A seguito di uno studio condotto in edifici storici, monitorando i livelli di radiazione con strumenti di misura attivi e passivi, è stato possibile comparare le due tipologie di misurazione per la valutazione della concentrazione dei livelli di Radon. La comparazione ha mostrato che i sistemi di monitoraggio attivi consentono la rilevazione di variazioni puntuali della concentrazione di Radon, comprendendo se dipendono dal comportamento degli occupanti, dai cambiamenti climatici o da altre fonti. Questa tipologia di analisi non può essere effettuata con sistemi di monitoraggio passivi.

Lo stesso studio ha evidenziato inoltre che, per gli edifici storici come anche quelli pubblici, eseguire un monitoraggio

passivo e di lungo periodo del gas radon non è sufficiente, perché potrebbe incidervi il comportamento degli occupanti nonché un eventuale errore materiale inerente la dichiarazione dei risultati della misurazione.

Il monitoraggio attivo, consente il rilevamento di tali fonti di errore.

Fonte: Passive and active methods for Radon pollution measurements in historical heritage buildings (V. Nastro, D.L. Carni, A. Vitale, F. Lamonaca, M. Vasile), Measurement, Volume 114, 2018, Pages 526-533, ISSN 0263-2241, (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263224116305024>)

Il grande vantaggio del monitoraggio continuo, come Nuvap, è che i vari dispositivi di monitoraggio collegati, e sempre in rete, possono essere gestiti a distanza e i dati sono visualizzati a distanza. Adottando il monitoraggio continuo, i dati rilevati possono essere automaticamente raccolti e archiviati. Alcune soluzioni consentono l'esportazione dei dati e la loro integrazione in applicazioni di terze parti.

Gli edifici che presentano alte concentrazioni di radon, ma sono occupati solo in alcune ore della giornata, devono essere monitorati durante i periodi di occupazione. I sistemi di monitoraggio continuo consentono di determinare l'effettiva esposizione degli occupanti, durante l'arco della giornata. Quando sono rilevati elevati livelli di Radon, le misurazioni attive risultano utili per identificare la sorgente del problema.

Infine, alcuni dispositivi per il monitoraggio continuo del radon possono essere dotati di altri sensori, che permettono di rilevare diverse sostanze contemporaneamente e comprendere la correlazione tra i differenti fattori ambientali.

La durata della misura incide sull'incertezza del dato rilevato. Più è lunga la rilevazione e minore è l'incertezza del dato rilevato. I sistemi attivi devono essere calibrati e mantenuti, ed ambedue i processi devono essere adeguatamente

documentati.

Le soluzioni per il monitoraggio continuo possono essere validate in tempo reale: il corretto funzionamento dei sensori può essere continuamente controllato, e possono essere facilmente programmate delle manutenzioni predittive.

Le soluzioni attive per il monitoraggio continuo consentono di minimizzare gli errori casuali ed eliminano quelli umani, in fatto di misure.

La qualità dei dati dipende sia dalla sensibilità e accuratezza dei sensori, che dal metodo di calcolo dei valori esposti e delle soglie di riferimento. Quest'ultime sono informazioni che il fornitore del sistema è tenuto a dichiarare. I sensori devono essere certificati.

## CAPITOLO XIII

### ESPOSIZIONE A TONER: DANNI E INDICAZIONI DI PREVENZIONE

#### **Inquadramento normativo**

I toner sono particolari formulazioni per l'utilizzo nella stampa e nella copiatura di testi o grafica; la loro formulazione può differenziarsi a seconda del tipo di tecnologia di stampa impiegata. Negli ultimi anni diverse sono le preoccupazioni al riguardo degli effetti sulla salute determinati dall'esposizione a sostanze emesse dai toner nelle attività di stampa più o meno professionale, e ancora non vi è sufficiente chiarezza nel merito.

Il prodotto toner, di per sé, è inquadrabile come "articolo" in quanto la sua funzione può essere svolta solo grazie allo specifico design della cartuccia in cui è contenuto e con cui viene commercializzato.

Questa considerazione è importante in quanto determina l'obbligatorietà o meno di precise fonti informative da parte dei produttori di toner.

Un articolo, infatti non è soggetto alla normativa sulla classificazione ed etichettatura dei prodotti chimici pericolosi, proprio perché non viene ritenuto un prodotto chimico: si tratta di un contenitore pronto all'uso che ospita una miscela chimica, non destinata, salvo eventi straordinari, ad entrare in diretto contatto con l'utilizzatore, e non è soggetto nemmeno alla normativa sull'obbligo di fornitura di schede di sicurezza applicabile a sostanze e miscele pericolose.

[FONTE di Giuseppina Paolantonio per WoltersKluwer Italia]

Di conseguenza, la messa a punto e la distribuzione di una scheda di sicurezza (SDS) inerente ad un toner è una scelta volontaria del produttore, e negli ultimi anni la circolazione

di questo tipo di informazioni è sicuramente aumentata. Va però specificato che nel momento in cui viene compiuta questa scelta, la SDS dovrebbe attenersi al formato ed alle informazioni minime specificate dall'allegato II del regolamento REACH, mentre spesso si può constatare come le SDS dei toner siano incomplete e in ultima analisi inappropriate a valutare i rischi di questi prodotti nell'utilizzo professionale.

Vi sono invece altre previsioni normative che si applicano agli articoli: secondo il regolamento REACH, quando un articolo contenga sostanze chimiche destinate volontariamente al rilascio (come nel caso dei toner) per un quantitativo complessivo per fabbricante o importatore superiore a 1t/anno, queste dovranno essere registrate secondo la procedura di cui all'art. 7 del REACH: ciò sostanzialmente significa che le sostanze devono essere caratterizzate nelle loro proprietà chimico-fisiche, tossicologiche ed ecotossicologiche e rispetto ai rischi che possono presentare lungo tutto il ciclo di vita dell'articolo in cui sono contenute, in modo che le autorità possano se fosse il caso intervenire a maggior controllo dei rischi verso l'uomo e l'ambiente. Tuttavia l'informazione che scaturisce da questo percorso non è destinata a circolare lungo la catena di approvvigionamento; può essere reperita tramite il sito di ECHA<sup>2</sup>, ma purtroppo rappresenta un'informazione di non semplice lettura ed interpretazione.

---

<sup>2</sup> L'Agenzia europea delle sostanze chimiche (European Chemicals Agency, ECHA) è un'agenzia dell'Unione europea con sede a Helsinki. Fra le autorità di regolamentazione, è quella che si occupa del settore delle sostanze chimiche, in particolare di tutti quegli aspetti collegati alla legislazione dell'Unione sulle sostanze chimiche, quali la tutela della salute umana e dell'ambiente e la promozione dell'innovazione e della competitività. L'ECHA assiste le società affinché si conformino alla legislazione, promuove l'uso sicuro delle sostanze chimiche, fornisce informazioni sulle sostanze chimiche e si occupa delle sostanze preoccupanti. [Fonte Wikipedia].

## Effetti acclarati e presunti verso la salute

I toner sono costituiti da particelle molto piccole (da 2 a 10  $\mu\text{m}$ ) di polimeri termoplastici (tipicamente copolimeri stirenici) che si fissano sulla carta per fusione operata a temperature superiori ai 150° C; come pigmenti coloranti, nei toner neri si utilizza il nerofumo (carbon black o nerofumo) o l'ossido di ferro, negli altri toner vari pigmenti organici. Oltre ai componenti principali, i toner comprendono diversi coadiuvanti come poliolefine o cere, cariche come il diossido di silicio amorfo, agenti regolatori delle proprietà elettrostatiche (es. nigrosina, sali di ammonio quaternario), conservanti, e piccole quantità di sali metallici.

Tra i vari pigmenti in uso il nerofumo o carbon black o Pigmentblack 7 (CAS 1333-86-4) desta le maggiori preoccupazioni. Si tratta di carbonio nella sua forma amorfa - ovvero non organizzata in forma cristallina come la grafite - ottenuto dalla combustione incompleta dei derivati pesanti del petrolio; il processo di produzione può essere differente ma conduce in genere a un prodotto con più del 95% di carbonio e quantità minime di eteroatomi (ossigeno, azoto, zolfo, ...), ed un contenuto di impurezze quali idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e metalli dichiarato quasi assente. Il prodotto non risulta infatti classificato come pericoloso in base ai criteri del CLP, anche se è stato incluso nel piano CORAP di valutazione approfondita delle sostanze ai sensi del REACH per l'eventuale definizione di provvedimenti in quanto sospettato di cancerogenesi e retrotossicità: la valutazione, condotta dalla Francia e conclusasi nel 2016, ha suggerito una revisione della classificazione per l'endpoint cancerogenesi. In effetti, numerosi studi di tossicologia sperimentale hanno mostrato un nesso causale tra l'inalazione di elevati quantitativi di polveri di carbon black e l'insorgenza di tumore polmonare a causa di ripetute infiammazioni dei tessuti ove il particolato si viene a depositare; la IARC nel 1995 e successivamente nel 2010 ha classificato il pigmento nel gruppo 2B (possibile

cancerogeno per l'uomo) in base alle evidenze sperimentali sugli animali, mentre i risultati degli studi epidemiologici condotti depongono ad oggi per una insufficiente evidenza.

Il rischio verso la salute presentato dal nerofumo è essenzialmente legato alle sue caratteristiche chimico-fisiche - per questo non può essere classificato secondo i criteri del CLP che si basano, invece, sulle proprietà tossicologiche (ciò non esonera il datore di lavoro da una corretta VdR in base alle informazioni rese disponibili da organismi scientifici di conosciuta affidabilità).

A livello acuto, l'inalazione di particolato tossicologicamente inerte genera irritazione e flogosi delle prime vie respiratorie; inalazioni ripetute o prolungate possono condurre a reazioni infiammatorie croniche delle vie aeree, anche a causa di un'alterazione dei normali meccanismi posti a difesa delle stesse dall'ingresso di materiali estranei. La semplice azione fisica di irritazione meccanica che le polveri esercitano ripetutamente all'interno dell'albero respiratorio, nonché il loro deposito nelle vie respiratorie, è da molto tempo oggetto di preoccupazione in quanto può condurre a trasformazioni dei tessuti in senso restrittivo (es. asma bronchiale) o ostruttivo (es. bronchite cronica ostruttiva, enfisema polmonare). La continua irritazione ed infiammazione dei tessuti può inoltre originare nel tempo una modifica nei meccanismi di regolazione delle cellule coinvolte, che può condurre a neoplasie in situ. La frazione respirabile del particolato è in grado di raggiungere agevolmente gli alveoli ed è quindi quella maggiormente imputata di generare disturbi cronici degenerativi, quali bronchite cronica e broncopneumopatia cronico-ostruttiva, asma bronchiale, enfisema polmonare, alterazioni fibrotiche del parenchima polmonare; si pensa inoltre che abbia un ruolo determinante come causare o concausa della comparsa di tumori polmonari.

A questi meccanismi puramente fisici si può aggiungere l'azione chimica (tossicologica) esercitata dagli altri componenti del toner; la stessa struttura e composizione delle polveri

può originare fenomeni di adsorbimento sulla superficie delle particelle, che diventano così veicolo per la penetrazione di molteplici sostanze chimiche nelle vie aeree profonde: ciò rappresenta indubbiamente un elemento di rischio, tuttavia è estremamente difficile caratterizzarne nello specifico i rischi prettamente tossicologici, vale a dire causati dall'interazione chimico-fisica dei diversi componenti con i tessuti attraversati. È però certamente vero che la purezza del prodotto ottenuto, che può variare a seconda del prodotto di partenza e del processo utilizzato, è determinante nel concorrere alla genesi di altre tipologie di danno. In letteratura ad esempio si riscontrano tumori uroteliali e leucemie, vale a dire tumori lontani dal sito di ingresso e mediati da meccanismi tossicologici di metabolizzazione, non caratteristici del nerofumo puro ma potenzialmente correlati ad altri componenti del toner: ad esempio i polimeri stirenici possono emettere nell'uso e a causa del riscaldamento piccole quantità di stirene, agente di rischio per leucemia e linfomi; altri pigmenti organici contenenti gruppi amminoaromatici possono essere correlati alla comparsa di tumori uroteliali, mentre i pigmenti contenenti sali metallici possono contribuire alla comparsa di diversi effetti dannosi sia in loco, sia a livello sistemico. Occorre dunque considerare l'effettiva composizione del nerofumo e del toner in toto, ma come detto su questo punto non vi è ad oggi sufficiente chiarezza.

### **Rischio professionale e misure di gestione**

È chiaro che il rischio verso la salute riguarderà essenzialmente gli addetti alla produzione del composto nerofumo e del prodotto toner, ma in questo caso dovrebbe trattarsi di attività produttive ben strutturate e provviste di determinati standard tecnico-impiantistici; mentre a valle sono interessate dal rischio quelle attività di lavoro che possono comporta-



re un contatto intensivo con le polveri. In questo ambito il rischio espositivo appare pertinente specialmente per i manutentori delle apparecchiature di stampa e fotocopia, come anche acclarato da alcune sentenze di giurisprudenza che hanno riconosciuto il nesso causale tra l'attività di manutenzione di stampanti e fotocopiatrici e lo sviluppo di tumori.

In questo ambito l'intervento viene in genere svolto presso il cliente ed è molto difficile che possano essere adottati efficaci interventi di protezione collettiva, ad eccezione della messa a punto di opportune procedure di lavoro, che limitino la necessità di contatto con le polveri di toner, e della possibilità di un'aspirazione preliminare sulle parti raggiungibili dell'apparecchiatura da sottoporre all'intervento; è poi necessario che durante le attività manutentive che possono esporre al particolato l'operatore indossi guanti lunghi ma sottili in nitrile o vinile - la composizione complessa del toner lo rende infatti in grado di permeare attraverso la cute esposta e veicolare alcuni dei composti chimici costituenti - e un facciale filtrante per particolato solido indicativamente di classe 2. Fondamentali sono inoltre le misure igieniche e specialmente la garanzia che l'operatore possa lavarsi le mani e la faccia al termine dell'attività.

