

## **E' RUGIADA: PUO' ESSERE UN PROBLEMA MA NON E' UN DIFETTO**

Con il significativo miglioramento nella realizzazione degli involucri edilizi sotto la spinta della legislazione e degli incentivi fiscali, è sempre più frequente il caso di abbondante formazione di condensa sulle superfici esterne dell'involucro edilizio, cosa praticamente inaudita su edifici tradizionali e che porta alla elaborazione delle più strampalate teorie, che immancabilmente danno la colpa a prestazioni scadenti del componente incriminato, sia esso un cappotto, un serramento, un rivestimento.

In realtà non è assolutamente così, anzi, la formazione di rugiada sulla superficie esterna dimostra al di là di ogni dubbio che il cappotto o il vetro fanno il loro mestiere; molto bene e forse troppo bene.

Per spiegare l'apparente paradosso, dobbiamo fissare alcuni punti fermi, dai quali partire per mettere in luce l'inadeguatezza dei normali modelli di calcolo che vengono impiegati nella termotecnica edile, nella particolare situazione che si viene a creare quando la componente radiativa dello scambio termico diventa preponderante su quelle convettiva e conduttiva.

Il primo punto dal quale partire è la stretta evidenza: se si forma della rugiada su una superficie, questo basta ad affermare che la superficie stessa è più fredda dell'ambiente in cui si trova. E' un dato di fatto, un'evidenza non negoziabile.

'Secondo i nostri calcoli il calabrone non potrebbe volare, ma lui si è laureato altrove, non lo sa, e vola'; secondo i nostri modelli la temperatura scende sempre lungo la coordinata che porta dall'interno caldo all'esterno freddo, ma la rugiada non lo sa e condensa.

Ovviamente, perché in una stratigrafia regolare che separa due ambienti a temperatura differente, in condizioni essenzialmente stazionarie, una superficie si trovi a temperatura inferiore a quella dell'ambiente freddo o mettiamo in discussione qualche fondamento della Termodinamica, o proviamo ad analizzare il fenomeno al di fuori delle normali, assodate, comode semplificazioni che si applicano agli edifici, per evidenziare che, in particolari situazioni, alcune delle condizioni al contorno non sono verificate ed è quindi errato utilizzare il modello ideale cui si è abituati.

Sofferamoci su queste convenzioni.

In fisica tecnica edile, il comportamento termico dell'edificio e delle superfici estese che lo delimitano è essenzialmente rappresentato come una serie di resistenze in serie che si oppongono al passaggio del calore dalle zone calde (interne) alle zone fredde (esterne)

Le singole resistenze da sommare, si ottengono in genere dall'applicazione della legge di Fourier dividendo lo spessore dello strato in esame con la conducibilità del materiale (eventualmente corretta per tener conto della sua variabilità con la temperatura).

La presenza di resistenze convettive viene in genere considerata, alla stessa stregua, come una pura funzione (questa volta non lineare ma tabellata) dello spessore dell'intercapedine stessa.

Per le resistenze liminari interne ed esterne, in particolare, vengono universalmente utilizzati i valori standard di 0,13 e 0,04 m<sup>2</sup>K/W della tabella 7 della norma UNI EN ISO 6946.

E' chiaro che con una simile impostazione, in condizioni stazionarie invernali, il calore non può che fluire dall'interno all'esterno e che la temperatura, partendo dall'interno, sarà sempre via via decrescente, e, di conseguenza, non potrà MAI essere che la superficie esterna del vetro si trovi a temperatura inferiore a quella dell'aria esterna che la lambisce.

La resistenza liminare esterna però, cioè proprio quella resistenza che dovrebbe garantire che il vetro non sia più freddo dell'aria, rappresenta in un unico valore il risultato di due meccanismi di trasmissione del calore: un meccanismo convettivo di scambio termico con l'aria esterna e un meccanismo radiativo di scambio termico con l'orizzonte materiale della superficie in oggetto.

Per questi due contributi si 'assume' un valore convenzionale, che rappresenta con buona approssimazione la normalità dei casi; un certo vento e cielo coperto.

Nella appendice C sono riportate le condizioni standard con cui vengono ricavati i valori normali della componente radiativa; in particolare si valuta il comportamento radiativo in condizioni di cielo coperto, così da poter supporre che temperatura radiante e temperatura convettiva dell'ambiente siano uguali o molto simili; in effetti, in queste condizioni non si verifica nessun fenomeno di rugiada.

Al contrario, quando lo scambio termico radiativo avviene verso la volta celeste, il coefficiente di scambio termico può risultare molto maggiore.

Se, contemporaneamente, la componente convettiva che determina lo scambio termico con l'aria circostante è ridotta o assente, può succedere che la superficie si raffreddi al di sotto della temperatura dell'aria, cosa che normalmente non viene presa in considerazione.

