

UMIDITÀ DI CONDENSAZIONE

01 - Premessa

La comparsa di macchie, muffe e localizzazioni umide su pareti e pavimenti è un evento tutt'altro che infrequente e deve essere considerato, con sufficiente attendibilità, come la sintomatologia superficiale di problemi più profondi, connessi con un elevato tasso di umidità all'interno delle strutture murarie e/o dell'ambiente, spesso accompagnato da carenze di isolamento e da inadeguate misure di areazione e ricambio dell'aria negli ambienti.

In taluni casi è possibile intervenire con prodotti e metodi "leggeri", volti a ridurre l'entità delle manifestazioni con provvedimenti di bonifica degli insediamenti (muffe, alghe, licheni, ecc.) e di riduzione puntuale delle carenze di isolamento termico delle aree interessate.

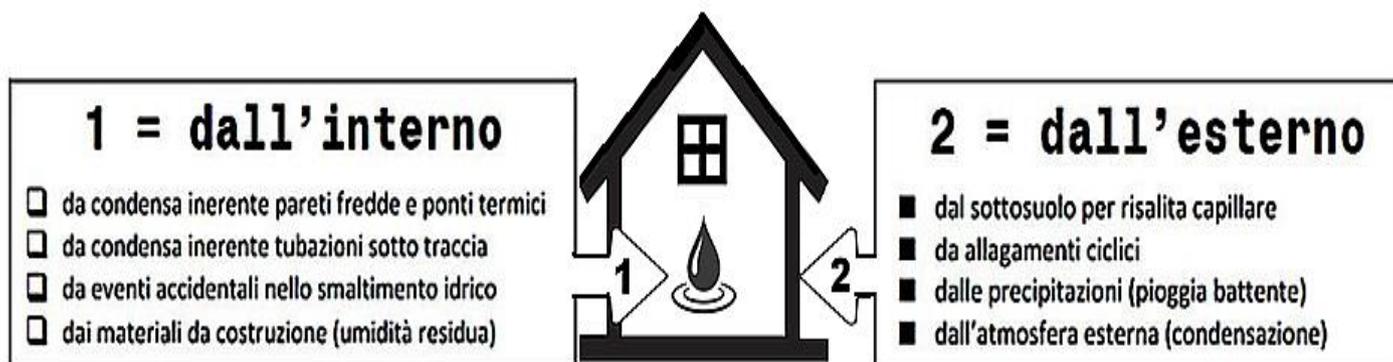
Si tratta di provvedimenti che pur operando sugli effetti, piuttosto che sulle cause, come sarebbe più opportuno, possono apportare miglioramenti anche significativi delle rilevanze e delle conseguenze di degrado, specie se vengono coadiuvati da opportuni adeguamenti dell'areazione interna.

Fermo restando che i fenomeni in esame sono sempre riconducibili, in misura diretta o indiretta, all'umidità, il conseguimento di una bonifica radicale richiede però magisteri specifici indirizzati alla concreta rimozione di cause che, per essere convenientemente affrontate, debbono essere riconosciute ed individuate.

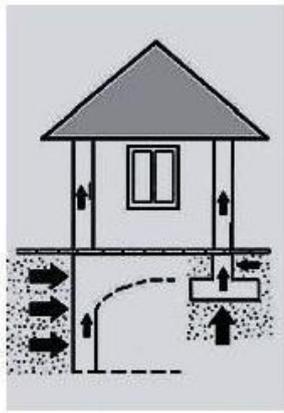
Il complesso argomento delle patologie umide nelle costruzioni è affrontato, allo stato, in 6 documenti presenti nel sito www.azichem.com. In queste note, a solo titolo introduttivo, vengono riproposti alcuni richiami.

02 - Le cause "classiche" di umidità

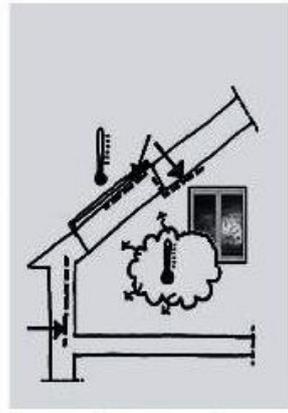
L'acqua può invadere le strutture e gli edifici, attraverso differenti percorsi, interni e esterni agli edifici stessi.



Le modalità "classiche" di "invasione umida" sono riconducibili ai 4 schemi fondamentali che costituiscono la base di partenza, sia per l'interpretazione diagnostica che per i protocolli di bonifica.



risalita



condensazione



infiltrazione



accidentale

03 - Preliminari di riconoscimento

L'umidità di condensazione, derivante dalla presenza di incorrettezze inerenti l'isolamento termico e/o di inadeguata aerazione dei volumi abitativi, si accompagna spesso, al manifestarsi di insediamenti biodeteriogeni quali muffe, alghe, ecc.

