

Cristiano Vergani

Responsabile R & D

Deparia Engineering S.r.l.

Umidità relativa ed inquinanti indoor

Il livello massimo raccomandato dagli standard per l'umidità relativa indoor è variabile dal 60% all'80%: una umidità troppo elevata può infatti comportare effetti deleteri per il comfort e la salute. Una elevata umidità relativa favorisce lo sviluppo di contaminanti biologici, ma è anche in grado di potenziare l'effetto di alcuni inquinanti non biologici, come ad esempio la formaldeide. Questo articolo tratta della relazione tra umidità e benessere negli ambienti chiusi, nonché delle misure correttive e di prevenzione da adottare

Introduzione

I valori di umidità relativa ideali per gli ambienti chiusi si trovano in numerose raccomandazioni, in particolare negli standards ASHRAE 55-1992 e 62-1989. Nonostante tutto, numerosi aspetti del rapporto tra umidità relativa ed Indoor Air Quality non vengono normalmente esaminati con la dovuta attenzione. Ciò comporta una elevata diffusione di situazioni a rischio. Molti agenti infettanti hanno la possibilità di moltiplicarsi e diffondersi facilmente in condizioni di elevata umidità ambientale. Il tasso di diffusione ed il livello di reattività di alcuni inquinanti di tipo chimico come la formaldeide e l'ozono possono variare significativamente al variare della umidità relativa. Anche la reattività degli individui agli inquinanti può variare in relazione all'umidità relativa: ad esempio l'aria troppo secca può

disidratano le mucose dell'apparato respiratorio, rendendole più irritabili e vulnerabili agli agenti patogeni.

Agenti patogeni di origine biologica potenzialmente correlati al livello di umidità

Nella tabella 1 troviamo elencata una serie di patologie e di relativi agenti. Si tratta di infezioni e fenomeni allergici causati dall'inhalazione di contaminanti biologici in sospensione nell'aria. Virus e batteri si trasmettono da persona a persona soprattutto attraverso starnuti e colpi di tosse che provocano l'emissione di aerosol infetto. Alcuni micro-organismi, ad esempio la Legionella pneumophila, si moltiplicano abbondantemente nelle zone più umide dell'ambiente, riuscendo poi a diffondersi con la movimentazione dell'aria. Altri agenti determinano conseguenze non infettive, ma allergiche, tossiche, immunologiche. La fonte principale del danno non è in questo caso tanto rappresentata dai micro-organismi in sé, quanto da sottoprodotti del loro metabolismo o da veri e propri rifiuti o parti strutturali. Queste sostanze possono facilmente scatenare gravi fenomeni allergici. Il termine "allergia" sta a significare un malessere provocato dalla formazione nell'organismo di un particolare gruppo di anticorpi, le immunoglobuline IgE. Tutti possediamo immunoglobuline IgE, ma solo un certo numero di persone predisposte ne produce in quantità tale da scatenare sintomi allergici. Queste persone, se esposte ripetutamente all'azione di sostanze allergeniche, possono sviluppare reazioni allergiche più o meno violente. Per rendersi conto della vastità del fenomeno, basti pensare che circa un quarto della popolazione soffre di fenomeni allergici. Alcuni di questi fenomeni sono strettamente correlati con l'Indoor Air Quality, ad esempio la rinite allergica, l'asma allergico e l'aspergillosi bronco-polmonare. La maggior parte delle persone affette da asma è allergica agli acari della polvere, al puviscolo, alla forfora degli animali domestici.