Per quanto concerne il rischio per gli addetti alle attività di stampa o copiatura che non siano coinvolti nella manutenzione, stante la possibilità di eventi accidentali (rottura di cartucce difettose) con conseguente esposizione, nel cambiare le cartucce di toner in polvere è opportuno utilizzare dei guanti monouso e provvedere alla raccolta del materiale fuoriuscito tramite aspiratore.

## **Sostanze tossiche: pericoli per la salute e per la sicurezza**

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare - Sezione Milano  
Bicocca

Ci sono due aspetti da considerare quando parliamo di Stam-

panti laser, fotocopiatrici e toner:

1. Le sostanze tossiche contenute nel toner tal quale;
2. Le sostanze tossiche emesse dalle attrezzature che utilizzano il toner;

Ingredienti tossici di un Toner:

Il toner è composto da particelle di carbone, ossidi metallici (ferro e rame principalmente ma anche, titanio, cobalto, nichel, cromo, zinco, stronzio, zirconio, cadmio, stagno, tellurio, tungsteno, tantalio e piombo, tutti presenti nell'ordine delle parti per milione), sostanze polimeriche e altri eventuali additivi (cera, silice, etc..).

Viene usato nelle stampanti, nelle fotocopiatrici e nei fax: un tamburo lo deposita inizialmente sui fogli da stampare e successivamente, passando attraverso un riscaldatore, il toner viene fuso imprimendosi sulla carta e creando il testo e le immagini stampate.

La composizione del polimero varia da un produttore all'altro, ma solitamente è un copolimero stirene acrilato oppure, nelle stampanti ad alto rendimento, una resina poliesteri.

Un grosso problema è rappresentato dall'inadeguatezza delle Schede Tecniche di Sicurezza che accompagnano il Toner: spesso sono lacunose nell'indicare le quantità, anche orientative, degli additivi presenti nel toner e spesso non forniscono alcuna informazioni sui rischi potenziali del suo utilizzo, né tanto meno suggeriscono le più elementari azioni di cautela (ad esempio tenere areato l'ambiente dove opera la fotocopiatrice/stampante o utilizzare purificatori d'aria).

Talvolta le schede tecniche non vengono proprio fornite assieme al toner: ad esempio in quelle rigenerate ed in quelle non-originali, sulle quali quindi il consumatore non riceve alcuna informazione.

Molte delle sostanze presenti nei toner non sono state valutate sotto il profilo di una loro potenziale tossicità (né dagli organismi internazionali né dalle autorità istituzionali), seb-

bene sia altamente probabile (considerando il tipo di sostanza e le concentrazioni in cui si presenta) una loro tossicità.

Vediamo in dettagli alcuni delle più pericolose sostanze presenti nei toner:

- Nerofumo (chiamato anche Nero di carbone o Carbon-black)

È il pigmento che dà la colorazione ai toner neri: tutti i toner neri contengono il nerofumo, in genere in combinazione con l'ossido di ferro. Nei toner di altri colori vengono usati pigmenti organici sintetici per la colorazione.

Il nerofumo è un cancerogeno accertato: è definito tale dal principale organismo competente in materia (lo IARC), praticamente da sempre (come lo è il carbone).

Questa sostanza tende ad essere usata nelle sue applicazioni (toner, gomma, etc) in particelle di dimensioni sempre più piccole, che permettono ovviamente dettagli di stampa più precisi, ma ne aumentano enormemente il pericolo per la salute: vengono inalate molto più facilmente, ma essendo molto piccole, e non idrosolubili, non vengono espulse dal nostro organismo.

- Metalli pesanti

Sono svariati i metalli pesanti presenti nei toner. I più pericolosi per natura o quantità in cui sono presenti sono il Monossido di Nichel ed il Cromo Esavalente.

Il Nichel monossido (CAS Number 1313-99-1) è cancerogeno (categoria 1 dello IARC) ed è ingannevole indicarlo come "ferrite powder" sulle schede tecniche poiché il termine "ferrite" fa pensare ad un composto del ferro (innocuo) e non ad uno del nichel (tossico).

Altra presenza inquietante è quella del Cromo e dei suoi composti. Non è un mistero che piccole quantità di Cromo (trivalente ed esavalente, il secondo tipo è molto più tossico)

siano spesso contenute nei toner: è ad esempio indicato dalla sezione del sito del National Library of Medicine dedicato alle sostanze tossiche ([link](#)) e quello dell'EPA, Agenzia Statunitense per la Protezione dell'Ambiente, ([link](#)). Quello che sarebbe rassicurante sapere è: "quanto?".

Inoltre è possibile trovare il Biossido di titanio oppure Titaniumdioxide CAS 013463-67-7 lo troviamo nel gruppo 2B sospetti cancerogeni per l'uomo, sulla base di evidenza limitata nell'uomo e evidenza non del tutto sufficiente negli animali da esperimento oppure di evidenza sufficiente negli animali ed evidenza inadeguata nell'uomo.

#### - Sostanze termoplastiche

Nei toner specialmente quelli dell'HP, si trovano sempre utilizzati sostanze termoplastiche come lo Stirene. Esistono di tanti tipi di toner, ognuno con una formula chimica propria e ben differente da altre specie di toner.

Lo Stirene è estremamente aggressivo ed è associato ad alcune patologie occupazionali dall'INAIL (D.M. 27-4-2004 Elenco delle malattie per le quali è obbligatoria la denuncia, ai sensi e per gli effetti dell'art. 139 del testo unico, approvato con D.P.R. 30 giugno 1965, n. 1124, e successive modificazioni e integrazioni. (Pubblicato nella Gazz. Uff. 10 giugno 2004, n. 134).

#### - Silice

Nei toner dell'HP ed Olivetti, ma anche tanti altri, vengono usati varie forme di silice. Lo IARC(International Agency for Research on Cancer) ha stabilito (che la silice cristallina inalata in forma di quarzo o cristobalite è cancerogena per gli umani (Gruppo 1); la silice in forma amorfa invece non è considerata cancerogena (Gruppo 3).

L'INAIL ha pubblicato documenti per informare sui rischi dell'esposizione alla silice nei luoghi di lavoro " Questioni

aperte sulla cancerogenesi da quarzo dopo il giudizio della IARC" ruolo della chimica di superficie nella variabilità del rischio da silice cristallina.

La silice utilizzata nei toner, secondo quanto scritto nelle schede di sicurezza, è quella amorfa, quindi non tossica.

Però, che alcune schede di sicurezza di toner, pur indicando di usare "silice amorfa", dichiarino accanto il codice identificativo della silice cristallina (il codice CAS: 14808-60-7). Quindi non è chiaro se questi toner contengono silice cristallina (tossica) oppure quella amorfa (non tossica).

Inoltre la dimensione delle particelle che costituiscono la silice influisce sulla sua potenziale tossicità (più sono piccole e più possono essere nocive) e la tecnologia è orientata ad usare particelle sempre più piccole nelle tecnologie di stampa.

Da considerare che spesso nelle schede di sicurezza dei toner HP molti componenti non vengono indicati, fanno prevalere il "Segreto commerciale".

#### - Composti radioattivi

Tra le sostanze non palesemente citate, ma utilizzate in alcune fotocopiatrici, sono dei composti radioattivi emettitori alfa (11 , 11a) utilizzati per evitare inceppamenti della carta. Le radiazioni alfa non hanno un "potere penetrante" elevato e l'epidermide è sufficiente a bloccarli. Possono però creare dei seri danni se penetrano nell'organismo (inalazione, tramite ferite cutanee, etc).

#### Emissioni tossiche di un Toner

Il secondo aspetto del rischio legato ai toner è rappresentato dalle emissioni delle stampanti laser e fotocopiatrici: queste possono essere anche di natura chimica molto diversa dai componenti originari del toner.

È importante far notare che raramente una scheda tecnica di toner indica le sostanze tossiche potenzialmente emesse dallo strumento che lo utilizza (stampante, fax, fotocopiatrice), ne avverte dei rischi per la salute degli utilizzatori.

Si tratta di rischi elevati ampiamente documentati da svariati studi scientifici di cui parleremo più avanti.

Come si formano queste emissioni?

Durante le operazioni di stampa e fotocopiatura avvengono processi chimici e fisici complessi nei quali le componenti del toner e della carta reagiscono sotto l'effetto della luce e delle temperature elevate. Queste reazioni possono liberare composti organici volatili (COV) di diverse classi, particelle di toner, particelle di carta, ma anche diversi gas che vengono rilasciati nell'aria circostante. La qualità e la quantità delle sostanze emesse dipendono dal procedimento tecnico, dal tipo di toner e di carta utilizzato, dal modello e dall'età dell'apparecchio, dalla manutenzione e dalle condizioni ambientali.

Diversi studi internazionali hanno avuto per oggetto tali emissioni e da anni molti organismi scientifici ed enti istituzionali (ma non in Italia!) raccomandano di adottare misure per ridurre i rischi legati a fotocopiatrici e stampanti laser.

Di seguito le emissioni tossiche accertate:

- **Polveri di Toner:** I diametri delle particelle che compongono il toner variano generalmente tra i 2 ed i 10  $\mu\text{m}$ : le polveri di toner sono quindi classificabili come polveri respirabili bio-persistenti (in grado di penetrare negli alveoli polmonari, dove si accumulano non riuscendo ad essere espulse): infatti la polvere di toner (a differenze ad esempio delle polveri fini atmosferiche) è costituita principalmente da materiale polimerico, non solubile nelle soluzioni acquose e quindi persiste nei tessuti e nei liquidi biologici. Ma le fotocopiatrici e stampanti laser rilasciano nell'aria un particolato molto più sottile, con particelle di dimensioni che arrivano sino a 0,1  $\mu\text{m}$  (uno studio ne ha addirittura misurato di 0,023  $\mu\text{m}$ , siamo nelle dimensioni fisiche delle nano-particelle, sostanze che possono creare seri problemi di salute.

- Benzene (cancerogeno): il toner nero contiene sempre un 50% di derivati del carbone o del petrolio che, sottoposti a riscaldamento elevato, rilasciano nell'aria benzene (fonte I.S.P.R.A.). Uno studio ha mostrato che la concentrazione di benzene, in un centro di fotocopiatura, raggiunge un valore tale da poter provocare il cancro.
- Formaldeide (cancerogeno): i processi fotochimici di stampa sollecitano con il calore la carta provocando il rilascio di formaldeide.
- Ozono: è estremamente reattivo ed aggressivo.
- Composti Organici Volatili (VOC): Si liberano in particelle ultra fini e gas. Si originano nell'unità di fissaggio: possono derivare dalla fusione del toner ma anche dal riscaldamento della carta. I COV rilasciati sono ad esempio: lo stirolo, il toluolo, il benzolo e l'etilbenzolo (soprattutto negli apparecchi più vecchi), lo xilolo, i fenoli, le aldeidi, i chetoni. Le emissioni dei singoli composti VOC, misurate da alcuni ricercatori, sono al di sotto dei valori limiti stabiliti dalle Leggi Vigenti, ma è il rischio è che le emissioni nel loro complesso possano creare un effetto cumulativo dannoso.

### **Misure generali da adottare**

- Attenersi scrupolosamente alle istruzioni riportate nel manuale d'uso delle stampanti laser e delle fotocopiatrici;
- Collocare gli apparecchi in un locale ampio e ben ventilato;
- Installare le apparecchiature di elevata potenza in un locale separato e installare un impianto di aspirazione locale;
- Non direzionare le bocchette di scarico dell'aria verso le

persone;

- Eseguire regolarmente la manutenzione delle apparecchiature;
- Optare per sistemi di toner chiusi;
- Sostituire le cartucce del toner secondo le indicazioni del produttore e non forzare l'apertura;
- Rimuovere con un panno umido le tracce di toner; lavare le parti principali con acqua e sapone; in caso di contatto con gli occhi, lavare con acqua per 15 minuti; in caso di contatto con la bocca, sciacquare abbondantemente con acqua fredda. Non utilizzare acqua calda o bollente, altrimenti il toner diventa appiccicoso;
- Eliminare con molta cautela i fogli inceppati per non sollevare polvere; Utilizzare guanti monouso per ricaricare il toner;
- Quando si manipola il toner (per la sostituzione o per via di malfunzionamenti) e la stampante occorre sempre adoperare gli appositi dispositivi di protezione individuale (DPI) guanti e mascherina;
- Collocare la stampante in luogo quanto più separato possibile da dove si soggiorna lungamente;
- Dotare la stampante di un sistema certificato di cattura delle emissioni inquinanti;
- Comprare il toner solo se è provvisto di specifica tecnica;
- Si consiglia di coprire la stampante quando è inattiva: il toner ha come altre polveri la capacità, di percorrere le correnti



d'aria naturali degli ambienti chiusi, la cartuccia del toner una volta inserita nella stampante resta aperta, altra polvere rimane dispersa nei meccanismi, ne consegue che anche spenta la stampante immette polvere nell'aria. La copertura della stampante è senza dubbio un sistema non efficace per contenere il toner internamente ma limita il movimento d'aria e quindi l'inquinamento da dispersione della polvere.

- Sostituzione cartucce, tamburi - Misure in caso di forte esposizione alla polvere di toner (guasti, manutenzione e riparazione)

Quando si sostituiscono le cartucce di stampa o si eseguono la pulizia e la manutenzione degli apparecchi, possono verificarsi delle brevi emissioni di polvere di toner. Le persone che svolgono frequentemente queste attività sono maggiormente esposte. Devono pertanto adottare adeguate precauzioni per ridurre il rischio di inalazione.

Le misure principali sono le seguenti:

- pulire gli apparecchi con un aspiratore certificato, (o panno adeguato secondo le indicazioni del costruttore) non usare getti d'aria, evitare di soffiare nell'apparecchio;
- qualora si tema una notevole emissione di polveri è necessario garantire una buona ventilazione/aspirazione locale; o utilizzare un respiratore antipolvere con livello di protezione FFP2/FFP3 o FFP3 D e cambiarlo regolarmente dopo un periodo di poche ore se diventa umido, si danneggia o viene direttamente a contatto con la polvere di toner;
- indossare gli occhiali di protezione;
- indossare guanti di protezione adeguati, tenendo conto anche del tipo di detergente utilizzato;
- indossare indumenti adeguati antistatici;
- la manutenzione va fatta staccando l'alimentazione elettrica dell'apparecchiatura, una volta terminata la manutenzione, pulire con un panno umido la zona attorno all'apparecchio.