La verifica, dell'eventuale sussistenza delle condizioni richiamate, costituisce quindi una buona pratica di accertamento preliminare. Anche la presenza di muffe nere nelle parti alte degli ambienti abitativi, per esempio sugli angoli dei soffitti, vicino a finestre e porte, è infatti ascrivibile a fenomeni di condensazione per differenza termica tra l'aria ed il muro e non a fenomeni di risalita come spesso, erroneamente, viene interpretata.

In ogni caso, l'osservazione accurata può fornire indicazioni utili per "interpretare", in prima istanza, le manifestazioni umide, sulla base della "geografia" caratteristica delle macchie e delle rilevanze, richiamata nel documento: "Umidità: lettura degli indizi".

A solo titolo indicativo può essere utile considerare che in genere, la condensazione si manifesta su pareti rivolte a nord, non adeguatamente isolate, laddove esistono "ponti termici", in corrispondenza di elementi a più elevata conducibilità termica inseriti in un'opera muraria (pilastri in cemento armato elementi strutturali metallici, ecc.), all'intersezione di due pareti verticali e così via, a causa di:

03.A - Insufficiente ricambio d'aria negli ambienti, rispetto alle quantità di vapore acqueo normalmente prodotto.

03.B - Inadeguato isolamento termico delle pareti, specie se esposte a nord, interrate, o al piano terra, con umidità di risalita capillare.

03.C - Serramenti eccessivamente ermetici con inadeguati provvedimenti di areazione.

03.D - Ponti termici causati da differenti morfologie e/o materiali presenti nelle murature.

03.E - Eccessiva copertura delle pareti perimetrali, da parte di mobili ingombranti.

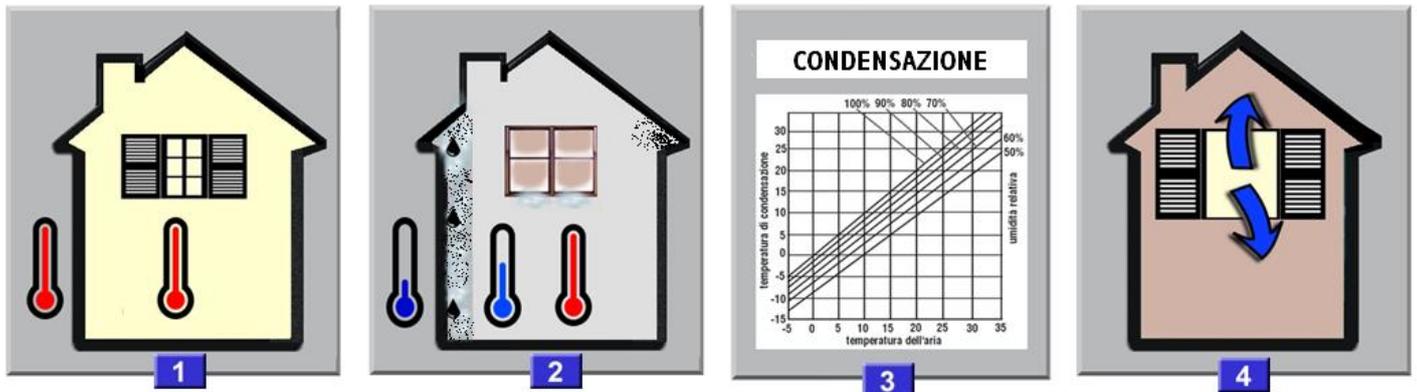
03.F - Solette in cemento armato direttamente esposte all'esterno: d'inverno trasmettono il calore dall'interno all'esterno, mentre d'estate dall'esterno all'interno.

03.G - Ponti termici "geometrici" costituiti dagli angoli degli edifici, sui quali si accumula la condensa, in assenza di appropriati isolamenti puntuali.

04 - La condensazione "in pillole"

Il manifestarsi dell'umidità di condensazione può essere considerato, semplificando, come un fenomeno essenzialmente termico, connesso con la legge fisica che stabilisce che la quantità d'acqua, che può essere contenuta nell'aria allo stato di vapore, diminuisce con il diminuire della temperatura.

Il fenomeno può quindi caratterizzarsi con un andamento discontinuo strettamente dipendente dalle variazioni meteorologiche locali (del momento, dal periodo stagionale). In pratica in un edificio la condensazione avviene quando l'aria si raffredda, più o meno bruscamente al contatto con una superficie più fredda delle altre (il vetro di una finestra, una parete esposta al nord, una trave o un pilastro in calcestruzzo a filo intonaco, ecc.).



