

ANALISI TERMICA DEL SISTEMA IN PVC A GIUNTO APERTO "PROFILIA MD"

STUDIO DELLA FORMAZIONE DELLA CONDENSA

M. Mazzurana, A. Duches: Ufficio Tecnico Ricerca e Sviluppo Alphacan S.p.A.

OBIETTIVO

Il serramento esterno è un importante elemento dell'abitazione che influisce sul mantenimento delle condizioni di comfort all'interno dell'edificio. Nello svolgimento della funzione di elemento di separazione tra l'esterno e l'abitazione il serramento deve coprire un ampio spettro di esigenze che consistono principalmente nell'apporto luminoso, nel ricambio d'aria per l'eliminazione degli inquinanti provenienti dalle attività svolte all'interno dell'abitazione, nell'isolamento dall'inquinamento acustico esterno e nell'isolamento termico.

Lo scopo della presente ricerca consiste nello studio per via analitica della trasmissione termica attraverso il serramento a giunto aperto Profilia MD commercializzato da Alphacan al fine di analizzare il **fenomeno della formazione della condensa sulla superficie interna della finestra.**

CARATTERISTICHE TERMICHE DEL PROFILO A GIUNTO APERTO PROFILIA MD

Per sua natura il profilo in PVC possiede ottime proprietà di isolamento termico: le ragioni di tale caratteristica sono da attribuire principalmente alle proprietà fisiche del profilo in materiale plastico (il PVC è caratterizzato da una conducibilità termica λ molto ridotta, vedi tabella 1). La struttura a camere interne chiuse garantisce inoltre la creazione di zone di aria non interessate da moti convettivi apprezzabili, tale che il fenomeno della trasmissione di potenza termica attraverso le camere interne sia relativa al solo fenomeno conduttivo. La porzione ridotta all'interno della sezione del serramento nella quale viene inserito il rinforzo metallico (caratterizzato da una geometria tale da assicurare la rispondenza alle esigenze strutturali) ed il suo posizionamento nella camera centrale del profilo permettono di ottenere nel complesso una ottimale resistenza al flusso di calore. Infine, le guarnizioni di tenuta, che sono caratterizzate da un valore di conducibilità termica ridotto, sigillano e separano l'ambiente esterno da quello interno.

Materiale	Conducibilità termica λ (W/mK)
PVC	0.16
Aria *	0.026
Gomma	0.20
Acciaio	50

* Sola conducibilità.

Tabella 1

CONDIZIONI AMBIENTALI E FENOMENO DELLA CONDENSA

L'atmosfera di cui siamo circondati è costituita da un miscuglio di aria secca e vapore acqueo. Quest'ultimo si forma in seguito all'evaporazione dell'acqua presente in natura: all'interno dell'abitazione rilevanti quantità di vapore vengono prodotte da piante, attività di cucina e dalla respirazione e traspirazione degli occupanti. Nella tabella 2 sono riportate le normali attività svolte all'interno dell'abitazione e la quantità di vapore acqueo media prodotta da ognuna di esse.

ATTIVITA'	VAPORE ACQUEO PRODOTTO (g/h)
Sonno - attività leggera	30-60
Asciugatura del bucato	50-200
Cucina	600-1500
Doccia	2600

Tabella 2

Il vapore acqueo prodotto viene assorbito dall'aria in quantità dipendenti dalle condizioni ambientali determinandone un aumento del contenuto di umidità; la massima quantità di vapore che l'aria può assorbire è chiamata quantità di saturazione ed è una funzione crescente della temperatura (a parità di volume).

La valutazione del fenomeno della condensa comporta l'analisi delle seguenti grandezze caratteristiche:

l'Umidità Assoluta (UA) rappresenta la quantità di vapore acqueo contenuto nell'unità di volume di aria (g/m^3),

l'Umidità Relativa (UR) rappresenta il rapporto tra l'Umidità Assoluta e la quantità di saturazione (%),

la temperatura di rugiada è la temperatura limite al disotto della quale l'aria umida, raffreddandosi, forma condensa.

La temperatura di rugiada dell'aria è una funzione della temperatura e dell'Umidità Relativa della stessa. Al fine di conoscere la temperatura al disotto della quale si formerà la condensa è necessario rifarsi alle tabelle ed ai grafici raffiguranti l'equilibrio di stato acqua-vapore: nelle rappresentazioni di figura 1 e tabella 3 è riportata la temperatura di rugiada dell'aria in funzione della temperatura e dell'umidità relativa (DIN 4108).