## Fonti ed approfondimenti

Il SUVA (principale ente assicurativo per gli infortuni sul luogo di lavoro e le malattie professionali) ha redatto in questi anni diverse guide sul pericolo derivante dai toner;

“Particle Emission Characteristics of Office Printers” (articolo in pdf) studio del PhD Lidia Morawska, Queensland University of Technology di Brisbane, Australia, July 10, 2007 (anche ripreso e riassunto da Science Daily);

“Exposure to Particles from Laser Printers Operating with in Office Workplaces” studio del PhD Lidia Morawska, Queensland University of Technology di Brisbane, Australia.

“Evaluation of Ultrafine Particle Emissions from Laser Printers Using Emission Test Chambers” studio del PhD Lidia Morawska, Queensland University of Technology di Brisbane, Australia.

“An Investigation into the Characteristics and Formation Mechanisms of Particles Originating from the Operation of Laser Printers” studio del PhD Lidia Morawska, Queensland University of Technology di Brisbane, Australia,

Un grande studioso dell’argomento (più in generale dell’inquinamento indoor, cioè in ambienti confinati) è Dimitris Kotzias, ricercatore dell’Istituto per la Salute e la Protezione dei Consumatori (della Commissione Europea, con sede ad Ispra, in Italia). Molte sue ricerche si sono occupate di inquinamento indoor (cioè in ambienti chiusi, dove molti inquinanti sono presenti in concentrazioni superiori agli ambienti esterni): esiste un apposito progetto di monitoraggio in corso (AIRMEX);

“XRF-Analysis of Fine and Ultrafine Particles Emitted from Laser Printing Devices”, Barthel M, Pedan V, Environ Sci Technol. 2011 Aug 25;

“Ultra-fine particles release from hardcopy devices: sources, real-room measurements and efficiency of filter accessories” Wensing M, Schripp T, Sci Total Environ. 2008 Dec 15;407(1): 418-27. Epub 2008 Sep 21;

“Lo smog in una stanza”. intervista al Prof. Roberto Bono dell’Università di Torino pubblicato nel numero di marzo del 2004 di Newton (molti riferimenti a stampanti e toner);

“Sindromi correlate all’inquinamento indoor negli uffici” Dr. Giacomo Rao (ricercatore INAIL) - VII Convegno Nazionale di Medicina Legale Previdenziale, Ottobre 2008 (molti riferimenti a stampanti e toner): vengono messe in relazione all’esposizione alle emissioni di stampanti e fotocopiatrici diverse patologie, tra cui la Sindrome da Sensibilità Chimica Multipla ;

“Office work exposures and respiratory and sick building syndromesymptoms”Jaakkola MS, Yang L, OccupEnvironMed. 2007 Mar (questo studio dimostra la possibile insorgenza di asma con l’esposizione alle emissioni di stampanti e fotocopiatrici);

Il sito tematico sull’inquinamento indoor dell’ISPRA (Istituto Superiore per la Ricerca e la Tutela Ambientale).

## CAPITOLO XIV

### ETERE: UN FILTRO PER L'ABBATTIMENTO DELLE POLVERI PRODOTTE DAI TONER

Fil Air è una start-up innovativa Italiana, nata per offrire soluzioni al problema dell'inquinamento indoor e informare le persone sul delicato tema delle polveri sottili e degli agenti inquinanti presenti nell'aria, il quale riguardando la salute di ognuno di noi è sempre più sentito dalla società odierna.

L'idea è partita dalla realizzazione di un filtro per l'aria brevettato a livello europeo, formato da 3 strati di filtrazione, il quale gode di test e certificazioni di diversi Centri di Ricerca che ne dimostrano la maggiore efficacia di abbattimento delle sostanze nocive presenti nell'aria, sino al 50% sopra la media.

Il filtro è nato con l'obiettivo di trattenere le sostanze nocive emesse dalle stampanti a toner, riconosciute come una delle principali fonti di inquinamento indoor poiché rilasciano particolato nell'aria, pericoloso per la salute umana, sia perché inalato sia perché entra in contatto con la nostra pelle, come abbiamo visto nel capitolo precedente.

Questa start-up ha portato avanti un'attività di Ricerca e Sviluppo durata un anno e mezzo per realizzare un prodotto che ottimizzasse le prestazioni del filtro e che fosse in linea con le necessità riscontrate in anni di esperienza nell'ambiente casa e ufficio.

È così realizzato ETERE, un purificatore d'aria indoor di dimensioni compatte, caratterizzato da un design minimal e moderno e soprattutto semplice da usare.

Il beneficio di utilizzare un purificatore d'aria indoor in casa come anche nel luogo di lavoro, è quello di preservare la propria salute e quella dei propri cari, familiari o dipendenti, migliorando le condizioni di vita e di lavoro, garantendo

un'aria pura e priva di agenti inquinanti pericolosi per la salute.

Etere è l'unico purificatore ad utilizzare il filtro brevettato Hemaca, che grazie alla combinazione di 3 strati filtranti, è in grado di trattenere le polveri sottili sino alle dimensioni più piccole (0,2  $\mu\text{m}$ ), batteri, allergeni, metalli pesanti e odori, tutte sostanze invisibili ai nostri occhi, ma che entrano nel nostro organismo ad ogni respiro e si accumulano nel tempo, provocando disturbi nel lungo periodo a livello delle vie respiratorie, cardiovascolare e del sistema nervoso.

Per rendere il purificatore d'aria Etere un prodotto comodo e utile da usare quotidianamente, è stato sviluppato seguendo 4 principi importanti:

1. Compattezza: piccole dimensioni, per poterlo appoggiare su mensole e tavoli o anche appendere a parete;
2. Semplicità: design minimal e moderno, con funzionalità semplici e intuitive;
3. Efficacia: il filtro brevettato unito alla potenza della ventola di aspirazione, assicurano fino a 80  $\text{m}^3/\text{h}$  di coperatura, in un prodotto tanto piccolo;
4. Silenziosità: alle velocità più basse, livello 1-2, il rumore è impercettibile così da non provocare disturbi acustici agli utilizzatori e poterlo tener acceso durante tutto l'orario di lavoro.

Il punto di forza di Etere, oltre alla presenza del filtro brevettato Hemaca, è la sua dimensione compatta abbinata ad alte prestazioni. Infatti ha un ingombro di soli 23\*23\*13 cm e pesa soli 2,4 kg.

Questo lo porta ad essere molto comodo da utilizzare in diversi ambienti, potendolo appoggiare comodamente sulla scrivania, in una libreria e mensole, o se dovesse mancare spazio lo si può appendere anche a parete.

Il consiglio è quello di utilizzarlo sempre acceso alle velocità più basse, così da non provocare disturbo sonoro e garantire una qualità dell'aria sempre pura e sotto controllo.

Per rimanere fedeli alla nascita della tecnologia Hemaca e specializzarsi nel settore ufficio, è stato sviluppato anche l'accessorio Print Link.

Si tratta di un componente che permette di collegare via cavo il purificatore Etere con qualsiasi stampante, ed è in grado di riconoscere ogni avviamento della stampante, così da far azionare Etere alla velocità massima +20% di potenza, per tutto il periodo di stampa attiva. Una volta che la stampa si è conclusa, Etere ritorna alla modalità in cui era impostato inizialmente.

Il prodotto Etere e relativi accessori, sono tutti Made in Italy.

In questa ultima sezione del capitolo dedicato a Fil-Air, voglio aggiungere un breve informativa sulle normative e gli obblighi per il datore di lavoro per la messa in sicurezza dei dispositivi Stampanti/Fax, al fine di poter aumentare la sensibilità del lettore.

Il Problema dell'inquinamento Indoor e della qualità dell'aria nei luoghi di lavoro è una realtà con cui è diventato inevitabile imbattersi e non è ammesso ignorarne l'esistenza.

Le ricerche scientifiche e il crescente numero di casi di malattie legate all'inquinamento dell'aria che si respira, hanno ormai reso evidente che è necessario un intervento mirato a riguardo, sensibilizzando sia i cittadini sia i lavoratori a prender coscienza degli effetti sulla propria salute.

Le autorità si stanno muovendo per rendere ufficiali, a livello normativo, i necessari provvedimenti sia per quanto riguarda interventi mirati a ridurre l'emissione di inquinanti nell'aria, sia attraverso obblighi finalizzati alla prevenzione e alla messa in sicurezza degli ambienti di lavoro e domestici, in cui si vive quotidianamente.

Tra le più sottovalutate fonti di inquinamento dell'aria indoor c'è sicuramente il particolato ultra fine rilasciato dalle stampanti a toner. Come è stato dimostrato da recenti ricerche in merito, una lunga esposizione continuativa a questo tipo di inquinanti può aumentare il rischio di incorrere in

malattie più o meno gravi, sino in alcuni casi provocare la leucemia.

Come previsto dal D.lgs. 9 aprile 2008, n. 81 (Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro) è responsabilità del datore di lavoro adoperarsi al fine di salvaguardare la salute dei propri dipendenti e creare un ambiente di lavoro salubre, sia da agenti inquinanti generici sia chimici derivanti anche dall'utilizzo di fax e stampanti.

Come emerso da una recente sentenza della Cass. civ. Sez. III, Ord. Del 31-01-2018, n. 2366 (con cui è stato riconosciuto il risarcimento del danno ai familiari di un lavoratore deceduto proprio a causa dell'esposizione alle emissioni del toner), la responsabilità civile, ma anche penale, derivante dalla comparsa di malattie tumorali riconducibili al contatto o all'inalazione di polveri rilasciate dai toner, rimane a carico del datore di lavoro.

È dunque diritto e dovere sia del lavoratore, sia del responsabile della sicurezza negli ambienti di lavoro, pretendere che siano installati i corretti dispositivi di sicurezza e prevenzione, atti a rendere inermi le emissioni da toner delle stampanti.

## CAPITOLO XV

### COSA RESPIRIAMO QUANDO PULIAMO?

Forse credi di respirare profumo di pulito invece respiri aria cancerogena.

Rispondi al volo a queste tre domande, senza pensarci, vai d'istinto:

- Pensi sia bello infilarti nelle lenzuola di casa e respirare il profumo di brezza marina?
- Indossare i tuoi vestiti della palestra e sentire il dolcissimo profumo di borotalco della nonna?
- Ancora sentire il classico profumo di Marsiglia sulla tua biancheria?

Se hai risposto di sì ad almeno una delle domande qui sopra allora serve che facciamo una considerazione assieme.

Se ti sembra molto bello annusare profumi super persistenti che ti inondano le narici allora devi fare i conti con il prezzo da pagare.

E non sto parlando del mix di ingredienti chimici dannosi per l'ambiente che scarichi ogni volta che lavi i piatti o che fai una lavatrice.

E nemmeno dei residui che rimangono nelle fibre dei tuoi vestiti o in quelli dei tuoi figli:

- Siliconi per rendere facile la stiratura
- Sbiancanti per rendere le tue camice bianche che più bianche non si può
- Allergeni dei profumi che stanno a contatto con la pelle e la irritano

Il vero problema è ciò che respiri in casa proprio perché la tieni pulita.

Uno studio dell'università di Washington ha appena dimo-



strato che i detersivi super profumanti che utilizzi in lavanderia contengono ingredienti potenzialmente cancerogeni. E questi ingredienti fuoriescono dalla tua lavatrice e peggio ancora dalle bocchette di scarico della tua asciugatrice e tu e la tua famiglia ve li respirate all'interno di casa tua mentre dormite o cenate.

In sostanza l'aria di casa, intrisa da questi ingredienti super profumanti, è inquinatissima.

Contiene benzene e acetaldeidi potenzialmente cancerogeni. E tu li fai respirare alla tua famiglia.

Ma in cosa consiste lo studio condotto dalla dottoressa Anne Steinemann, professore di ingegneria civile e ambientale e degli affari pubblici dell'Università di Washington?

La dott.ssa e un gruppo di ricercatori hanno arruolato due volontarie, che hanno pulito completamente le loro lavatrici e le loro asciugatrici in modo da eliminare eventuali tracce di altri lavaggi e residui chimici di altre asciugature.

Dopodiché le signore hanno eseguito un ciclo di lavanderia completo usando tre tipologie di lavaggi:

- Lavaggio senza detersivo;
- Lavaggio con un detersivo liquido profumato;
- Lavaggio con detersivo profumato e un marchio leader di foglietti profumati per asciugatrice.

La loro analisi ha trovato più di 25 inquinanti atmosferici "volatili", tra cui le acetaldeidi e il benzene cancerogene nei lavaggi svolti nel test 2 e 3.

Il benzene causa leucemia e altri tumori del sangue, secondo la American Cancer Society.

Forse il test svolto dall'università di Washington non è esauritivo ed andrebbe perfezionato ed esteso ad un numero di tester maggiore ma di sicuro ci fa riflettere.

Le case italiane in media contengono 15 litri di sostanze tossiche che sprigionano costantemente in aria composti organici volatili.

Dal detersivo per i piatti a quello per il bucato, profumatori

per ambienti e a volte anche pesticidi per piante o per insetti come le zanzare o le formiche.

E i problemi a livello fisico sono molteplici:

- irritazione alle vie respiratorie;
- irritazione agli occhi;
- irritazioni e arrossamenti alla pelle.

In America, il 10% di tutte le segnalazioni di esposizione a ingredienti tossici segnalati all'Ente Federale per il controllo dei veleni, riguarda detersivi domestici.

Ma in Italia le cose non sono molto diverse.

Siamo ogni giorno a contatto con sostanze chimiche inquinanti e irritanti che usiamo con molta sufficienza e spesso incuranti dei pericoli che comportano.

Utilizziamo senza chiederci se possono essere tossici, prodotti come:

- candeggina;
- ammoniaca;
- disinfettante ammazza batteri di ogni sorta.

Non solo siamo costantemente esposti ai composti volatili dei prodotti e ce li portiamo anche addosso usando detersivi petrolchimici per lavare i nostri vestiti.