Nella sequenza di generazione dell'umidità di condensazione, sopra richiamata, la condizione stabile, riportata in (1), viene alterata, dai gradienti termici e di Umidità Relativa (2 e 3).

Si determinano le condizioni per la formazione della "condensa" e l'insorgere delle muffe (2).

I provvedimenti di areazione-ventilazione (4), possono ridurre l'incidenza, sino a ripristinare le condizioni di stabilità.

05 - Definizioni e unità di misura

Umidità relativa: indica la percentuale di aria che è saturata con vapore acqueo, ossia quale percentuale di vapore acqueo rispetto al massimo possibile è contenuta nell'aria in esame. Il tutto riferito a determinate condizioni di temperatura e pressione.

Umidità assoluta: peso di acqua contenuto in un metro cubo di miscela aria-vapore acqueo.

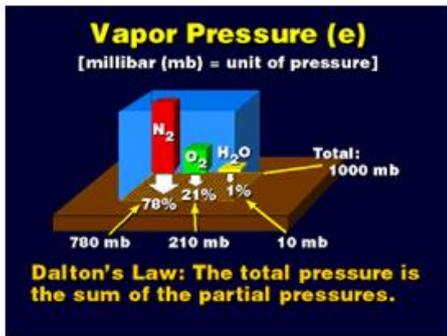
Rapporto di miscelazione: rappresenta l'umidità assoluta riferita a kg 1 di aria secca.

Pressione totale: secondo la legge di Dalton la pressione totale di una miscela di gas è uguale alla somma delle pressioni che i singoli componenti gassosi eserciterebbero se occupassero da soli l'intero volume della miscela.

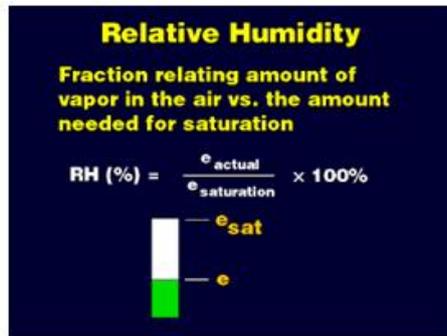
Pressione parziale: Il contributo individuale di ogni componente alla pressione totale della miscela è detto pressione parziale. La pressione parziale dovuta alle molecole di acqua, costituisce la pressione del vapore acqueo. Se la percentuale di vapore acqueo nell'atmosfera aumenta, aumenta proporzionalmente anche la pressione del vapore. Quindi, la pressione del vapore è una misura esatta della quantità di vapore nell'aria.

Pressione del vapore di saturazione: l'aria non può contenere più di una certa quantità di vapore acqueo, detta pressione del vapore di saturazione, definita come grammi di vapore acqueo per kg di aria umida. Questo parametro dipende dalla temperatura dell'aria: è basso a basse temperature e alto ad alte temperature.

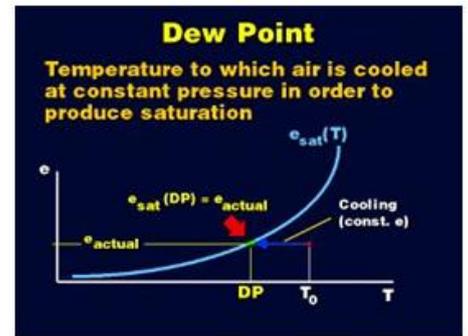
Punto di rugiada (dew point): è la temperatura alla quale l'umidità relativa è 100%, cioè è la temperatura al di sotto della quale tutto il vapore acqueo della miscela si trasforma in goccioline di acqua (a parità di altre condizioni).



pressione di vapore



umidità relativa



punto di rugiada

06 - Umidità dell'aria e condensazione

L'acqua in natura si presenta allo stato solido, liquido e gassoso.

Il processo che genera il passaggio da uno stato all'altro è strettamente determinato dalla temperatura. Con temperature basse (inferiori a zero gradi centigradi) l'acqua solidifica, quando viene riscaldata evapora diventando gas nell'aria. Il procedimento inverso, cioè il passaggio dallo stato gassoso allo stato liquido, è detto condensazione.

Nell'ambiente è sempre presente una quantità di vapor d'acqua, usualmente definita "aria umida".

La quantità di acqua presente nell'aria sotto forma di vapore, apparentemente piuttosto ridotta, non può comunque essere trascurata.

Una massa unitaria d'aria può contenere sino ad una certa quantità d'acqua, in forma di vapore.