Altre forme allergiche di tipo simil-influenzale (come ad esempio la cosiddetta "febbre del deumidificatore") sembra coinvolgere altri meccanismi, come l'immunità cellulo mediata, derivano comunque da ripetute e prolungate esposizioni ad agenti inquinanti. Una importante fonte di problemi è rappresentata dai funghi (muffe), che producono micotossine, alcune delle quali sono fortemente irritanti e cancerogene per i polmoni. Molte specie fungine sono anche produttrici di sostanze organiche volatili (SOV) ad azione irritante. Alcuni Autori attribuiscono a questi metaboliti fungini molti sintomi correlati con la sindrome dell'edificio malato (sick building syndrome). Le mucose respiratorie subiscono anche l'azione irritante di tipo chimico degli inquinanti non biologici, come la formaldeide, l'ozono, gli ossidi di azoto e le anidridi solforose. La formaldeide viene rilasciata in ambiente da diversi materiali da costruzione, in modo dipendente dalle condizioni di umidità. Anche l'azione degli ossidi di azoto e delle anidridi solforose è influenzata dal tasso di umidità. Ad ogni modo, l'umidità condiziona la tossicità di queste sostanze in misura minore di altri parametri, come ad esempio il tasso di ricambio dell'aria o la concentrazione dell'inquinante. Ad esempio, l'utilizzo di sistemi refrigeranti ad evaporazione diretta può incrementare il livello di umidità ambientale, riducendo di conseguenza la concentrazione di ozono (perché viene "consumato" più rapidamente nelle reazioni chimiche di superficie, favorite dall'aumento di umidità); tuttavia questo effetto è quantitativamente insignificante rispetto all'incremento della concentrazione di ozono provocata dall'immissione di aria esterna urbana.

Gli acari della polvere

Nelle regioni caratterizzate da clima temperato e da alti livelli di umidità, gli acari della polvere sono considerati i maggiori responsabili delle allergie respiratorie. Il genere di

reperimento più comune in Europa è il *Dermatophagoides*, suddiviso in due specie, *D. pteronyssinus* e *D. farinae*. Responsabili delle allergie sono in realtà i detriti corporei e le feci di questi microscopici insetti. L'insetto adulto misura circa 1/3 di millimetro, mentre i suoi detriti sono particelle che possono avere diametri inferiori a 5 µm: ciò significa che esse possono essere inalate in profondità nei polmoni, determinando facilmente la produzione di IgE e quindi lo scatenarsi dell'allergia. La sensibilizzazione agli acari della polvere può essere facilmente evidenziata da un test cutaneo, permettendo di individuare rapidamente la causa degli attacchi asmatici. Diversi lavori sperimentali hanno dimostrato un effetto peggiorativo dell'umidità ambientale (superiore al 50% di U.R. per almeno 2 mesi all'anno) sulle allergie da acari della polvere. Inoltre, i soggetti che soffrono di asma allergica da acari sono predisposti ad un'altra malattia, la dermatite atopica, caratterizzata da pelle ruvida ed irritata.

Il corpo degli acari è composto per il 70% di acqua, percentuale che essi devono mantenere per vivere e riprodursi. La loro unica fonte d'acqua è rappresentata dal vapore acqueo atmosferico, che sono in grado di assorbire direttamente per mezzo di una secrezione salina soprasatura. Le condizioni ambientali ideali per il loro sviluppo sono rappresentate da un intervallo di umidità relativa compreso tra il 70% e l'80% e da un intervallo di temperatura tra 17° e 32°C. Tuttavia, livelli di U.R. maggiori del 55% (a 15°C) ne permettono comunque lo sviluppo. I metaboliti ed i rifiuti responsabili delle allergie sono comunque prodotti in quantità durante il massimo sviluppo degli acari, oltre il 70% di U.R. Gli acari per sopravvivere si nutrono dei residui cornei rilasciati dalla cute dell'uomo e degli animali: essi non sarebbero comunque in grado di assimilarne direttamente i principi nutritivi, ma necessiterebbero dell'aiuto di alcune muffe del genere *Aspergillus*, che proliferano nelle stesse condizioni ambientali. Gli acari si trovano in notevole quantità in cuscini e materassi, grazie all'abbondanza di cibo e al livello ideale di umidità presente in

un letto occupato rispetto all'ambiente circostante. Anche i tappeti folli sono un luogo ideale per lo sviluppo degli acari, visto anche che in media la temperatura dei pavimenti è in media di 3,7°C inferiore a quella dell'aria ambiente: in questo modo, l'umidità relativa a livello dei tappeti è in genere più alta del 9,6% rispetto a quella ambientale. La contaminazione da acari è tipica delle abitazioni e solo raramente colpisce gli altri tipi di edifici: nelle case esistono molte tipiche fonti localizzate di umidità (la cottura dei cibi, la doccia, i panni stesi ad asciugare), mentre non sono ancora abbastanza diffusi condizionatori d'aria e deumidificatori che possano controllare l'umidità relativa durante i picchi stagionali.