I detersivi per bucato sono spesso pieni di ingredienti nocivi per il corpo e altamente inquinanti per l'ambiente.

Il detersivo che probabilmente stai usando contiene un mix di ingredienti pericolosi e che il produttore non è nemmeno obbligato a dichiarare in etichetta.

Ti sei mai chiesto/a perché non sono esposti in etichetta gli ingredienti del detersivo in modo che tu possa conoscerli e valutare se quel detersivo è davvero buono per la tua salute?

Se fossero esposti ti potresti facilmente mettere al riparo da centinaia di ingredienti pericolosi.

Ti basterebbe conoscere una semplice formula per evitare di

lavare i tuoi vestiti o le tue posate con ingredienti petrolchimici pericolosi.

Dovresti solo stare attento/a agli ingredienti che contengono questi suffissi:

“Myreth,”

“oleth,”

“laureth,”

“cetareth,”

e ogni altro ingrediente che termina con “eth”;

“PEG”;

“Polyethylene,”

“polyethyleneglycol,” oppure “polyoxyethylene”;

“Oxynol”.

Ma gli ingredienti non li troverai sempre in etichetta...

E la tua attenzione sarà sempre e costantemente spostata sul “bianco che più bianco non si può”, sul capo morbido, sui bicchieri brillanti e le pentole luccicanti.

Ora...

Non possiamo conoscere gli ingredienti dei detersivi petrolchimici se non dopo una estenuante ricerca on line, ma alcuni ingredienti ti posso assicurare che li troverai sempre e comunque in tutti i detersivi per lavastoviglie petrolchimici: sono i FOSFATI.

Proprio questi ingredienti dannosi per la tua salute e per le acque di tutto il mondo permettono al detersivo petrolchimico per lavastoviglie di avere risultati ineguagliabili dai detersivi naturali.

Ma quali sono i danni causati dai fosfati?

Il primo gruppo comprende i DANNI PERSONALI.

Quelli cioè che paghi direttamente sulla tua pelle con l’utilizzo di prodotti a base di fosfati:

- nausea;
- diarrea;
- irritazioni della pelle.

Sono i principali sintomi di esposizione a questi ingredienti.

Ma il vero problema derivante dall'uso di fosfati in realtà è il DANNO AMBIENTALE.

I fosfati SONO SUBDOLI: riescono a superare anche i filtri e le barriere dei depuratori delle acque.

E arrivano ai fiumi e ai mari.

Favoriscono la proliferazione di alghe, in particolare di un tipo di alga rossa molto infestante che modifica l'ecosistema acquatico e che dopo la sua morte rilascia una tossina potente.

E questa tossina è causa delle morte di milioni di pesci e dell'alterazione del sistema marino che sta piano piano andando al collasso.

Ma se fanno così male perché è indispensabile usarli per formulare il detersivo per lavastoviglie?

Il motivo è semplice:

i fosfati sono quegli ingredienti che ti fanno luccicare i bicchieri e le posate e che ti fanno dire "Oh wow che brillanti che sono i miei bicchieri".

Un detersivo naturale che non contiene fosfati probabilmente lascerà qualche goccia di acqua sul vetro a fine lavaggio.

Ma ogni volta che lo userai non ti porterai alla bocca una piccola dose di fosfati inquinanti.

Non ti berrai roba chimica insieme alla tua acqua, al tuo caffè, al tè...

Se non ci credi e stai ancora usando il classico detersivo lavastoviglie petrolchimico prova a leccare una tazzina a fine lavaggio.

Sentirai che saporaccio.

Se ti ho fatto venire qualche dubbio allora ho raggiunto il mio intento.

Ora capisci che la vera domanda da porti non è tanto se sei disposta ad avere un bicchiere non completamente asciutto a fine lavaggio.

Ma se quella gocciolina che puoi asciugare con un canovaccio non valga il fatto di avere risparmiato dall'inquinamento migliaia di litri di acqua e da morte certa migliaia di pesci.

Io credo in coscienza che possiamo concederci qualche piccola imperfezione nelle nostre stoviglie per continuare a vivere in questo pianeta.

Siamo costantemente intrisi da odori, da sostanze, da micro-particelle che ci inquinano.

Cosa si porta alla bocca il tuo bambino che gioca con un giocattolo di plastica oppure il tuo bambino che gattona nel pavimento appena lavato con un disinfettante?

Cosa respiri quando accendi il forno dopo averlo pulito con l'ultima bomba chimica di nuova generazione?

Dopo averlo sgrassato a fondo e lo riaccendi per metterci dentro le nostre lasagne, cosa ti respiri?

E l'odore che hanno quei mobili in legno o oggetti di plastica che sanno "di nuovo"?

Quelle sono sostanze chimiche che verranno rilasciate nell'aria.

O ancora dopo che hai pulito il bagno con quella super bomba che toglie tutte le macchie di calcare e vai a farti la doccia, inizi a respirare i vapori chimici.

- Rilasciano odori fastidiosi per le vie respiratorie;
- Lasciano sulle superfici sostanze che i bambini ingeriscono portandosi le mani alla bocca;
- Lasciano nelle tue tazzine - dopo una lavastoviglie - residui petrolchimici che tu ingerisci mangiando;
- Lasciano ingredienti irritanti sui capi che indossi tutto il giorno.

La soluzione è quella di cominciare a utilizzare prodotti ecologici.

Cosa significa "ecologici"?

Significa che sono ricavati dalle piante invece che dal petrolio.

E che sono dermatologicamente testati e che quindi non sono irritanti per le nostre pelli.

Inoltre che non rilasciano vapori chimici all'interno delle nostre case quindi non ci irritano le vie respiratorie.

[contributo di Fabrizio Zanetti - VerdeVero.it]

## CAPITOLO XVI

### VMC: VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA

Come ogni nuova tecnologia, la diffusione di questa tipologia di impianto ha le sue fasi di crescita e di consapevolezza, ovvero:

- I fase - diffidenza e minimizzazione (in Italia non serve, figurati con quel che costa muove solo aria, non è un prodotto per noi italiani)
- II fase - contestazione e denigrazione (fa male, costa troppo, roba da ricchi, nel tempo crea problemi, non riesci a mantenerla pulita)
- III fase - accettazione e considerazione di un impianto necessario inserito in una qualsiasi nuova abitazione.

In Italia siamo ancora verso la fine della prima fase con qualche accenno alla seconda.

La VMC ha iniziato a essere presa sempre più in considerazione soprattutto negli ambienti commerciali e industriali dove con l'arrivo della normativa UNI10339 si è voluto dare una linea guida alla salubrità degli ambienti.

Nel residenziale invece i primi cenni di VMC si sono visti quando sono cambiati un po' i criteri di costruzione e risparmio energetico circa intorno al 2010.

Quando l'edilizia ha iniziato a comprendere che per ottimizzare il risparmio energetico bisognava lavorare in primis sull'involucro della casa, il primo problema riscontrato fu subito la mancanza di ventilazione naturale nelle abitazioni.

Con l'avvento sul mercato di:

- infissi performanti ad alto potere di isolamento acustico e termico
- isolamento esterno delle abitazioni (il famoso cappotto)
- case in bioedilizia

La mancanza della ventilazione naturale data dagli infissi in vecchio stile e dalle murature poco performanti ha dato il via a tutta una serie di problematiche che prima erano rare, come ad esempio:

- scarsa qualità dell'aria
- allergie
- muffe
- inquinamento
- umidità

La VMC allora ha iniziato a essere presa in considerazione in maniera sempre più importante per il fatto che un impianto di questo tipo va a risolvere definitivamente gli inconvenienti sopra descritti.

Ci sono ancora molti dubbi, su questa nuova tecnologia, quindi cerchiamo di rispondere ad alcune delle domande più comuni per comprendere meglio le sue potenzialità:

### **La VMC risolverà per sempre i problemi di umidità e di muffa in casa mia?**

Anche se là fuori ti risponderebbero "SI assolutamente" la vera risposta è NI.

Perché NI e non SI o NO?

Perché quando si parla di umidità e muffa in casa, sono innumerevoli gli aspetti da valutare per cui occorrono:

- esperienza
- attrezzature speciali
- misurazioni e letture tecniche
- calcoli e studi caso per caso

Sono diverse le tipologie di problemi nelle abitazioni invase dalla muffa e dall'umidità.

La ventilazione in una casa può risolvere un'alta percentuale di problemi se l'impianto è studiato bene e soprattutto posato alla regola dell'arte.

Non prendiamoci in giro, se la muffa deriva da uno scorretto

ricambio dell'aria, allora possiamo risolvere il problema al 100%, ma se la causa sono infiltrazioni o umidità di risalita dal terreno, non è con la VMC che risolvi completamente il tuo problema.

Solo dopo aver valutato alcuni parametri potremo dire che la VMC risolverà definitivamente il tuo problema di muffa e umidità.

### **Perché si parla di VMC Centralizzata e Puntuale che differenza c'è?**

La VMC puntuale viene eseguita di solito quando la centralizzata non può essere fatta per motivi tecnico-architettonici.

Consiste nell'installazione in uno o più punti dell'abitazione di apparecchi singoli chiamati recuperatori puntuali; essi possono funzionare in svariati modi.

La funzione basilare e più utilizzata consiste nel funzionamento a cicli:

- per 60 secondi estrae l'aria ambiente calda e umida preriscaldando il recuperatore ceramico al suo interno
- nei successivi 60 secondi immette in casa l'aria esterna più fredda e con un contenuto minore di umidità che passando dal recuperatore che prima si era scaldato si preriscalda

Questo 24 ore su 24 per poter dare un continuo ricambio aria, avendo un occhio di riguardo al risparmio energetico; grazie allo scambiatore si può avere un rendimento energetico stimato tra il 75 e il 90%.

Cosa intendi per varie tipologie?

Essendo come ti dicevo un mercato in crescita, i produttori e i rivenditori di questi apparati sono cresciuti enormemente e le tipologie di macchine sono aumentate.



Si trovano recuperatori puntuali:

- a singolo flusso con cicli di 60 s immissione - 60 s estrazione
- a doppio flusso con pochissimi volumi di aria mossi
- a doppio flusso con volumi leggermente maggiori
- a controllo tramite telecomando
- a controllo tramite centralina a muro
- a controllo di umidità e temperatura con ciclo variabile in base al rendimento
- ibrido canalizzato e puntuale con la possibilità di aspirare in 1 o 2 punti specifici

Insomma ce ne sono davvero di tante tipologie, la macchina perfetta per casa tua deve avere le caratteristiche e la funzionalità che solo un esperto può consigliarti.

Una nota molto negativa di questo sistema è che se viene montato vicino a luoghi trafficati o comunque rumorosi, è alta la possibilità che entri in casa tua il rumore.

Infatti la sua installazione viene fatta attraverso un foro nel muro e si ha praticamente un passaggio diretto tra l'esterno e l'interno della casa.

L'impianto di tipo centralizzato viene utilizzato nelle nuove costruzioni e/o nelle ristrutturazioni di case già abitate dove si vuol ricambiare l'aria in tutta la casa.

Il sistema è composto da un corpo centrale che è il recuperatore che viene installato nei vani tecnici o nei controsoffitti. Il funzionamento è semplice: l'aria nuova esterna viene filtrata con varie tipologie di filtri a scelta dall'utente e passando dal recuperatore a flussi incrociati assorbe il calore ceduto dall'aria sporca calda e umida estratta dalla casa.

In questo passaggio si va a stemperare l'aria prelevata dall'esterno che andrà immessa nei locali nobili come camera, sala, soggiorno.

L'aria sporca invece verrà estratta da bagno, cucina, lavanderia ecc. ovvero da tutti i locali di servizio che generano odori

o umidità.

Con questo impianto si possono scegliere le tipologie di bocchette sia di immissione che di estrazione per ogni tipologia gusto estetico, architettonico, design e colore.

Le canalizzazioni per questa applicazione sono innumerevoli: tonda, quadrata, ovale, rettangolare, antibatterica, flessibile ecc.

Inoltre ci sono sicuramente tutti gli accessori a servizio dell'impianto quali: sanificatori, profumatori, ionizzatori, batterie preriscaldamento (in casi di climi molto rigidi), sonde di CO<sub>2</sub>, sonde di umidità, ecc.

È un elenco sterminato, per farti capire che dietro alla parola "VMC" si nasconde come tutte le nuove tecnologie un mondo di infinite cose da sapere prima di eseguire l'impianto.

In fondo al libro potrai trovare nell'ALLEGATO 2 alcune foto di impianti realizzati.

## CAPITOLO XVII

### LA IONIZZAZIONE DELL'ARIA

Quello che abbiamo visto adesso è stato capire perché l'aria all'interno degli ambienti è inquinata, e come poterla pulire per vivere meglio all'interno degli ambienti.

In questo capitolo, vediamo come rendere l'aria salubre, al punto da:

- ricaricarci di energia
- farci dormire meglio
- alleviare le allergie
- aumentare la concentrazione
- migliorare l'umore
- rigenerare la mente
- vivere più a lungo

Hai presente quando ti avvicini ad una cascata, o passeggi in riva al mare, o esci di casa dopo un temporale? Riesci a ricostruire nella tua mente quella sensazione di benessere che hai provato in una delle immagini descritte?

Ebbene esiste un modo per riprodurre in casa tua quella sensazione di benessere, utilizzando un semplice ionizzatore.

La ionizzazione dell'aria è determinata da semplici processi naturali come le radiazioni solari o l'infrangersi delle acque. Questi fattori agiscono sulle molecole d'aria, normalmente neutre, scindendole in coppie di ioni di polarità opposta e generando così ioni negativi. Per questo motivo in spiaggia o vicino a una cascata l'aria è ben 'ionizzata', cioè carica di ioni negativi che facilitano l'assorbimento di ossigeno nel sangue dandoci una sensazione di benessere.

Sì, ma in casa?

Negli ambienti dove trascorriamo la maggior parte del tempo, cioè negli ambienti chiusi o per strada in città, la ionizzazione dell'aria avviene all'inverso. Qui il numero degli ioni negativi diminuisce drasticamente perché l'inquinamento atmosferico ed elettrico produce particelle caricate positivamente (ioni positivi) che ostacolano l'assorbimento di ossigeno da parte dell'organismo.