Questa "capacità" prende il nome di "umidità assoluta" (chilogrammi di vapore acqueo in 1 chilogrammo d'aria asciutta) ed è caratterizzata da un valore massimo, detto "di saturazione" che è funzione crescente della temperatura dell'aria.

UMIDITA' RELATIVA (U.R.)
Rapporto (%) fra il vapore acqueo contenuto nell'aria ed il vapore acqueo di saturazione.
$U.R.(%) = \frac{e_{\text{effettivo}}}{e_{\text{saturazione}}} \times 100$

UMIDITA' ASSOLUTA (x)
Rapporto fra la massa di vapore (kg) e la massa d'aria asciutta (kg).
$x = \frac{Mv}{Ma} \quad \begin{matrix} \text{(massa di vapore in kg)} \\ \text{(massa d'aria asciutta in kg)} \end{matrix}$

Anche la quantità di acqua, sotto forma di vapore acqueo, che può essere contenuta nell'atmosfera è correlata con la temperatura. Più l'aria è calda, maggiore è la sua capacità di contenere il vapore. L'aria fredda ha, invece, una limitata capacità di ritenere umidità ed è per lo più secca.

Nella tabella sopra riportata sono indicate le quantità di vapore acqueo contenibili in un metro cubo d'aria, intese come quantità di saturazione. Se la quantità di saturazione viene superata, l'aria scarica la quantità eccedente sotto forma di goccioline di acqua allo stato liquido che "condensa" depositandosi sulle pareti, sui vetri e sugli oggetti che si trovano nell'ambiente.

L'umidità assoluta, intesa come quantità d'acqua contenuta in un determinato volume d'aria, non è rappresentativa delle condizioni reali poiché non considera le condizioni di temperatura dell'aria: con la stessa quantità di vapor d'acqua infatti, l'aria calda (per esempio a 40 ° C) può raggiungere valori di umidità molto bassi mentre l'aria fredda (per esempio a 10 ° C) può sicuramente condurre alla saturazione di parte del vapore. Questo perché l'aria calda ha una maggiore capacità di assorbire acqua sotto forma di vapore rispetto all'aria fredda.

Unitamente alla misura dell'umidità assoluta, è necessario considerare la misura dell'umidità relativa, che rappresenta la quantità d'acqua, in un determinato volume d'aria, riferita alla massima quantità di acqua che quell'aria può trattenere a quella temperatura.

La condizione di umidità relativa del 100% rappresenta la condizione di saturazione del vapore contenuta in quella determinata quantità d'aria (a quella temperatura). Un metro cubo di aria in condizioni di saturazione a 10 °C contiene circa 10 grammi d'acqua, a 20 °C ne contiene circa 17 grammi.

La temperatura a cui vengono raggiunte le condizioni di saturazione ed ha luogo la condensazione è definita con il termine "punto di rugiada" o "temperatura di rugiada", che viene calcolata sulla base del diagramma di Mollier, di seguito riportato a livello indicativo.

In altri termini, un determinato abbassamento della temperatura porta l'aria umida in uno stato instabile, nel quale sussiste un eccesso di vapore. La condensazione rappresenta il conseguimento di un nuovo stato di equilibrio attraverso il passaggio, dallo stato gassoso allo stato liquido, della massa di vapore che eccede il limite ammissibile determinato dalla nuova condizione termica. La condensazione si verifica a contatto con superfici "fredde" che, come tali, hanno una temperatura inferiore rispetto alla temperatura di rugiada.