Rimedi da impiegare contro gli acari

Esistono numerosi interventi che possono limitare la diffusione e la riproduzione degli acari. Tra questi possiamo citare la pulizia con aspirapolvere particolari, la rimozione dei tappeti a pelo lungo, il regolare lavaggio di lenzuola, federe e cuscini con acqua calda a 55°C, l'uso di coprimaterassi semi-permeabili, l'uso di sostanze acaricide. Il momento migliore per intervenire è in primavera, quando il numero di acari è minore. L'uso dell'aspirapolvere è efficace solo impiegando sistemi di aspirazione centralizzata, oppure dotati di filtri ad alta efficienza o di sistemi di abbattimento delle polveri ad umido. Gli aspirapolvere convenzionali non solo sono del tutto inefficaci, ma possono peggiorare la situazione, in quanto lasciano passare agevolmente dai loro filtri le particelle allergeniche, distribuendole nell'aria durante la pulizia. In commercio esistono alcuni preparati acaricidi, tutti a base di benzil-benzoato, da applicare ogni sei mesi: si tratta di prodotti efficaci, anche se non è consigliabile ricorrere a mezzi chimici per un problema di qualità dell'aria (respirare benzil-benzoato invece di detriti di acaro non migliora il quadro globale della

situazione). Soluzioni efficaci per combattere gli acari consistono nell'impiego di termocoperte e deumidificatori. Le termocoperte possono essere impiegate anche quando il letto non è occupato, in modo da ridurre l'umidità relativa. Riscaldare il materasso quando il letto non è in uso permette di ridurre la popolazione di acari fino all'84%. Un deumidificatore può ridurre la concentrazione degli allergeni del 50%. Un impianto di ventilazione efficace può essere molto utile per disperdere l'umidità causata dalla cucina e dalla doccia, nei climi dove l'umidità esterna non sia molto elevata.

Muffe

Le muffe sono responsabili di allergie, anche se percentualmente in un numero inferiore di persone (sono causa di non più del 3% dei casi). Possono però indurre altre forme patologiche pericolose come la micotossicosi (intossicazione da tossine) oppure infezioni vere e proprie a carico di vari organi. Le muffe emettono sostanze organiche volatili come metaboliti: queste sostanze, in forma gassosa, sono responsabili tra l'altro del tipico "odore di muffa", nonché di molti dei sintomi tipici della sindrome dell'edificio malato (irritazione di naso, occhi, gola, cefalea, affaticamento). Le specie fungine più diffuse negli edifici sono quelle appartenenti ai generi *Aspergillus* e *Penicillium*.

Le muffe traggono alimento da una grande varietà di materiali: legno, cellulosa, fibre vegetali, colle e vernici contenenti sostanze proteiche. Paradossalmente, proprio i prodotti di origine naturale impiegati nell'edilizia "ecologica" sono i più idonei allo sviluppo delle muffe. Per questo motivo, il controllo dei parametri di umidità relativa, ventilazione e temperatura è importante quanto la scelta dei materiali di costruzione e rivestimento degli ambienti, ai fini di una soddisfacente qualità dell'aria indoor. Le muffe possono comunque attecchire anche su superfici metalliche o plastiche, in presenza di depositi nutrienti: un