Che fare?

L'aria inquinata da una presenza massiccia di ioni positivi può essere migliorata da dispositivi depuratori e ionizzatori dell'aria, cioè apparecchi che filtrano meccanicamente l'aria emettendo ioni negativi. La ionizzazione dell'aria avviene perché gli ioni negativi, legandosi alle particelle caricate positivamente, fanno precipitare gli inquinanti accentuando il processo di pulizia e vitalizzazione dell'aria.

La ionizzazione dell'aria con apparecchi ionizzatori è particolarmente importante per le camere dei bambini, delle persone anziane e di chi soffre di allergie. È importante anche negli ambienti dove si fuma, però senza delegare allo ionizzatore la funzione di depurare completamente l'aria, che deve essere ricambiata spesso.

Come scegliere uno ionizzatore dell'aria? Il primo consiglio è di evitare dispositivi che ionizzano l'aria senza prima depurarla. Il secondo, di valutare al momento dell'acquisto anche la reperibilità dei filtri. Questo perché i filtri sporchi peggiorano la qualità dell'aria anziché migliorarla e, di tanto in tanto, vanno sostituiti.

Precauzioni? Tutti gli apparecchi per la ionizzazione dell'aria producono ozono in quantità variabile. Non è una cosa positiva perché l'ozono è un gas tossico se respirato in alte concentrazioni. Uno ionizzatore d'aria di buona qualità dovrebbe emettere ozono in quantità non superiore a 0,1 parti per milione (ppm).

In natura è possibile trovare preziosi alleati per la nostra Salute, esiste infatti una forza in natura che riesce a ricaricarci di energia, ci permette di riposare meglio, di alleviare le allergie o aumentare il tono dell'umore e la capacità di concentrazione.

Cosa si intende per ioni negativi e ioni positivi?

Senza addentrarci troppo in nozioni chimico-fisiche complesse vi basti sapere che secondo la teoria atomica il mondo fisico e tutta la materia intorno a noi, sono costituiti da elementi estremamente piccoli chiamati atomi.

Al centro degli atomi si trova il nucleo, composto a sua volta da particelle più piccole: i protoni e i neutroni. Intorno al nucleo gravitano gli elettroni. I protoni hanno carica positiva, i neutroni non hanno carica mentre gli elettroni hanno carica negativa.

Cos'è dunque uno ione?

Quando in un atomo vi è un rapporto sbilanciato tra protoni ed elettroni si parla di ione, questo può essere positivo o negativo.

Si ha uno ione positivo quando gli elettroni vengono "strappati via" e si ha perciò un numero maggiore di protoni rispetto agli elettroni. Si ha uno ione negativo quando gli elettroni vengono "aggiunti", quindi si contano più elettroni che protoni.

Gli ioni positivi possono avere effetti debilitanti sull'uomo, tra i quali stress emotivo, affaticamento, alterazioni metaboliche patologiche e indebolimento del sistema immunitario.

Gli ioni positivi sono generati da apparecchi elettronici come gli smartphone, radio, tv, ripetitori e linee telefoniche; sono dunque molto presenti nel nostro quotidiano.

Negli ambienti chiusi vi è una massiccia presenza di ioni positivi dovuti ai dispositivi elettronici e alla scarsa ventilazione interna che aumenta la presenza di polveri, aromi, fumo,

pollini, batteri e sostanze tossiche. Tutto ciò comporta uno squilibrio ionico nell'aria a scapito dei preziosi ioni negativi e un conseguente incremento di radicali liberi nell'organismo.

Provate ad osservare un raggio di luce che entra dalla vostra finestra e vi farete un'idea di cosa respirate. L'aria esterna nelle aree rurali contiene circa seimila particelle in sospensione per ogni millilitro, mentre l'aria delle aree tipicamente urbane che respiriamo contiene diversi milioni di particelle per millilitro. Trascorrendo così tanto tempo in ambienti chiusi, potete comprendere quanto sia facile arrivare ad avere complicazioni a livello di salute.

Il consiglio è quello di ventilare e ionizzare l'aria negli ambienti chiusi attraverso dispositivi, come lo ionizzatore d'aria, che interagiscono con gli atomi dell'atmosfera attraverso un'altissima tensione. Gli ioni caricati negativamente dall'apparecchio legano con le particelle di muffa, pelo di animale, pollini, allergeni, particolato ed altri inquinanti sospesi nell'aria, caricandoli elettrostaticamente. Queste particelle saranno dunque così pesanti da essere attratte a terra dalla forza di gravità.

Sebbene la ionizzazione dell'aria sia obbligatoria in molti ospedali e luoghi di lavoro europei, in Italia è stata presa in considerazione solo di recente, a causa del crescente problema della tossicità dell'aria presente negli ambienti urbani.

Un generatore di ioni, può produrre tra i 1.000 e i 10.000 ioni negativi per centimetro cubo per la normale salute umana la quantità la quantità richiesta è di 1000 al cm<sup>3</sup>, ma se si vuole un effetto terapeutico bisogna stare tra i 1.000 e i 10.000.

Lo ionizzatore d'aria può aiutare a:

- ridurre i disturbi allergici
- apportare sensazioni di serenità e rilassamento

- aumentare la capacità di concentrazione e lucidità
- migliorare l'assimilazione dell'ossigeno
- stabilizzare la pressione sanguigna
- aumentare l'ossigenazione sanguigna
- migliorare la respirazione dei tessuti
- apportare benefici al sistema motorio e cardiovascolare
- migliorare la termoregolazione corporea
- migliorare i disturbi legati al sonno
- aiutare nella perdita di peso

Tanto per fare degli esempi:

50.000 ioni negativo per m<sup>3</sup> - vicino ad una cascata

50 ioni negativo per m<sup>3</sup> - ambienti di lavoro

0 ioni negativo per m<sup>3</sup> - traffico con aria condizionata accesa

Questo ci fa capire perché ci sentiamo molto stanchi dopo una giornata di lavoro e ore trascorse in mezzo al traffico.

Al giorno d'oggi si pone attenzione al crescere della crisi ecologica legata all'eccessivo e non sempre intelligente sviluppo produttivo dell'uomo. Aumentano polveri e sedimenti, diminuisce la concentrazione di ossigeno e aumenta quella di CO<sub>2</sub>, piombo e altri metalli, si disgrega lo strato di ozono. Tutti questi fattori portano alla perdita dell'equilibrio naturale ecologico ed in parte allo sbilanciamento del contenuto di sostanze ionizzate nell'aria. Questi fattori, uniti a molti altri negativi portano un effetto sullo stato di salute e sul comportamento umano. Per questo motivo l'attenzione dei medici-igienisti viene sempre più rivolta alla qualità dell'ambiente di lavoro soprattutto in ambienti a rischio ed in senso più generale alla vita delle persone in contatto con materiali sintetici ( vestiti, lacche e vernici, materiali da costruzione con

particolare riferimento a rivestimenti e isolanti) ed anche ai condizionatori negli ambienti chiusi, che possono portare a deionizzazione o a concentrazione di pesanti, o anche cariche positivamente leggeri, aeroioni con conseguente diminuzione della , concentrazione di ioni negativi. Anche se il ruolo degli aeroioni in natura è conosciuto dagli scienziati, dopo più di mezzo secolo di storia, la ricerca è in crisi soprattutto per quanto riguarda la protezione della salute.

È confermato che il mondo vegetale può essere considerato uno dei generatori principali di ionizzazione non radioattiva. Gli alberi effettivamente cambiano la ionizzazione dell'aria, aumentando la concentrazione di ioni leggeri e parallelamente diminuiscono quella di ioni pesanti. Il livello degli ioni negativi aumenta soprattutto in presenza di pini, betulle, querce e altri. Il fattore di aumento della ionizzazione dell'aria è legato all'intensità del processo di fotosintesi, di traspirazione, di effetto fotoelettrico, di distribuzione di particelle aromatiche e resinose nell'atmosfera durante il naturale sviluppo delle specie arboree. Per questi motivi, nella sua vita di tutti i giorni e nell'ambiente di lavoro, l'uomo continuamente incontra diverse situazioni di ionizzazione dell'aria, ciò ovviamente richiede una più approfondita ricerca sui meccanismi e sugli effetti dati dagli aeroioni sull'organismo. Queste ricerche sono state effettuate soprattutto riguardo al problema degli effetti degli aeroioni leggeri sugli organismi viventi, come situazione più frequentemente incontrata dall'uomo. Il fatto che gli aeroioni leggeri abbiano un effetto fisiologico non è messo in discussione dalla comunità scientifica attuale ed il fatto è confermato dagli studi sugli animali e dall'osservazione sull'uomo. Si è accumulato così molto materiale sperimentale attestante che l'aria ionizzata è un fattore, non solo non indifferente per l'organismo, ma in grado di ottenere effetti su diverse strutture biologiche di vario livello -batteri, proteine, vegetali, insetti, colonna vertebrale di animali e esseri umani. Studi internazionali hanno dimo-



strato che gli effetti fisiologici della ionizzazione dell'aria per loro caratteristica influenzano le più varie funzioni dell'organismo. Gli studi di A. I. Cisevscogo (negli anni 30) hanno dimostrato un forte effetto negativo dell'aria deionizzata sugli organismi viventi fino anche alla loro morte.

## CAPITOLO XVIII

### LA BIODECONTAMINAZIONE CON L'USO DEL PEROSSIDO DI IDROGENO - ACTIVE PURE® TECHNOLOGY

Una delle metodiche attualmente più utilizzate e più vantaggiose per la bio-decontaminazione degli ambienti, è l'uso di perossido di idrogeno come agente sterilizzante. Questa tecnica è tra le predilette nel settore farmaceutico perché rappresenta una valida alternativa alle sostanze che sono state più largamente utilizzate ma oramai riconosciute come molto pericolose per la salute umana (fumigazione con formaldeide, acido peracetico, diossido di cloro, ozono).

#### Perossido di idrogeno

Il perossido di idrogeno ( $H_2O_2$ ) è un forte ossidante con un elevato potere antimicrobico sia nei confronti di un'ampia quantità di batteri sia per le spore batteriche, notoriamente le più resistenti alla bio-decontaminazione.

#### La storia

La sua introduzione risale alla fine degli anni '80 associata all'innovativa tecnica del Gas Plasma, applicabile soprattutto alla sterilizzazione di prodotti chirurgici e Dispositivi Medici, anche se con precise limitazioni a causa di incompatibilità con alcuni comuni materiali di confezionamento. Nell'ultimo decennio si sono sviluppate e affermate tecniche che sfruttano il potere bio-decontaminante dei vapori di  $H_2O_2$ .

#### Perossido di idrogeno vaporizzato (VPHP)

Il vapor-PhaseHydrogenPeroxide (VPHP) è registrato dalla EnvironmentalProtection Agency (EPA) come agente sterilizzante. Inoltre è riconosciuto dalle maggiori linee guida del

mondo farmaceutico e si presenta in diverse forme.

VPHP secco: il vapore acqueo/perossido (al 35%) è generato in flash, non necessariamente nelle vicinanze della zona di sterilizzazione, a una concentrazione che sia mantenuta al di sotto di quella corrispondente al punto di rugiada, trasportato abbastanza semplicemente nelle canalizzazioni. La buona diffusione interna del vapore e l'assenza di condensazione che riducono l'aggressività sui materiali, sono bilanciati da un ciclo più lungo e un pretrattamento deumidificante.

VPHP umido: il vapore viene generato e immesso in fase microcondensata in condizioni di sovrasaturazione dell'aria, e quindi per evitare condensazioni nei circuiti di ventilazione è preferibile generarlo nelle vicinanze. L'assenza di fase di deumidificazione e una maggiore velocità di sterilizzazione sono bilanciati da una maggiore difficoltà nel raggiungere uniformità di distribuzione e una fase di aerazione e lavaggio più lunga.

#### Uso degli impianti HVAC

Per la biodecontaminazione di ambienti si prevede la stretta integrazione tra il generatore di perossido d'idrogeno e il sistema di condizionamento dell'aria dell'area da trattare. Grazie all'uso di un sistema HVAC ben funzionante (Heating, Ventilation and Air Conditioning, requisito necessario per il controllo dei processi di produzione farmaceutica) è possibile avere una distribuzione omogenea di  $H_2O_2$  in tutta l'area da trattare. Questo senza l'installazione di ventilatori ausiliari da inserire in ambiente per favorire la diffusione dell'agente sterilizzante e con la possibilità di biodecontaminare le canalizzazioni, se e quando necessario.

Oggi l'utilizzo si è esteso anche agli ambienti domestici e di lavoro, attraverso Active Pure® Technology che sfrutta il principio per cui microscopiche molecole di ossigeno ed ac-

qua dell'aria entrano nell'unità di depurazione Beyond™, passano attraverso la matrice a nido d'ape ActivePure®. All'interno della matrice, le molecole si trasformano in ossidanti amichevoli ancora potenti. Quando vengono rilasciati di nuovo nell'aria, le molecole ActivePure® sovralimentate cercano e distruggono rapidamente i contaminanti, funghi, muffe e batteri che causano cattivi odori anche quelli che cercano di nascondersi in fessure difficili da raggiungere e crepe.

Tutti sono sempre più preoccupati per la loro esposizione agli allergeni, muffe, COV e inquinanti atmosferici, e per una buona ragione: le allergie influenzano sempre più persone e problemi respiratori come l'asma continuano ad essere in aumento.

ActivePure® è creato negli USA da Beyond™ by Aerus, una società di tecnologia leader con oltre 90 anni di storia e prodotti innovativi che sono stati riconosciuti dalla Smithsonian e riscosso la fiducia di milioni di famiglie. ActivePure® è l'unica tecnologia di pulizia dell'aria alla quale è stato assegnato il prestigioso Certified Space Technology certificato dalla Space Foundation. È l'unica tecnologia Certified Space Technology che lavora per pulire e proteggere in modo continuo l'aria e le superfici 24 ore al giorno.