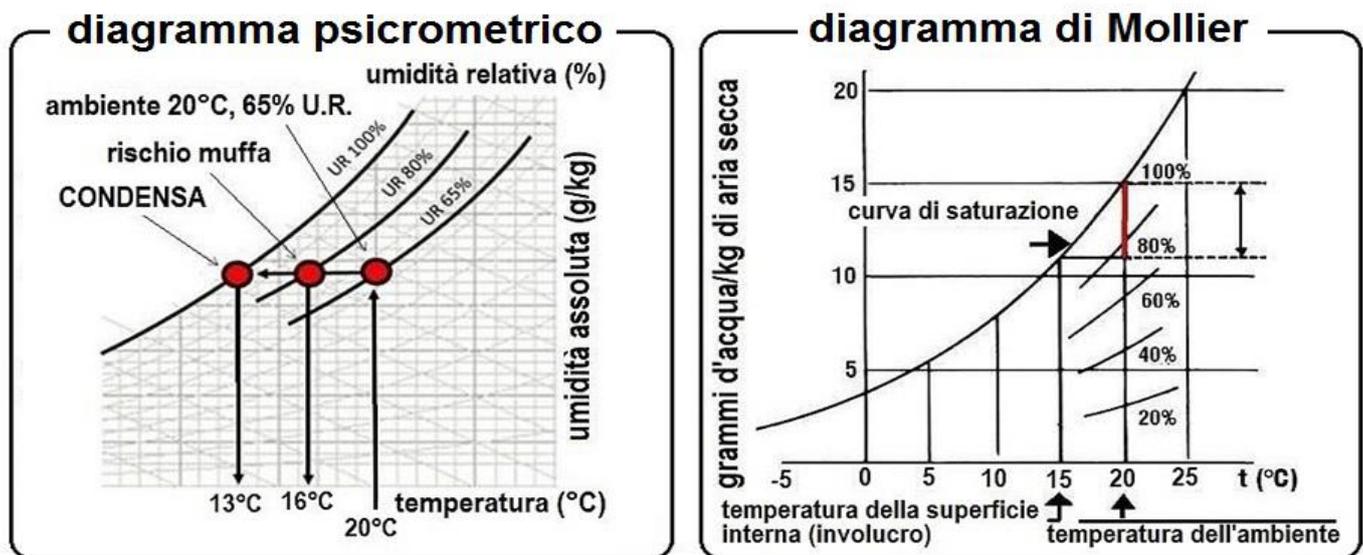


Diagramma psicrometrico: ogni punto del grafico rappresenta una determinata condizione di umidità relativa, umidità assoluta e temperatura.

Dal diagramma si vede come partendo dalle condizioni indicate dalla legge (condizioni standard 65% U.R. e 20°C) e si interseca la linea corrispondente a U.R. 80% per una temperatura di circa 16°C e quella di U.R. 100% di circa 13°C.

Queste rappresentano rispettivamente le due soglie critiche alle quali si verifica il rischio di formazione di muffa e di condensazione.

Diagramma di Mollier: la temperatura di rugiada viene determinata leggendo l'intersezione fra la curva di saturazione e la retta che rappresenta una trasformazione a titolo costante, a partire dalle condizioni di temperatura e umidità dell'ambiente considerato.

07 - La temperatura di "rugiada"

Per ogni valore di umidità specifica ad un aumento di temperatura corrisponde una diminuzione dell'umidità relativa e viceversa. Per esempio considerando un ambiente con una umidità specifica di 10 g/kg, a 20°C l'umidità relativa corrispondente risulta circa il 70%. Se la temperatura aumenta a 30 °C la quantità di vapore d'acqua effettivamente presente resta costante, ma aumenta invece la quantità di vapore acqueo tollerato nell'aria a quella temperatura in condizioni di saturazione.

Ne consegue una diminuzione dell'umidità relativa (rapporto tra il vapore esistente e quello tollerabile) che in questo caso scende a circa il 40%.

Se invece di un aumento di temperatura si verificasse una diminuzione, il tasso di umidità relativa aumenterebbe di conseguenza. In quest'ultimo caso si potrebbe addirittura raggiungere condizione di saturazione con conseguente condensa del vapore in eccesso.

La temperatura a cui ciò si verifica è definita temperatura di rugiada.

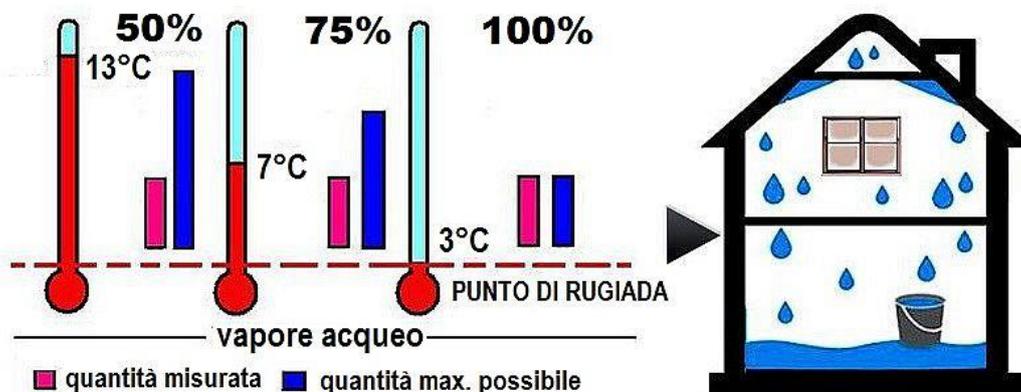
La condensa si localizza sulle superfici degli oggetti o sulle pareti dell'ambiente che possono venire a trovarsi a tale temperatura (pareti fredde, ecc.)

08 - Il processo di condensazione

All'esterno degli edifici l'umidità relativa varia con il variare delle condizioni meteorologiche; in genere, nei nostri climi si assumono, per l'esecuzione dei calcoli, valori medi valutabili tra il 50 % e il 90%.