esempio tipico è la proliferazione di colonie fungine sui rivestimenti isolanti e fonoassorbenti all'interno delle condotte dell'aria condizionata, con relativa diffusione di spore direttamente in ambiente. La crescita delle colonie è fortemente condizionata dalla umidità superficiale, più che dall'umidità relativa in ambiente. Le condizioni ideali per lo sviluppo delle muffe sono quelle caratterizzate dalla formazione di condensa. Per quanto riguarda la temperatura, le muffe possono riprodursi agevolmente in un intervallo che si estende da 0° a 40°C, con valori ideali tra i 20° e i 30°C. L'idoneità allo sviluppo delle muffe in un dato materiale di rivestimento è in relazione al parametro di *attività* (a_w) dell'acqua contenuta nel substrato, indice definito dal rapporto tra la pressione di vapore acqueo in superficie rispetto alla pressione di vapore esistente su un film d'acqua alle stesse condizioni di temperatura e pressione atmosferica. Espresso in forma di percentuale, si identifica nell'indice di *umidità relativa equivalente*. Nelle condizioni tipiche degli ambienti chiusi, l'umidità relativa ambientale ha una influenza relativamente scarsa sull'indice di attività, che dipende invece molto dalle caratteristiche strutturali del materiale. Come accorgimento pratico al fine di limitare la crescita di colonie fungine, si dovrebbero utilizzare come rivestimento materiali con indice a_w non superiore a 0,8 (UR equivalente $\leq 80\%$). Naturalmente è necessario evitare fenomeni di condensazione o di accumulo di umidità dovuta a stilloidio di acqua da sanitari o da infissi.

In generale, i materiali igroscopici porosi dovrebbero permettere alle muffe di accedere all'acqua con valori di umidità relativa ambientale più bassi di quanto non permettano i materiali a superficie liscia: tuttavia, il legno comune allo stato asciutto si comporta in modo differente. L'acqua assorbita dai pori del legno viene "sequestrata" dalla cellulosa delle pareti cellulari, divenendo inaccessibile alle muffe. Ciò può avvenire anche con umidità relative ambientali molto alte, almeno finché non venga raggiunto il livello di saturazione del legno, con relativa perdita di igroscopicità. In un ambiente normale, caratterizzato da condizioni variabili nell'arco della giornata, è molto difficile raggiungere lo

stato di saturazione: in questo modo, pannelli di legno poroso alle pareti possono funzionare come una spugna, in grado di assorbire e di cedere grandi quantità d'acqua durante il ciclo climatico delle 24 ore, evitando la formazione di condensa superficiale. Per questo motivo, purchè l'umidità relativa ambientale non sia così alta da saturare il substrato, l'impiego di ampie pannellature di legno poroso può impedire lo sviluppo di muffe anche a livelli di U.R. medio-alti. Naturalmente l'uso di vernici sulle superfici di rivestimento degli ambienti può influenzare in senso positivo o negativo lo sviluppo delle muffe. Prescindendo dal contenuto di eventuali sostanze antimuffa, sono da preferire le vernici a base inorganica, permeabili al vapore acqueo (traspiranti).

Rimedi da impiegare contro le muffe

Gli interventi da effettuare dipendono dalle fonti di contaminazione e dalle condizioni climatiche tipiche della zona geografica. Nelle regioni caldo-umide il controllo dell'umidità ambientale è molto importante. In altri climi è importante controllare le fonti interne di umidità, o le infiltrazioni d'acqua attraverso la struttura dell'edificio. Un fattore da considerare con attenzione è la manutenzione degli impianti di condizionamento, specialmente negli edifici non residenziali. Una volta in presenza di materiali contaminati da muffe, è pressoché impossibile tornare ad una situazione accettabile, se non con il rinnovo delle strutture. L'eliminazione dell'umidità non consente di eliminare le spore, mentre l'uso di sostanze biocide non è consigliabile per la natura tossica e corrosiva di questi preparati. Inoltre si rischierebbe di selezionare dei ceppi resistenti (è bene segnalare che la sostanza antimuffa maggiormente venduta, con nomi, marchi e costi differenti, altro non è che la comune candeggina). Per questo motivo gli interventi correttivi

possono solo avere un effetto preventivo per scongiurare la contaminazione dei rivestimenti sostituiti.