## ALLEGATO 1

### SCHEDE DESCRITTIVE DEI PRINCIPALI AGENTI CHE DETERMINANO INQUINAMENTO INDOOR

#### MONOSSIDO DI CARBONIO - CO

##### *Descrizione*

Il monossido di carbonio è un gas inodore, incolore, insapore e altamente tossico. È prodotto dalla combustione incompleta dei materiali contenenti carbonio (combustibili per cucine e per riscaldamento, sigarette, ecc.).

##### *Fonti*

È uno degli inquinanti maggiormente diffusi, ampiamente generato negli ambienti chiusi, a causa di malfunzionamenti degli impianti di riscaldamento a gas, di fornelli, stufe e camini o di una inadeguata ventilazione, o a causa del fumo passivo.

Una fonte outdoor è costituita dai gas di scarico dei veicoli e quindi la vicinanza a strade ad elevato traffico veicolare, a garage e parcheggi, può provocare un impatto significativo sulle concentrazioni del gas negli ambienti confinati.

##### *Normativa/Standard*

Valori di riferimento relativi all'aria esterna:

D.Lgs. 155/2000 ha confermato il valore limite di 10 mg/m<sup>3</sup> come media massima giornaliera su 8 ore, già in vigore (ex DM 60/2002).

L'OMS ha indicato come valori guida ("Air quality guidelines for Europe", WHO, 2000):

- 100 mg/m<sub>3</sub> (90 ppm) per 15 min;
- 60 mg/m<sup>3</sup> (50 ppm) per 30 min;

- 30 mg/m<sup>3</sup> (25 ppm) per un'ora;
- 10 mg/m<sup>3</sup> (10 ppm) per 8 ore.

L'U.S. National Ambient Air Quality Standards indica come valore limite per l'aria outdoor 9 ppm per 8 ore, 35 ppm per un'ora.

Valore di riferimento relativo all'aria indoor:

L'OMS [WHO, 2010] ritiene validi per l'indoor i valori guida outdoor presentati in "Air quality guide lines for Europe" [WHO, 2000], aggiungendo il limite delle 24 ore pari a 7 mg/m<sup>3</sup> e aumentando il limite orario a 35 mg/m<sup>3</sup>.

L'ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.) propone per gli ambienti interni lo stesso valore guida di 9 ppm per 8 ore indicato per l'esterno dall'U.S. National Ambient Air Quality Standards.

### *Effetti sulla salute*

I principali effetti che si manifestano a basse concentrazioni sono senso di affaticamento e dolori al torace per i cardiopatici; a concentrazioni moderate si riscontrano problemi di coordinamento, mal di testa, nausea, vertigini, fino ad avere conseguenze fatali nel caso di concentrazioni molto elevate.

### *Misure di controllo*

Buone norme di controllo e ispezione delle apparecchiature da combustione. Adeguata aerazione, ventilazione e buon funzionamento delle cappe di aspirazione.

## BIOSSIDO DI AZOTO - NO<sub>2</sub>

### *Descrizione*

Il biossido di azoto è un gas tossico di colore giallo-rosso, dall'odore forte e pungente; è un ossidante altamente reattivo e corrosivo, con grande potere irritante. Viene generato nei processi di combustione ad alta temperatura a partire dall'azoto e dall'ossigeno presenti in atmosfera.

### *Fonti*

In ambienti indoor le sorgenti sono costituite dai fornelli da cucina, dalle stufe, dagli impianti di riscaldamento con caldaie interne e dal fumo di tabacco ambientale.

Una fonte outdoor è rappresentata dal traffico veicolare e dalla presenza di garage o parcheggi coperti, essendo l'NO<sub>2</sub> contenuto anche nei gas di scarico degli autoveicoli.

### *Normativa/Standard*

Valori di riferimento relativi all'aria esterna:

D.Lgs. 155/2000 ha confermato i due valori limite per la protezione della salute umana già in vigore (ex DM 60/2002):

- 200 µg/m<sup>3</sup> come media oraria da non superare più di 18 volte l'anno;
- 40 µg/m<sup>3</sup> come media annuale.

L'OMS ha indicato come valori guida: ("Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide", WHO, 2006):

- 200 µg/m<sup>3</sup> come media oraria;
- 40 µg/m<sup>3</sup> come media annuale.

L'US. EPA National Ambient Air Quality Standards indica 0,053 ppm (100µg/m<sup>3</sup>) come limite della media annuale per il NO<sub>2</sub> nell'aria esterna.

Valore di riferimento relativo all'aria interna:

L'OMS [WHO, 2010] ritiene validi per l'indoor i valori guida outdoor presentati in "Air quality guidelines for particulate-

matter, ozone, nitrogendioxide andsulfurdioxide” [WHO, 2006].

L'ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-ConditioningEngineers) propone per gli ambienti interni lo stesso valore guida indicatodall'U.S. National Ambient Air Quality Standards.

#### *Effetti sulla salute*

Provoca disturbi alle vie respiratorie profonde e causa maggiore predisposizione alle infezioni soprattutto nei soggetti affetti da patologie polmonari.

#### *Misure di controllo*

Mantenere in perfetta efficienza le apparecchiature garantendo gli sfoghi verso l'esterno; ventilare i locali delle caldaie; accendere regolarmente la cappa di aspirazione durante la cottura dei cibi ed eliminare il fumo di sigaretta.



## BIOSSIDO DI ZOLFO - SO<sub>2</sub>

### *Descrizione*

Il biossido di zolfo è un gas incolore, irritante, non infiammabile, molto solubile in acqua e dall'odore pungente.

### *Fonti*

In ambienti indoor è prodotto dai processi di combustione. In Italia l'emissione outdoor di ossidi di zolfo è approssimativamente dovuta per il 52% ai processi di combustione, energetici e dell'industria di trasformazione e per il 28% ai processi industriali (2004).

### *Normativa/Standard*

Valori di riferimento relativi all'aria esterna:

D.Lgs. 155/2000 ha confermato i due valori limite per la protezione della salute

umana già in vigore (ex DM 60/2002):

- 350 g/m<sup>3</sup> come media oraria da non superare più di 24 volte l'anno;
- 125 g/m<sup>3</sup> come media giornaliera da non superare più di 3 volte l'anno.

Ha imposto inoltre la soglia di allarme pari a 500 µg/m<sup>3</sup> misurata su tre ore consecutive.

L'OMS ha indicato come valori guida ("Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide", WHO, 2006):

- 500 g/m<sup>3</sup> come valore medio per 10 minuti,
- 20 g/m<sup>3</sup> come valore medio per esposizioni di 24 ore.

L'U.S. National Ambient Air Quality Standards indica come limite a breve termine (24 ore) il valore di 0,14 ppm (365 g/m<sup>3</sup>) e a lungo termine (annuale)

0,03 ppm (80 g/m<sup>3</sup>).

Valore di riferimento relativo all'aria indoor:

L'ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air - Conditioning Engineers, Inc.) propone per gli ambienti

interni lo stesso valore guida di 80 g/m<sup>3</sup> in un anno indicato dall'U.S. National Ambient Air Quality Standards.

*Effetti sulla salute*

Irritazione della pelle, occhi e mucose. Bronchite, asma e tracheite.

*Misure di controllo*

Si deve porre particolare attenzione all' utilizzo di combustibile negli ambienti confinati provvedendo ad un'adeguata ventilazione, ad una efficiente evacuazione

## COMPOSTI ORGANICI VOLATILI - VOC

### *Descrizione*

I Composti Organici Volatili (VOC) rappresentano un insieme di sostanze in forma liquida o di vapore. I composti più comuni sono gli idrocarburi alifatici e aromatici, i terpeni, gli idrocarburi clorinati, gli alcoli, gli esteri, i chetoni e le aldeidi (tra cui la formaldeide).

### *Fonti*

I VOC provengono da una lunga serie di prodotti tra i quali troviamo: pitture, lacche, pesticidi, prodotti per la pulizia, materiali di costruzione, materiale per ufficio come adesivi, marcatori, stampanti, fotocopiatrici, ecc.

### *Normativa/Standard*

Non ci sono valori limiti standard, ma la legislazione europea ed italiana mostrano un'attenzione crescente come dimostrato dalla Dir. 2004/42/CE del Parlamento europeo e del Consiglio relativa alla limitazione delle emissioni di composti organici volatili dovute all'uso di solventi organici in talune pitture e vernici e in taluni prodotti per carrozzeria e recante modifica della direttiva 1999/13/CE. La direttiva è stata recepita in Italia con il D.Lgs. n. 161 del 27/3/2006 (Attuazione della direttiva 2004/42/CE per la limitazione delle emissioni di composti organici volatili conseguenti all'uso di solventi in talune pitture e vernici, nonché in prodotti per la carrozzeria).

### *Effetti sulla salute*

Gli effetti acuti associati all'esposizione ai VOC sono irritazione agli occhi, al naso e alla gola, mal di testa, nausea, stanchezza. Gli effetti cronici comprendono danni ai reni, al fegato e al sistema nervoso centrale e casi estremi tumore.

*Misure di controllo*

Ridurre al minimo la fonte d'emissione. Aumentare la ventilazione quando si utilizzano prodotti che emettono VOC. Fare attenzione a quanto riportato sulle etichette dei prodotti.

## FORMALDEIDE - CH<sub>2</sub>O

### *Descrizione*

La formaldeide è un gas incolore con caratteristico odore pungente e con un forte potere irritante.

### *Fonti*

In uffici e ambienti residenziali la formaldeide è largamente presente nella mobilia, nei tessuti, nei materiali per l'edilizia, nel fumo di tabacco e in molti prodotti di uso corrente, come detersivi, coloranti, disinfettanti, materie plastiche, colle e vernici.

### *Normativa/Standard*

In Italia la Circolare n. 57 del 22/06/1983 del Ministero della Sanità, "Usi della formaldeide - Rischi connessi alle possibili modalità di impiego", fissa come limite massimo di esposizione alla formaldeide il valore di 0,1 ppm negli ambienti di vita e di soggiorno nei quali siano stati utilizzati schiume di ureaformaldeide, compensati, truciolati, conglomerati di sughero, ma anche manufatti provenienti da settori diversi da quello dell'edilizia, quali il settore tessile, quello della carta, delle vernici, degli abrasivi, della moquette, ecc..

Più recente è il DM 10 ottobre 2008 che stabilisce disposizioni riguardanti la fabbricazione, l'importazione e l'immissione in commercio di pannelli a base di legno e manufatti con essi realizzati contenenti formaldeide. Tali prodotti non possono essere immessi in commercio se la concentrazione di equilibrio di formaldeide nell'aria dell'ambiente di prova supera il valore di 0,1 ppm (0,124 mg/m<sup>3</sup>).

Il progetto europeo INDEX [Kotzias, 2005] suggerisce il valore limite di 30 g/m<sup>3</sup> come media in 30 minuti.

A livello europeo, il CEN ha diffuso norme di riferimento sui pannelli suddivisi per tipologia. Sono stati trattati sia la classificazione dei pannelli in base al rilascio dell'inquinante, sia i metodi di prova per l'analisi della emissione di formaldeide

(norme EN13986, e EN312, EN622-1, EN1084).

L'OMS ha indicato come limite per l'aria esterna il valore di  $0,1 \text{ mg/m}^3$  in 30 minuti ("Air quality guidelines for Europe", WHO, 2000).

L'ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.) propone il valore guida per ambienti interni pari a  $0,1 \text{ mg/m}^3$  in 30 minuti di esposizione, basato su effetti irritativi in persone sensibili.

#### *Effetti sulla salute*

Irritazione alle mucose, agli occhi e alle vie respiratorie; congiuntivite, asma, dermatite da contatto; stanchezza, angoscia, emicranie, nausea, sonnolenza e vertigini. Inoltre possiede potere mutageno e cancerogeno.

#### *Misure di controllo*

Limitare l'uso dei prodotti contenenti formaldeide; migliorare la ventilazione e mantenere l'umidità tra il 40 e il 60%. Avere in casa delle piante che aiutano a neutralizzare la formaldeide come ad esempio la felce di Boston, l'areca palmata, il ficus, lo spatafillo, la dracena.

## BENZENE - C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>

### *Descrizione*

Il benzene è un idrocarburo aromatico con un odore pungente e dolciastro che evapora all'aria molto velocemente, come tutti i Composti Organici Volatili (VOC). È una sostanza altamente infiammabile proveniente dalla combustione incompleta del carbone e del petrolio.

### *Fonti*

Le sue fonti provengono sia dall'esterno che da ambienti indoor. Negli ambienti confinati deriva fondamentalmente dal fumo di sigaretta, dalle combustioni domestiche incomplete del carbone e del petrolio e dai vapori liberati da prodotti che lo contengono, come colle, vernici, cere per mobili, detersivi. L'inquinamento esterno è dovuto al traffico e alle emissioni dell'industria petrolifera, chimica e petrolchimica.

### *Normativa/Standard*

Valori di riferimento relativi all'aria esterna:

D.Lgs. 155/2000 ha confermato il valore limite di 5 g/m<sup>3</sup> come media annuale, già in vigore (ex DM 60/2002).

Secondo l'OMS ("Air quality guidelines for Europe", WHO, 2000) le concentrazioni di benzene nell'aria associate al rischio per la vita di 1/10.000, 1/100.000 e 1/1.000.000 sono rispettivamente 17, 1.7 e 0.17 g/m<sup>3</sup>.

Valore di riferimento relativo all'aria indoor:

L'OMS sostiene che non può essere raccomandato nessun livello sicuro di esposizione al benzene [WHO, 2010]; fa presente che l'unità di rischio di leucemia per la concentrazione in aria di 1 µg/m<sup>3</sup> è 6\*10<sup>-6</sup> e riprende per l'indoor le concentrazioni dell'inquinante nell'aria associate al rischio per la sopravvivenza così come presentate in "Air quality guidelines for Europe" [WHO, 2000].

### *Effetti sulla salute*

Livelli di concentrazione bassi possono causare vertigini, sonnolenza, aumento del battito cardiaco, tremori, confusione e perdita di coscienza. Concentrazioni prolungate nel tempo possono alterare la memoria e alcune capacità psichiche oltre a causare disturbi ed effetti irritanti sulla pelle e sulle mucose. È considerato cancerogeno per l'uomo.