Negli ambienti interni l'umidità relativa è teoricamente uguale a quella esterna, ma, nella realtà pratica, la presenza di persone produce un aumento di umidità determinato dalle attività fisiologiche (respirazione, sudorazione) e da quelle funzionali (preparazione degli alimenti, lavaggio di stoviglie, lavaggio e asciugatura di abiti, igiene personale, ecc.).

Per mantenere un livello di umidità relativa confortevole (intorno al 50%) l'umidità relativa eccedente deve essere considerata come acqua da smaltire, per equilibrare la produzione interna di vapore, poiché la quantità effettivamente smaltibile per diffusione (traspirazione), attraverso gli involucri murari, è in genere piuttosto modesta.



Per questo motivo è importante che le superfici interne (muri, solai, pavimenti) siano "capaci" di "assorbire" il più possibile l'umidità dell'aria per restituirla in un secondo tempo nell'ambiente.

Affinché questa regolazione "igrometrica" resti intatta è necessario che le superfici non vengano trattate con pitture che ne riducano la capacità di traspirazione e la permeabilità al vapore.

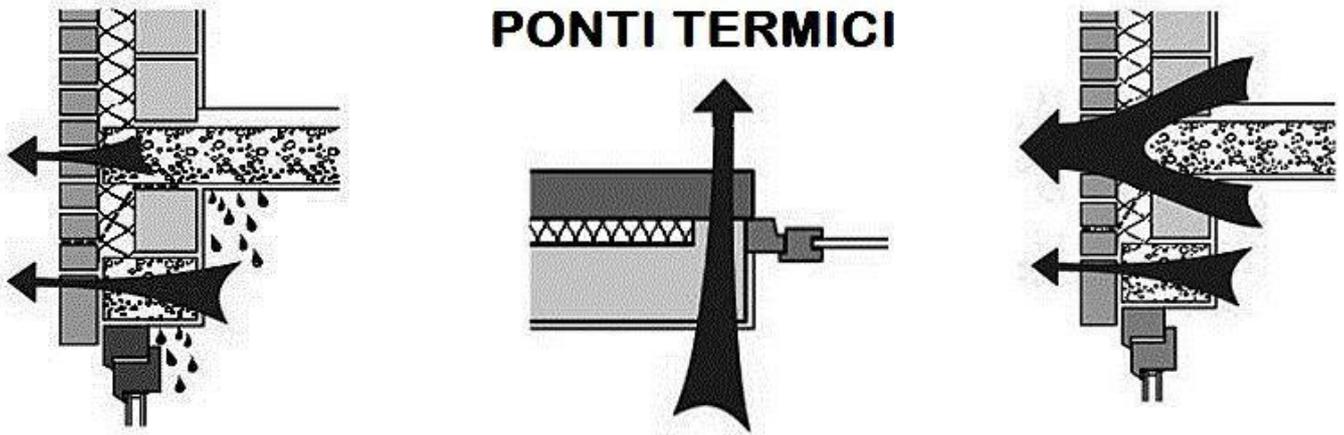
La caratteristica di traspirazione delle superfici interne è molto importante anche per compensare i picchi di umidità. Una parete in calcestruzzo, per esempio, assorbe molto meno di una lastra di gesso, mentre il legno può assorbire ancora più del gesso.

Quando la temperatura delle pareti e/o delle superfici interessate da ponti termici, è inferiore alla temperatura di rugiada dell'aria interna si verifica la condensazione.

08.1 - Ponti termici

Una soletta di cemento che giunge, senza interruzione, sino all'esterno dell'edificio, si comporta come un'aletta di raffreddamento: d'inverno conduce calore verso l'esterno e d'estate dall'esterno all'interno.