Batteri e virus

La maggior parte delle malattie respiratorie batteriche e virali si trasmettono da soggetto a soggetto, attraverso l'inalazione di aerosol infetto emesso con starnuti e colpi di tosse. La maggioranza di queste particelle possiede una massa tale da provocarne la precipitazione nel raggio di un metro. Le particelle più piccole invece, possono formare per disidratazione dei nuclei di condensazione di diametro molto piccolo (da 0,5 a 5 μ m), che possono rimanere in sospensione nell'aria per molto tempo. L'umidità relativa può influenzare il processo di disidratazione, che a sua volta determina la grandezza delle particelle e di conseguenza il tempo di decadimento.

Trasmissibilità aerogena

L'umidità relativa può determinare effetti complessi sulla trasmissibilità e sulla virulenza di molti agenti patogeni batterici e virali. Alcuni batteri sopravvivono a stento in particolari intervalli di umidità: ad esempio, la *Legionella pneumophila* ha una trasmissibilità molto bassa tra il 50% ed il 60% di umidità relativa. Alcuni ceppi virali sono instabili nell'aerosol atmosferico a diversi livelli di U.R., a seconda delle loro diverse caratteristiche strutturali. Generalmente parlando, si può dire che livelli di umidità relativa medio-alti diminuiscono la trasmissibilità aerogena della maggioranza delle malattie respiratorie batteriche e virali.

Contaminanti a sviluppo ambientale

Sono pochissimi i batteri patogeni per l'uomo in grado di moltiplicarsi in ambiente, al di fuori del corpo umano: la *Legionella pneumophila* è uno di questi, batterio responsabile di una grave forma di polmonite, il morbo del Legionario. Il morbo del Legionario è attualmente l'unica forma patologica di importante rilevanza clinica causata da sviluppo di cariche infettanti in ambiente. L'instaurarsi di colonie di *Legionella* è in correlazione alla presenza di acqua stagnante di condensa all'interno degli impianti di condizionamento: si tratta comunque di casi numericamente limitati. È da sottolineare in proposito il concetto di *carica infettante*: ovvero, la presenza di un determinato agente patogeno nell'aria non è sufficiente di per sé a causare la malattia, ma è necessario inalare una adeguata quantità minima di micro-organismi per scatenare l'infezione. Per questo motivo è assolutamente importante una adeguata ventilazione degli ambienti (vedi raccomandazioni ASHRAE 62-1989), in modo da ridurre la concentrazione di eventuali batteri o virus infettanti presenti in sospensione.

Inquinanti di origine non biologica

Formaldeide

La formaldeide si trova comunemente in numerosi materiali da costruzione e rivestimento, particolarmente nei derivati del legno, come il compensato ed il truciolare: è inoltre il componente principale della schiuma isolante all'urea-formaldeide. La formaldeide è altamente solubile in acqua, irritante per le mucose oculari e del primo tratto

dell'apparato respiratorio già alla concentrazione di 0,1 ppm. E' una delle sostanze con accertata azione mutagena e cancerogena. Per questo l' Organizzazione Mondiale per la Sanità (OMS) ha stabilito un livello massimo ammissibile di 0,1 mg/m³ negli ambienti chiusi. Il rilascio di formaldeide da parte dei substrati è in funzione della temperatura e dell'umidità ambientali. Un aumento dell'umidità relativa dal 30% al 70% può causare un raddoppio della concentrazione in aria di formaldeide; lo stesso incremento lo si può osservare innalzando la temperatura da 14° a 35°C.

Ozono

L'ozono è un noto irritante delle vie respiratorie, conosciuto anche come il maggior componente del cosiddetto "smog fotochimico", che rende irrespirabile l'aria delle nostre città nelle giornate di sole senza vento. In tali condizioni l'ozono si forma in abbondanza da reazioni tra idrocarburi incombusti ed ossidi di azoto, catalizzate dalla luce solare. A causa del fortissimo potere ossidante e dell'elevata solubilità in acqua, l'ozono può arrivare in profondità negli alveoli polmonari, compromettendo la funzionalità respiratoria. Irrita fortemente anche le mucose oculari. La principale fonte di contaminazione indoor è rappresentata dall'immissione di aria esterna urbana. Le fonti interne sono rappresentate da apparecchiature funzionanti ad alta tensione o per mezzo di raggi ultravioletti, come fotocopiatrici, stampanti laser o macchine per la riproduzione dei disegni con procedimento diazo. La concentrazione di ozono nei locali chiusi è variabile dal 10% all'80% del valore esterno, ma poiché la maggior parte di noi passa il 90% del proprio tempo all'interno, i livelli di esposizione (concentrazione x tempo) possono essere comunque elevati.