### *Misure di controllo*

Controllare l'immissione di benzene proveniente dall'esterno aerando gli ambienti nelle ore di minor traffico. Evitare il fumo di tabacco. Controllare le etichette dei solventi, detersivi e vernici utilizzate nei luoghi chiusi. Ventilare i locali durante e dopo le operazioni di verniciatura.



## IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI

### *Descrizione*

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici rappresentano un insieme di composti organici con due o più anelli benzenici condensati.

### *Fonti*

Sono presenti ovunque in atmosfera; provengono dalla combustione incompleta di materiale organico. Negli ambienti indoor derivano dai forni a legna, dai caminetti, dai fumi dei cibi cucinati sulle fiamme o affumicati e dal fumo di tabacco ambientale. Inoltre si depositano su scarpe e indumenti provenienti dall'ambiente esterno.

### *Normativa/Standard*

L'OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità), sulla base di studi epidemiologici effettuati sui lavoratori nelle industrie con forni a carbone, ha indicato che concentrazioni di benzo[a]pirene (utilizzato come indicatore) pari a 0.012-0.12 e 1.2 ng/m<sup>3</sup> corrispondono ad una stima dell'eccesso di rischio per tumore rispettivamente di 1/1.000.000, 1/100.000 e 1/10.000 ("Air quality guidelines for Europe", WHO, 2000).

Valori obiettivo relativi all'aria esterna:

Il D.Lgs. 155/2010 recepisce la direttiva 2008/50/CE e unifica in unico decreto anche le norme previgenti per idrocarburi policiclici aromatici, arsenico, cadmio, nichel e mercurio (D.Lgs 152/2007 recepimento della direttiva 2004/107/CE). Viene confermato il valore obiettivo per il benzo(a)pirene di 1 ng/m<sup>3</sup> come media su anno civile da conseguire "ove possibile" entro il 31/12/2012.

Valori di riferimento relativi all'aria indoor:

L'OMS sostiene che non può essere determinato un valore limite e che tutte le esposizioni indoor devono essere considerate rilevanti per la salute [WHO, 2010]; fa presente che l'unità di rischio per il cancro al polmone è pari a  $8,7 \cdot 10^{-5}$  per

ng/m<sup>3</sup> di benzo[a]pirene e riprende per l'indoor le concentrazioni dell'inquinante nell'aria associate al rischio per tumore così come presentate in "Air quality guidelines for Europe" [WHO, 2000].

#### *Effetti sulla salute*

Provocano irritazioni all'apparato respiratorio e molti sono stati valutati cancerogeni di classe 2A.

#### *Misure di controllo*

È sempre importante ventilare la cucina durante la cottura dei cibi e comunque tutti i luoghi dove sono presenti le fonti. Inoltre è bene ispezionare annualmente tutte le apparecchiature di combustione.

## OZONO - O<sub>3</sub>

### *Descrizione*

L'ozono è un gas velenoso dall'odore penetrante, di colore azzurro pallido. Quello presente nella troposfera contribuisce all'inquinamento dell'aria, è nocivo per l'uomo e per l'ambiente.

### *Fonti*

Proviene soprattutto dall'esterno e si origina per processi fotochimici a partire da ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) e da composti organici volatili (VOC).

All'interno le fonti di ozono sono rappresentate da fotocopiatrici, stampanti laser, lampade ultraviolette e alcuni tipi di depuratori d'aria.

### *Normativa/Standard*

Valori di riferimento relativi all'aria esterna:

Il D. Lgs. 155/2010 ha confermato come valore obiettivo per la protezione della salute umana la media giornaliera su 8 ore pari a 120 µg/m<sup>3</sup>, da non superare per più di 25 giorni per anno come media su 3 anni, (valore già in vigore, ex D.Lgs.183/2004).

Il decreto ha confermato anche la soglia di informazione pari a 180 µg/m<sup>3</sup> (calcolati sulla media di un'ora) e la soglia di allarme pari a 240 µg/m<sup>3</sup> (calcolati sulla media di un'ora).

L'OMS ha indicato il valore di 100 µg/m<sup>3</sup> come media per esposizioni di 8 ore ("Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogendioxide and sulfur dioxide", WHO, 2006).

L'US. EPA National Ambient Air Quality Standards indica 0,08 ppm come limite della media di 8 ore e 0,12 ppm come limite orario.

Valore di riferimento relativo all'aria indoor:

L'ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.) ha proposto il valore guida

per ambienti interni pari a  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  come media di 8 ore.

*Effetti sulla salute*

Essendo un potente ossidante attacca i tessuti delle vie aeree, provoca disturbi alla respirazione, aggrava gli episodi di asma.

*Misure di controllo*

Utilizzare in modo razionale le apparecchiature responsabili della produzione di ozono e ventilare adeguatamente gli spazi chiusi.

## PARTICOLATO AERODISPERSO

### *Descrizione*

Il particolato aerodisperso è costituito da tutte quelle particelle solide, liquide e aerosol di diametro e di peso tali da rimanere sospese nell'aria. Le particelle con un diametro fino a 10  $\mu\text{m}$  vengono chiamate  $\text{PM}_{10}$ , quelle con un diametro fino a 2.5  $\mu\text{m}$  vengono denominate  $\text{PM}_{2.5}$ .

### *Fonti*

Il particolato aerodisperso è di origine naturale (erosione, eruzioni vulcaniche, pollini e spore) ed antropica (combustioni per la produzione d'energia per il riscaldamento, trasporti, industrie, cantieri edili).

Negli ambienti indoor il particolato proviene principalmente dal fumo di sigaretta, dalle fonti di combustione, dall'ambiente esterno, dagli spray, dalla cottura degli alimenti, da batteri, spore e pollini e dalle attività degli occupanti.

### *Normativa/Standard*

Valori di riferimento relativi all'aria esterna:

Il D.Lgs. 155/2010 ha confermato per il  $\text{PM}_{10}$  i limiti già in vigore (ex DM 60/2002):

50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  come media delle 24 ore da non superare più di 35 volte l'anno; 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  come media annuale.

Per il  $\text{PM}_{2.5}$  ha fissato il valore di 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  come media annuale entro il 01/01/2015.

L'OMS ha indicato i seguenti valori guida ("Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogendioxide and sulfurdioxide", WHO, 2006):

$\text{PM}_{2.5}$ : 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  come media annuale e 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  come media giornaliera;

$\text{PM}_{10}$ : 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  come media annuale e 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  come media giornaliera.

L'US. EPA National Ambient Air Quality Standards indica

come limite per il  $PM_{10}$  il valore pari a  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in un giorno; per il  $PM_{2.5}$  i valori  $15,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in un anno e  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in un giorno.

#### *Effetti sulla salute*

Il particolato aerodisperso può provocare un effetto irritante e nocivo per le vie respiratorie, ostruzione degli alveoli polmonari, disturbi cardiaci e la possibilità di indurre alterazioni nel sistema immunitario.

#### *Misure di controllo*

Evitare di fumare negli ambienti confinati. Ventilare e controllare il buon funzionamento delle cappe di aspirazione. Ispezionare le apparecchiature da combustione. Ridurre l'ingresso di particolato outdoor.

## FUMO DI TABACCO AMBIENTALE

### *Descrizione*

Il fumo di tabacco ambientale consiste nell'esposizione ad agenti tossici generati dalla combustione del tabacco. È una combinazione di oltre 4000 sostanze, di cui molte sono tossiche, irritanti o cancerogene.

### *Fonti*

Fumo da sigaretta, pipa e sigari.

### *Normativa/Standard*

Non ci sono restrizioni per il fumo in casa, mentre per i luoghi pubblici e i posti di lavoro esistono le seguenti leggi:

Legge n.3 del 16/01/03, art.51, Tutela della salute dei non fumatori, in vigore dal 10/01/2005: Divieto di fumare nei locali chiusi ad eccezione di quelli privati non

aperti ad utenti o al pubblico, e quelli riservati ai fumatori e come tali contrassegnati.

Dir.P.C.M. del 14/12/1995, Divieto di fumo in determinati locali della pubblica amministrazione o dei gestori di servizi pubblici.

Legge n.584 dell'11/11/1975, Divieto di fumare in determinati locali e su mezzi di trasporto pubblico.

### *Effetti sulla salute*

Gli effetti più immediati dell'esposizione al fumo passivo sono irritazione agli occhi e al naso, mal di testa, secchezza della gola, vertigini, nausea, tosse e altri problemi respiratori. Inoltre provoca un aumento del rischio di malattie ischemiche, malattie cardiovascolari e tumore polmonare. È responsabile di patologie respiratorie dell'infanzia (otite, asma, broncopolmonite). Il fumo delle donne in gravidanza, o l'esposizione a fumo passivo provoca una significativa riduzione del peso alla nascita, è associato alle morti improvvise del neonato (SIDS, Sudden Infant Death Syndrome), ed ha gravi

conseguenze per lo sviluppo della funzione respiratoria dei bambini.

*Misure di controllo*

Evitare di fumare negli ambienti confinati e comunque ventilare adeguatamente. Non fumare in presenza di bambini e donne in gravidanza. Non fumare all'interno degli autoveicoli, specialmente se sono presenti bambini.



## PESTICIDI

### *Descrizione*

I pesticidi sono sostanze utilizzate per prevenire, allontanare o uccidere un insetto, fungo, roditore, erbaccia, ecc. Comprendono un gruppo vasto e diversificato di sostanze che possono essere classificate in numerose categorie a seconda dell'azione esplicata: si distinguono, ad esempio, gli insetticidi, i fungicidi, gli erbicidi, i raticidi, i larvicidi, i repellenti, i disinfettanti.

I pesticidi possono essere semplici sostanze inorganiche come zolfo, cloro, arsina, arsenicato di rame, bromuro di potassio, oppure composti organometallici, o composti organici volatili (VOC) come il tetracloruro di carbonio, il bromuro di metile, il naftalene, o composti organici semivolatili (SVOC) come pentaclorofenolo, diazinone, o, infine composti organici non volatili (NVOC). I pesticidi più comuni sono rappresentati soprattutto dai composti organici semivolatili (SVOC) e dai composti organici non volatili (NVOC).

### *Fonti*

I pesticidi vengono utilizzati in molti prodotti di uso domestico, ad esempio per preservare il legno, per la protezione delle piante da appartamento, in cucina, nei prodotti per la pulizia e per la disinfezione. Una fonte outdoor può essere costituita dai prodotti per giardino contenenti pesticidi.

### *Normativa/Standard*

Mentre l'utilizzo in agricoltura è strettamente regolato, negli ambienti indoor non vi è nessun tipo di regolamentazione.

### *Effetti sulla salute*

Gli effetti dipendono dai principi attivi contenuti nei pesticidi e dal loro corretto utilizzo.

In linea generale possono includere mal di testa, vertigini, contrazioni ai muscoli, debolezza, formicolio, nausea, irrita-

zione agli occhi, naso e gola; esposizioni croniche possono causare danni al sistema nervoso centrale, al fegato e ai reni. Determinati pesticidi sono stati classificati come probabili o possibili cancerogeni.

*Misure di controllo*

Corretto utilizzo dei pesticidi seguendo accuratamente le istruzioni dei produttori; applicazione della giusta quantità; incremento della ventilazione durante e dopo l'uso; utilizzo di sistemi alternativi, quando possibile.

## AMIANTO

### *Descrizione*

L'amianto rappresenta un gruppo di silicati (minerali contenenti silicio) in forma fibrosa, resistenti al calore, all'umidità e agli agenti chimici.

### *Fonti*

L'amianto ha avuto largo impiego nell'industria, nell'edilizia, nei prodotti di uso domestico e nei mezzi di trasporto. Negli ambienti confinati si trova nei materiali da costruzione, come isolante acustico o termico, in alcuni elettrodomestici, nei guanti da forno, nei teli da stiro, ecc... Il pericolo è costituito da quei materiali che lo contengono che abbiano subito danneggiamenti o deterioramenti.

### *Normativa/Standard*

Alcuni riferimenti normativi che riguardano l'amianto: Legge 27 marzo 1992 n.257, Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto.

D.M. del 6 settembre 1994, Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6, comma 3, e dell'art. 12, comma 2, della legge 27 marzo 1992, n. 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto.

D.P.R. dell'8 agosto 1994, Atto di indirizzo e coordinamento alle regioni ed alle province autonome di Trento e di Bolzano per l'adozione di piani di protezione, di decontaminazione, di smaltimento e di bonifica dell'ambiente, ai fini della difesa dai pericoli derivanti dall'amianto.

D.Lgs. del 17 marzo 1995 n. 114, Attuazione della direttiva 87/217/CEE in materia di prevenzione e riduzione dell'inquinamento dell'ambiente causato dall'amianto.

D.M. del 14 maggio 1996, Normative e metodologie tecniche per gli interventi di bonifica, ivi compresi quelli per rendere innocuo l'amianto, previsti dall'art. 5, comma 1, lettera f), della L. 27 marzo 1992, n. 257, recante: «Norme relative alla

cessazione dell'impiego dell'amianto».

D.M. del 12 febbraio 1997, Criteri per l'omologazione dei prodotti sostitutivi dell'amianto.

D.M. del 20 agosto 1999, Ampliamento delle normative e delle metodologie tecniche per gli interventi di bonifica, ivi compresi quelli per rendere innocuo l'amianto, previsti dall'art. 5, comma 1, lettera f), della L. 27 marzo 1992, n. 257, recante norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto.

D.M. del 18 marzo 2003 n. 101, Regolamento per la realizzazione di una mappatura delle zone del territorio nazionale interessate dalla presenza di amianto, ai sensi dell'articolo 20 della L. 23 marzo 2001, n. 93.

### *Effetti sulla salute*

Se le fibre vengono inalate possono arrivare ai polmoni determinando gravi e irreversibili danni causati dal loro elevato potere cancerogeno. Le malattie associate sono l'asbestosi, il carcinoma polmonare e il mesotelioma.

### *Misure di controllo*

Controllo periodico e manutenzione da parte di personale tecnico specializzato che verifichi se il materiale è in buone condizioni, duro e compatto, difficilmente danneggiabile. Quando si riscontra che il materiale contenente amianto è friabile, danneggiato o deteriorato, è necessario richiedere un intervento di bonifica.