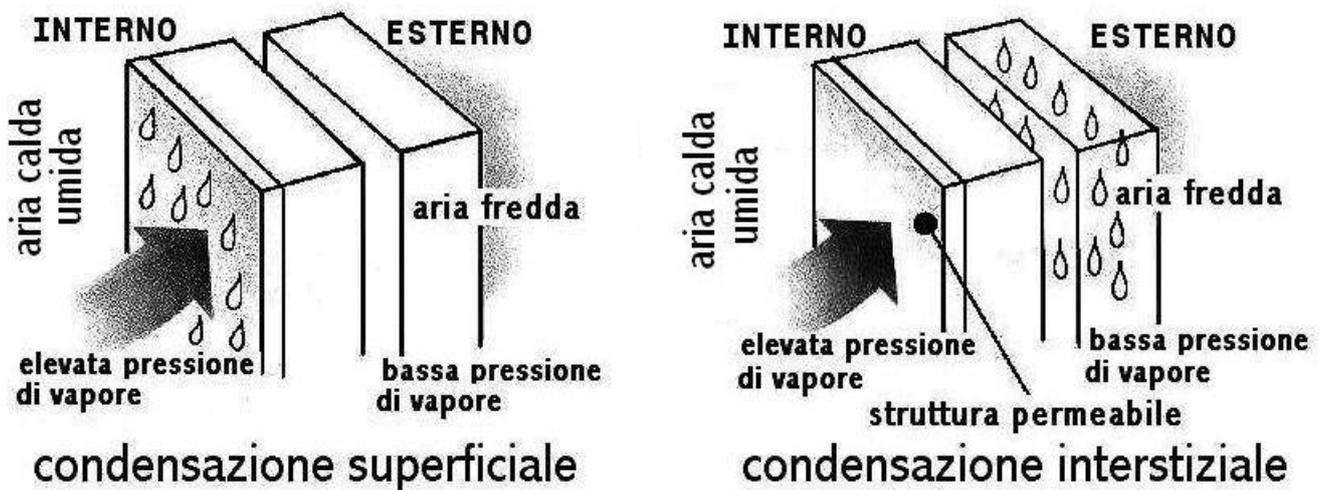
Si tratta di un classico "ponte termico" spesso presente nelle costruzioni. Altri esempi, non immediatamente identificabili sono rappresentati dagli angoli degli edifici (ponti termici geometrici), sui quali si possono verificare depositi di umidità, muffe, ecc. La presenza di ponti termici rende necessari interventi di isolamento supplementare.



PONTI TERMICI

08.2 - Condensazione superficiale e interstiziale

La condensazione superficiale si verifica quando la temperatura sulla superficie interna della parete scende al di sotto della temperatura di rugiada, in concomitanza con la presenza di elevati valori di umidità relativa dell'aria interna, mentre la condensazione interstiziale si manifesta all'interno della parete, con il verificarsi delle condizioni schematizzate nell'immagine riportata a destra.



09 - La produzione "interna" di umidità

Proviene dal processo di respirazione degli abitanti, dalla produzione di vapore di cucine e bagni, dalla restituzione dell'acqua da parte dei muri e si manifesta in modo evidente sulle superfici, quando la ventilazione ambientale è carente o incorretta ed in modo occulto nel corpo murario, quando sono presenti incorrettezze di isolamento.

	4/5 persone a riposo (8 ore)	LITRI 1,3/1,6		2 persone attive (16 ore)	LITRI 1,5/1,7
	preparazione alimenti	LITRI 2,3/2,8		lavaggio stoviglie	LITRI 0,8/1,0
	lavaggio indumenti	LITRI 4,0/4,5		asciugatura indumenti	LITRI 4,5/5,0
	igiene personale	LITRI 0,5/0,6		TOTALE INDICATIVO	LITRI 14/17,2

09.1 - A proposito di ricambio d'aria

Ventilare efficacemente un ambiente abitativo è una necessità spesso sottovalutata. Si tende infatti a trascurarne l'importanza, intervenendo solo quando sulle pareti compaiono le prime macchie scure che annunciano la presenza e lo sviluppo di muffe.

In altre parole, gli ambienti abitativi vengono spesso arieggiati in modo insufficiente ed irrazionale.

Per ridurre i problemi causati dall'accumulo di umidità, limitare il rischio della comparsa di muffe e migliorare il comfort abitativo è necessario effettuare quotidianamente e ove possibile più volte, il ricambio dell'aria tenendo completamente aperte le finestre di ciascun ambiente, per almeno 5/10 minuti.

In questo modo l'aria satura, il vapore e l'umidità, escono in misura conveniente, senza significative dispersioni di calore, evitando l'eccessivo raffreddamento di mobili e pareti.

Per situazioni particolarmente gravi (patologiche) che possono essere individuate strumentalmente, il provvedimento descritto può rivelarsi insufficiente. In questi casi è necessario ricorrere a sistemi di areazione (naturale o forzata) adeguati all'effettiva severità del problema.



In linea di massima, nelle abitazioni, il ricambio d'aria necessario deve risultare prossimo ad almeno metà del volume d'aria, contenuta nell'ambiente, ogni ora: $n = 0,5 V/h$.

Il ricambio citato, che dovrebbe essere garantito naturalmente, può essere conseguito anche con appositi dispositivi.

Sono invece frequenti i casi in cui i valori effettivi risultano drasticamente inferiori a quelli raccomandati, spesso in concomitanza con murature non traspiranti, serramenti ermetici mantenuti tali troppo a lungo e in qualche caso, con incorrettezze progettuali o di esecuzione.