Anche qui, convenzionalmente si suppone, a favor di sicurezza, che la superficie edile sia normalmente investita da un vento alla velocità di 4 m/s (15Km/h); molto spesso in inverno il vento è praticamente assente in molte zone d'Italia, soprattutto lontano dal mare.

E anche qui, constatiamo che in presenza di vento, non c'è nebbia, non c'è brina, la segnaletica stradale non gronda di acqua e non abbiamo vetri appannati all'esterno o cappotti fradici.

Quindi è tutto completamente spiegabile; in assenza di vento, in condizioni di cielo sereno, la superficie dell'edificio scambia calore con la volta celeste molto più che con l'aria che la lambisce e quindi può raffreddarsi più dell'aria stessa; se questa è umida, magari assai prossima al punto di rugiada, si avrà una condensazione sullo strato esterno della partizione.

Poiché l'umidità che condensa proviene dall'ambiente esterno, la quantità di condensa può anche essere molto copiosa, con notevole sconcerto del proprietario della 'Casaclima in classe A4+' di cui andava tanto fiero.

### **Quando il fenomeno è più evidente?**

Abbiamo visto che la responsabilità prima della formazione di rugiada è da attribuirsi alle condizioni esterne, sulle quali difficilmente si può operare.

Il fenomeno è però tanto più evidente quanto minore è la perdita di calore dell'involucro, quindi sono soggette al problema le superfici meglio isolate. Nei vetri lo si vedrà comparire a partire dal centro della lastra (lontano dai ponti termici della canalina di bordo), sulle superfici isolate lo si vedrà comparire lontano dai componenti massicci e dai ponti termici (una sorta di termografia alla rovescia)

Poiché le situazioni critiche si presentano con cielo sereno, va da sé che sono di breve durata, in quanto all'arrivo del sole le condizioni si invertono; quindi, materiali con elevata capacità termica possono tranquillamente 'superare la nottata' senza particolari problemi.

Al contrario, ne risentono immediatamente i vetri delle vetrate con doppia camera, gli strati di finitura dei cappotti (piccola capacità termica, ridotto afflusso di calore dal resto dell'edificio), gli strati esterni delle pareti ventilate, soprattutto se metalliche.

Il fenomeno è strettamente legato all'irraggiamento verso la volta celeste; di conseguenza ne soffrono maggiormente le superfici di edifici isolati, ai piani alti, privi di aggetti o sistemi oscuranti, con l'orizzonte libero da altri edifici.

### **Come si evita?**

Essendo un fenomeno ambientale, non è possibile impedirlo 'a priori'.

Se una preventiva valutazione mette in evidenza un potenziale rischio di formazione di rugiada, si possono mettere in atto le adeguate contromisure, sia di tipo progettuale (adozione di sistemi oscuranti), che nella scelta dei materiali.

Per quanto riguarda le superfici opache, l'utilizzo di vernici basso emissive può significativamente ridurre il fenomeno, così come un trattamento basso emissivo (NO-FOG) in faccia 1 delle superfici vetrate; riducendo l'emissività della superficie, si riduce di molto lo scambio termico per irraggiamento a onda lunga e, di conseguenza, si riduce la possibilità che la temperatura superficiale del vetro sia inferiore a quella dell'aria.

### **Conclusioni**

Il fenomeno della condensa esterna è spesso visto come conseguenza di una non corretta esecuzione delle opere o come una insufficiente prestazione dei componenti; al contrario, se correttamente spiegato, esso dimostra che i componenti dell'involucro isolano perfettamente l'ambiente da proteggere. Purtroppo, i modelli di calcolo che vengono utilizzati non mettono in guardia il progettista da questo rischio, che, pur se si verifica pochi giorni l'anno e solo in certe zone, non rappresenta sicuramente un bel biglietto da visita per una costruzione nuova o recentemente ristrutturata.

Ing. Giovanni TISI

### **Case History1**

Vano scale non riscaldato in edificio multipiano; 5 vetrate a doppia camera,  $U_g=0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ , medesimo orientamento NE

Dal basso: la prima vetrata non mostra il fenomeno poiché risente dell'effetto diedro del marciapiede e del muretto poco distante (non irradia verso il cielo).

La seconda e la terza mostrano nettamente il fenomeno, nella zona centrale; sulla seconda vi era incipiente formazione di ghiaccio.

La quinta è protetta dall'aggetto di gronda e non presenta fenomeni di condensa.



## Case history 2



Milano, edificio di tre piani, in periferia, adibito a uffici

Doppia vetrocamera Ug= 0,6 orientamento Nord

Tutte e solo le finestre del terzo piano presentano la formazione di rugiada esterna, assente invece nelle corrispondenti finestre ai piani inferiori

Case History 3:



Brescia, edificio industriale a pannelli prefabbricati, orientamento Nord

Si distinguono chiaramente le zone isolate da quelle massicce e meno isolate la cui superficie ha potuto godere dell'apporto di calore dall'interno e quindi non si sono bagnate.