## BATTERI

### *Descrizione*

I batteri, detti anche “germi”, sono microrganismi che vivono comunemente nel terreno e nell’acqua ma si sviluppano e crescono anche negli animali e nell’uomo. Possono essere responsabili di malattie o non essere affatto patogeni.

### *Fonti*

Negli ambienti indoor le condizioni per la proliferazione dei batteri sono l’umidità o l’acqua stagnante che si può formare negli impianti di riscaldamento, di umidificazione e di condizionamento ma anche nei vari materiali edili e d’arredamento. Sorgenti in aria di batteri sono anche l’uomo e gli animali.

### *Normativa/Standard*

Non esistono valori di riferimento relativi all’aria indoor (esclusi quelli inerenti ad alcuni ambienti di lavoro). Per quanto riguarda la patologia correlata al batterio legionella *Pneumophila*, la legionellosi, nella Gazzetta Ufficiale italiana sono state pubblicate le “Linee guida per la prevenzione e il controllo della legionellosi” (G.U. n. 103 del 5 maggio 2000) e le successive “Linee guida recanti indicazioni sulla legionellosi per i gestori di strutture turistico-ricettive e termali” (G.U. n. 28 del 4 febbraio 2005) allo scopo di costituire uno strumento utile per facilitare l’accertamento dei casi di legionellosi.

### *Effetti sulla salute*

Sono vari a seconda della tipologia di batterio. La febbre di Pontiac e la malattia del legionario (o legionellosi) sono tipiche patologie correlate ad ambienti confinati.

### *Misure di controllo*

Accurata pulizia della casa. Manutenzione e pulizia dei siste-

mi di condizionamento dell'aria.

## POLLINI

### *Descrizione*

Il polline è la cellula riproduttrice (gametofito) maschile che viene diffusa dalle piante e trasportata dagli insetti, animali e dal vento per fecondare l'apparato riproduttore femminile di un'altra pianta della stessa specie.

### *Fonti*

Il polline proviene principalmente dalle piante esterne soprattutto attraverso porte, finestre e fessure, oppure depositato su abiti, scarpe e animali domestici.

### *Normative/Standard*

Non esistono valori di riferimento.

### *Effetti sulla salute*

L'effetto sanitario principale dovuto all'esposizione ai pollini è l'allergia. Nella stagione dei pollini si susseguono le fioriture di diversi tipi di piante che determinano la comparsa dei caratteristici sintomi in periodi abbastanza ben delimitati: rinite, congiuntivite, tosse, dispnea, asma.

### *Misure di controllo*

Nei periodi di massima densità pollinica chiudere le finestre e preferire la ventilazione tramite sistemi di condizionamento a quella naturale.

## MUFFE

### *Descrizione*

Le muffe sono funghi microscopici che durante la loro crescita producono particelle di forma sferica di piccole dimensioni (spore) che si disperdono nell'aria principalmente in estate e in autunno.

### *Fonti*

La maggior parte si sviluppa in condizioni di temperature comprese tra 10 e 35 °C, ma il contenuto d'acqua è il fattore critico per la crescita. Negli ambienti indoor si sviluppano principalmente su pareti e pavimenti umidi, su carte da parati, nel materasso, nei divani e tappezzerie, nei sistemi di condizionamento d'aria, negli umidificatori, cioè in tutti quegli ambienti dove si crea un alto tasso di umidità.

### *Normativa/Standard*

Non esistono valori guida standard né formule per indicare il livello normale di muffe negli ambienti indoor (esclusi quelli inerenti ad alcuni ambienti di lavoro), in quanto questo dipende dalle caratteristiche di ogni costruzione, dalla pulizia, dai filtri per purificare l'aria dal clima ed anche dalle stagioni. Recentemente l'OMS ha pubblicato le linee guida per la qualità dell'aria indoor relativamente a umidità e muffe [WHO, 2009].

### *Effetti sulla salute*

Gli effetti sanitari riguardano le allergie di tipo respiratorio e alcune dermatiti allergiche.

Le spore e i filamenti prodotte dalle muffe possono causare riniti e asma.

### *Misure di controllo*

Le misure principali sono il controllo della temperatura e della umidità relativa e una pulizia periodica.



## ACARI

### *Descrizione*

Gli acari sono fra gli esseri viventi più antichi sulla superficie della terra; essi possono vivere e crescere in ambienti differenti come piante, fiori, animali, acqua dolce e salata, terra, ma anche rifiuti organici, materassi, libri, etc. Gli acari sono piccoli aracnidi, appartenenti a diverse specie; quelle che sono in modo particolare correlate all'asma sono chiamate "acari della polvere di casa" poiché hanno il loro habitat permanente nell'ambiente domestico.

### *Fonti*

L'ambiente ideale per la crescita e proliferazione degli acari della polvere sono i luoghi caldi e umidi. In casa li troviamo specialmente all'interno delle imbottiture dei cuscini, materassi e piumini, ma si trovano anche nei tappeti e nella moquette.

### *Normativa/Standard*

Non esistono valori di riferimento relativi all'aria indoor (esclusi quelli inerenti ad alcuni ambienti di lavoro).

### *Effetti sulla salute*

Gli acari possono causare malattie allergiche come riniti, congiuntivite ed asma bronchiale, eczema e tosse.

### *Misure di controllo*

Frequente lavaggio della biancheria da letto. Ridurre il tasso di umidità negli ambienti confinati e ventilarli adeguatamente. Limitare l'utilizzo delle fonti di accumulo di polvere, come tappezzeria, peluche, etc. e comunque sottoporle a lavaggi frequenti.

## ALLERGENI DEGLI ANIMALI DOMESTICI

### *Descrizione*

Gli allergeni degli animali domestici sono piccole particelle provenienti dal pelo, saliva, urina, forfora, deiezioni degli animali, che una volta essiccati rimangono sospese nell'aria.

### *Fonti*

Si concentrano particolarmente nella polvere, nei cuscini, materassi, coperte e piumoni. Possono essere trasportati tramite gli indumenti e gli oggetti dove si depositano facilmente.

### *Normativa/Standard*

Non esistono valori di riferimento relativi all'aria indoor (esclusi quelli inerenti ad alcuni ambienti di lavoro).

### *Effetti sulla salute*

Sono responsabili di allergie respiratorie.

### *Misure di controllo*

Il completo allontanamento degli allergeni degli animali è impossibile perché possono essere trovati in molti ambienti al di fuori della casa, comunque è opportuno ridurre l'esposizione diretta.

Controllare i possibili serbatoi di allergene con una pulizia approfondita della casa, utilizzando il meno possibile mobili imbottiti.

## ALLEGATO 2

ESEMPI PRATICI DI UTILIZZO DI SISTEMI DI VENTILAZIONE  
MECCANICA CONTROLLATA - RACCOLTA FOTOGRAFICA

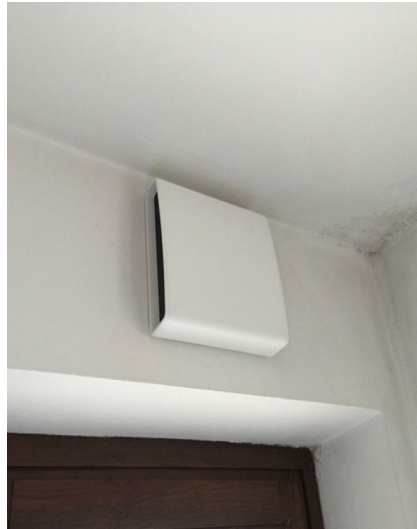






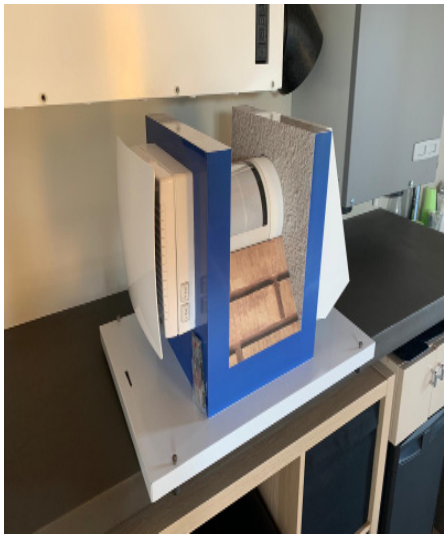












## SITOGRAFIA

[andrearotta.com](http://andrearotta.com)

[verdevero.it](http://verdevero.it)

[nuvap.com](http://nuvap.com)

[nehopieniipolmoni.r4h.it](http://nehopieniipolmoni.r4h.it)

[filair.it](http://filair.it)

[epc.it](http://epc.it)

[arpa.vda.it](http://arpa.vda.it)

[gruppolanzaro.com](http://gruppolanzaro.com)

[soluzioniecocreative.it](http://soluzioniecocreative.it)

ted talk

rapporti Istisan

ISPRA

[feelgood.srl](http://feelgood.srl)

# INDICE

PREMESSA	9
CAPITOLO I PANORAMICA GENERALE	13
CAPITOLO II LA QUALITA' DELL'ARIA INDOOR	17
CAPITOLO III GLI EFFETTI SULLA SALUTE UMANA	23
CAPITOLO IV LA NORMATIVA DI RIFERIMENTO	27
CAPITOLO V LE SOSTANZE INQUINANTI	29
CAPITOLO VI LE FONTI DI EMISSIONE	33
CAPITOLO VII LA VENTILAZIONE DEGLI AMBIENTI CONFINATI	37
CAPITOLO VIII PIANTE E FITODEPURAZIONE	41
CAPITOLO IX UN'INSOLITA ARTISTA: NATALIE JEREMIJENKO	45
CAPITOLO X LA MISURA DEGLI INQUINANTI INDOOR	55

<b>CAPITOLO XI</b>	
NE HO PIENI I POLMONI: LA SITUAZIONE NELLE SCUOLE	59
<b>CAPITOLO XII</b>	
RADON: IL GAS CHE UCCIDE	61
<b>CAPITOLO XIII</b>	
ESPOSIZIONE A TONER: DANNI E INDICAZIONI DI PREVENZIONE	67
<b>CAPITOLO XIV</b>	
ETERE: UN FILTRO PER L'ABBATTIMENTO DELLE POLVERI PRODOTTE DAI TONER	83
<b>CAPITOLO XV</b>	
COSA RESPIRIAMO QUANDO PULIAMO?	87
<b>CAPITOLO XVI</b>	
VMC: VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA	93
<b>CAPITOLO XVII</b>	
LA IONIZZAZIONE DELL'ARIA	99
<b>CAPITOLO XVIII</b>	
LA BIODECONTAMINAZIONE CON L'USO DEL PEROSSIDO DI IDROGENO - ACTIVE PURE® TECHNOLOGY	107
<b>ALLEGATO 1</b>	
SCHEDE DESCRITTIVE DEI PRINCIPALI AGENTI CHE DETERMINANO INQUINAMENTO INDOOR	111
<b>ALLEGATO 2</b>	
ESEMPI PRATICI DI UTILIZZO DI SISTEMI DI VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA - RACCOLTA FOTOGRAFICA	145
<b>SITOGRAFIA</b>	153

## TERMINI E CONDIZIONI

Il contenuto, le informazioni e tutto quanto pubblicato in questo documento hanno esclusivamente scopo informativo e non assumono alcun carattere di ufficialità. L'autore non si assume alcuna responsabilità per eventuali errori o omissioni di qualsiasi tipo e per qualsiasi tipo di danno diretto, indiretto o accidentale derivante dalla lettura o dall'utilizzo delle informazioni pubblicate, o di qualsiasi forma di contenuto presente nel documento.

Per questo si consiglia una consulenza personalizzata a riguardo.

Ogni diritto sul presente lavoro è riservato ai sensi della normativa vigente.

Il documento potrebbe inoltre contenere opinioni o pareri dell'autore, che non assumono carattere probatorio né in alcun modo vincolante e restano considerazioni personali sulle informazioni trattate. Le informazioni riportate sono fornite senza alcuna garanzia esplicita o implicita di alcun tipo.

Il presente documento ha l'esclusivo obiettivo riportato in precedenza e non può essere in nessun modo divulgato, anche solo in parte, senza preventiva autorizzazione scritta dell'autore e non può essere esibito ad alcun titolo, tantomeno in giudizio.

Il contenuto di questo documento così come il modo in cui i contenuti sono presentati e formati sono di esclusiva proprietà dell'autore e sono protetti dalle leggi italiane ed internazionali a tutela del diritto d'autore.

[www.andrearotta.com](http://www.andrearotta.com)

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

Progetto grafico e impaginazione:  
Matteo Meleddu

Fotografie  
Diego Castagna di Attimo Fotografico

Andrea Rotta svolge la professione di ingegnere da più di vent'anni nell'ambito della progettazione, costruzione e gestione di impianti di climatizzazione con attenzione allo sviluppo delle energie rinnovabili e risparmio energetico. Nel 2017 ha scritto *Era meglio fare l'idraulico!*. Oggi insieme al GRUPPO LANZARO e SOLUZIONI ECOCREATIVE promuove la costruzione di edifici in bioedilizia e la riqualificazione energetica del patrimonio esistente. Un lavoro che ormai è diventata pura passione nel veder realizzato il sogno della sostenibilità ambientale che da una singola abitazione, come una goccia nel mare, farà la differenza nel nostro futuro come descritto nell'introduzione al libro *SmartHome*, pubblicato ad aprile del 2019.



[www.andrearotta.com](http://www.andrearotta.com)

Roberto Biagini installa il primo impianto di ventilazione nella sua nuova casa, per risolvere un problema di condensa nel 2006.

La sua azienda nasce nel 1997, si occupa principalmente di Impianti di Ventilazione Meccanica Controllata ed Isolamenti Termo-acustici.

Da prima specializzato nel settore dell'isolamento a 360 gradi, diventa Artigiano associato PassivHaus IGP Piemonte e Valle d'Aosta, crea il concetto di HOME COMFORT SOLUTIONS lavorando proprio sul Comfort Abitativo.

*ARIA PULITA* è il suo primo libro.



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