10 - Incorrettezze & condensazione

“Gli ambienti devono essere progettati e realizzati in modo da limitare, al minimo tecnico, le concentrazioni di sostanze inquinanti e di vapore acqueo; ovvero di portare le concentrazioni ad un livello tale da non costituire rischio per la salute degli esseri viventi che vi dimorano e tali da assicurare la buona conservazione delle cose e degli elementi costitutivi degli ambienti stessi. Negli ambienti devono essere altresì impedita l'immissione, il reflusso o la mutua diffusione di aria viziata, inquinanti o esalazioni in genere, prodotti all'esterno o al loro stesso interno”.

Le indicazioni legislative riassunte, richiamate nel paragrafo 12, sono spesso disattese per incorrettezze concettuali e inadempienze esecutive comprendenti:

10.A - Inadeguato isolamento dei ponti termici, tenuto conto del fatto che l'effetto del “ponte termico” può risultare più accentuato quanto più i componenti di contorno sono termicamente isolati.

10.B - Imprecisa valutazione delle caratteristiche di conducibilità dei materiali impiegati rispetto alle reali condizioni di esercizio.

10.C - Spessore insufficiente delle pareti;

10.D - Utilizzo di serramenti ad elevata ermeticità in carenza di dispositivo o metodi per il ricambio dell'aria (aperture appositamente predisposte, impianti di ventilazione, ecc.).

10.E - Incorretta messa in opera dei sistemi di isolamento; spessore dei presidi isolanti inferiori a quelli previsti in progetto e/o contemplati dalle normative vigenti;

10.F - Utilizzo di materiali isolanti degradabili nel tempo; impiego di rivestimenti plastici esterni, non traspiranti, con conseguente inibizione degli scambi igrometrici;

10.G - Errata valutazione delle necessità di prosciugamento dei corpi murari rispetto ai tempi di successivo rivestimento degli stessi.

10.H - Ricorso a tipologie di parete non correttamente valutate, in termini di possibile condensazione interstiziale, con conseguente decadimento delle aspettative di isolamento termico.

11 - Effetti della condensazione

Il perdurare dell'umidità di condensazione può compromettere, anche in modo decisivo, la durabilità delle opere interessate e la vivibilità degli ambienti confinati. In generale il danneggiamento delle pareti dovuto a fenomeni di condensazione può comportare:

11.A - la presenza di acqua di condensazione sulla superfici interne;

11.B - la migrazione dei sali eventualmente presenti all'interno dei materiali che compongono la struttura e la conseguente comparsa di efflorescenze;

11.C - la crescita di colonie fungine;

11.D - il danneggiamento degli intonaci;

11.E - l'imputridimento di eventuali manufatti lignei;

11.F - la riduzione del grado di isolamento termico.

12 - Provvedimenti pratici di bonifica

Nella tabella che segue vengono elencate le possibilità di intervento più comuni da adottare singolarmente o in coazione, in funzione dell'effettiva necessità di bonifica. Ulteriori informazioni sono rimandate al documento "Umidità, provvedimenti di risanamento".



1. Migliorare il riscaldamento e la ventilazione con particolare riguardo per i punti "freddi".
2. Costruire un presidio isolante in corrispondenza delle pareti più fredde.
3. Tenere chiusa la porta ed aperta la finestra del locale interessato, cucinando, facendo il bagno, lavando ed asciugando abiti, stoviglie, ecc.
4. Ove necessario, installare un deumidificatore nei locali interessati dal problema.
5. In presenza di stufe e sorgenti di calore in genere, assicurare la migliore ventilazione.
6. Se il problema è vistoso, distaccare i mobili dalle pareti (provvisoriamente o meno).
7. Ad avvenuta eliminazione delle muffe, applicare ove e se necessario, pitture termoisolanti traspiranti e idrorepellenti interne ed esterne.

13 - Aspetti normativi

La legge 10/91, i relativi decreti attuativi ed i successivi aggiornamenti, definisce le prescrizioni inerenti il risparmio energetico, ed il comfort abitativo, ivi comprese le valutazioni termo igrometriche per evitare il fenomeno della condensazione.

In particolare, Il D.M. 13/12/1993, attinente la redazione della relazione tecnica contemplata nell'articolo 28 della Legge 10/01/91), prescrive l'accertamento dell'assenza di fenomeni di condensa interstiziale dei componenti opachi (tetto, pareti perimetrali, androni, ecc.).

Per questa verifica è previsto il ricorso al Diagramma di Glaser, sulla base dei dati di input rappresentati dallo spessore, dalla conduttività termica e dalla permeabilità al vapore degli strati componenti, nelle condizioni igrometriche sia invernali che estive.