Ossidi di azoto ed anidridi solforose

Come nel caso dell'ozono, anche gli ossidi di azoto e le anidridi solforose trovano le loro fonti più importanti nell'ambiente esterno. Gli ossidi di azoto sono comunque prodotti in abbondanza anche da fornelli e bruciatori a gas per usi di cucina e riscaldamento. Questi composti dell'azoto e dello zolfo reagiscono con l'umidità dell'aria formando aerosol acidi che vengono spesso reperiti nell'atmosfera indoor. Questi aerosol possiedono una forte azione irritante sulle membrane mucose dell'occhio e dell'apparato respiratorio. Rivestono anche una azione corrosiva per le superfici metalliche e rappresentano una delle cause più comuni di malfunzionamento di apparati elettrici ed elettronici, danneggiando le superfici di contatto all'interno dei connettori.

Conclusioni

- La maggior parte degli agenti contaminanti biologici vive e si moltiplica sulle superfici interne degli stabili e degli impianti di distribuzione dell'aria, sulle suppellettili e sui rivestimenti, nonché nell'acqua stagnante all'interno ed all'esterno dell'edificio. Nessuna crescita può avvenire direttamente nell'aria, che funziona solo come mezzo di dispersione. La crescita sulle superfici è solo indirettamente in funzione dell'umidità relativa, che deve essere comunque controllata per evitare fenomeni di condensazione. E' necessario inoltre evitare l'utilizzo di umidificatori che disperdono acqua sotto forma di aerosol (ad ultrasuoni, meccanici), mentre è preferibile, se necessario, umidificare con vapore (umidificatori ad ebollizione).

- La contaminazione da acari è invece direttamente correlata al livello di umidità relativa. Le condizioni ottimali per la crescita sono dal 70% all'80% di U.R. alla temperatura di 25°C. Nota bene che il valore di U.R. si riferisce al microhabitat dell'acaro (tappeti, cuscini e soprattutto materassi) a questi valori può corrispondere una U.R. ambientale anche molto più bassa (dal 50% in su). Gli interventi più efficaci consistono nel rivestire i materassi con una fodera semipermeabile con funzione di barriera per l'umidità, come pure nell'utilizzo di coprimaterasso elettroriscaldanti. L'uso di tappeti e moquettes dovrebbe essere limitato, oppure accompagnato da interventi di isolamento per evitare temperature dei pavimenti più basse di quelle ambiente.
- L'impatto sul benessere degli agenti non-biologici è difficile da quantificare. Il rilascio di formaldeide da parte di determinati materiali può essere incrementato da alti livelli di umidità. L'uso della formaldeide è oggi molto più limitato di un tempo, e le concentrazioni in ambiente di questa sostanza sono destinate a decrescere. Per quanto riguarda l'ozono, la sua concentrazione indoor può essere ridotta da un incremento della umidità relativa, grazie alla facilitazione delle reazioni di ossidazione. Questa riduzione può essere però facilmente vanificata dall'immissione di aria esterna contaminata. Gli ossidi di azoto e le anidridi solforose sono principalmente di origine esterna. I loro effetti sull'organismo, già notevolmente dannosi, possono essere ulteriormente accresciuti da elevati livelli di umidità.

Gli agenti patogeni infettivi trasmessi in sospensione nell'aria ambientale sono una realtà da considerare attentamente: le fonti sono rappresentate dal tratto terminale dell'apparato respiratorio, a volte anche dalla pelle, delle persone ammalate. Le cariche infettanti possono essere disperse nell'aria attraverso diversi meccanismi, ma esse sono comunque veicolate da particelle di aerosol o polveri. L'umidità ambientale può influenzare il diametro ed il tempo di decadimento al suolo di queste particelle. Elevati livelli di U.R.

determinano particelle più "pesanti", che precipitano in minor tempo, diminuendo la probabilità di trasmissione aerogena. Questo fatto suggerisce di mantenere una umidità relativa maggiore del 50% nelle situazioni a rischio di contagio.

www.ariaclima.com

	Implicazioni per la salute	Requisiti ambientali per lo sviluppo	Siti contaminati	Procedure raccomandate di contenimento
Acari della polvere	Reazioni allergiche: asma, rinite, dermatite Allergeni degli acari: detriti corporei e fecali sono la causa più comune delle reazioni allergiche scatenate dalla polvere domestica. Specie comunemente correlate con le patologie: <i>Derma tophegoles</i> <i>D. pteronissinus</i> (più comune nei climi umidi) <i>D. tenax</i> (più comune nei climi asciutti)	Fonti nutritive: molto scaglie di pelle umana ed animale. Fonti di acqua: • traggono vapore acqueo direttamente dall'aria • alla U.R. del 70-80% a 25°C è ideale per la crescita. Umidità relativa critica dal 55% a 15°C al 75% a 35°C	<ul style="list-style-type: none"> • materassi • tappeti folti • tappezzerie (gli acari sono tipici degli ambienti residenziali più vecchi e decorati) 	<ul style="list-style-type: none"> • rimozione dei supporti contaminati • pulizia regolare di materassi, cuscini e coperte con acqua calda (65°C) • copertura dei materassi con fodere semipermeabili • riduzione dell'umidità dell'intero ambiente dell'edificio (uso di termocoperte e riscaldamento del pavimento)
Muffe	Reazioni allergiche: asma, rinite, dermatite (<i>Alternaria</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Cladosporium</i> , <i>Penicillium</i>) Formite da sensibilità zone (Cladosporium, <i>Serpula</i>) Micotossine (Aspergillus, <i>Penicillium</i> , <i>Stachybotrys atra</i> , <i>Trichoderma viride</i>) Infezioni (<i>Aspergillus fumigatus</i> , <i>A. niger</i> , <i>Aspergillus terrestris</i> , <i>Cryptococcus</i>)	Fonti nutritive: detriti organici sporici, resti di cibi di origine organica Fonti d'acqua: condensa superficiale • il livello di umidità ideale è variabile da specie a specie • si ha crescita delle specie se umidità con alta disponibilità d'acqua dal 75% all'80%	<ul style="list-style-type: none"> • materiali di rivestimento danneggiati dalla condensa • superfici interne delle condotte centrali di condensa • altre parti umide dell'impianto di condizionamento con scarsa manutenzione 	<ul style="list-style-type: none"> • rimozione, se possibile, dei materiali contaminati • pulizia delle superfici con candeggina • appropriate manutenzione e condizione dell'impianto di condizionamento (pulizia e distribuzione periodiche, evitare la formazione di condensa) • isolare e materiali di costruzione adeguati per evitare fenomeni di condensa • controllare il livello di umidità ambientale
Batteri e virus	Malattie infettive trasmissibili facilmente da persona a persona (raffreddore, influenza, morbillo, TBC) Malattie infettive correlate con l'edificio (Legionella)	<ul style="list-style-type: none"> • i batteri ed i virus si trasmettono facilmente da persona a persona, toccando, tossendo o semplicemente parlando • virus e batteri capaci di sopravvivere fuori dall'ospite, necessitano di acqua liquida per crescere 	<ul style="list-style-type: none"> • persone infette • apparecchi capaci di generare aerosol, contaminati a causa della scarsa manutenzione 	<ul style="list-style-type: none"> • isolamento delle persone colpite • mantenere il tasso di ricambio con aria fresca • ridurre la manutenzione degli impianti di trattamento e distribuzione dell'aria

Tabella 1, contaminanti biologici nell'aria indoor.

Requisiti ambientali per lo sviluppo dei contaminanti e procedure raccomandate di contenimento