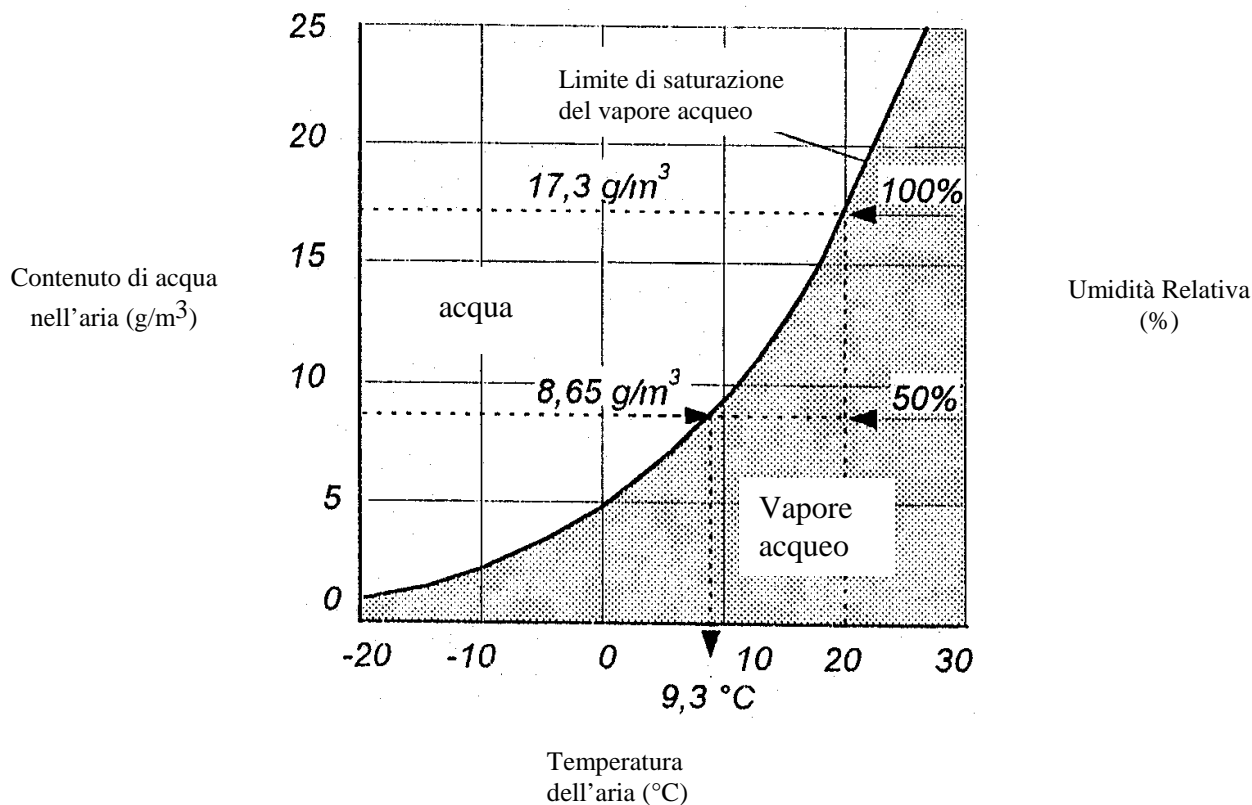


Figura 1

Temperatura dell'aria ($^{\circ}\text{C}$)	Temperatura di rugiada ($^{\circ}\text{C}$) in funzione dell'Umidità Relativa dell'aria (%)							
	30	35	40	45	50	55	60	65
22	3.6	5.9	7.8	9.5	11.1	12.5	13.9	15.1
21	2.8	5.0	6.9	8.6	10.2	11.6	12.9	14.2
20	1.9	4.1	6.0	7.7	9.3	10.7	12.0	13.2
19	1.0	3.2	5.1	6.8	8.3	9.8	11.1	12.3
18	0.2	2.3	4.2	5.9	7.4	8.8	10.1	11.3

Tabella 3

Nella rappresentazione di figura 1 si nota che l'aria con una temperatura (T_i) di 20°C e con Umidità Relativa (UR) del 50% ha una temperatura di rugiada critica (T_c) di $9,3^{\circ}\text{C}$. (Secondo la normativa DIN 4108 le condizioni di $T_i = 20^{\circ}\text{C}$ ed UR= 50% sono rappresentative e possono essere considerate come riferimento per le condizioni climatiche abitative invernali medie). Possiamo quindi dedurre che il fenomeno della condensa potrebbe verificarsi solamente nel caso in cui nell'ambiente vi fossero delle zone con una temperatura superficiale minore di $9,3^{\circ}\text{C}$.

STUDIO DELLA FORMAZIONE DELLA CONDENZA NELL'ABITAZIONE

La verifica del fenomeno della formazione della condensa all'interno di un'abitazione comporta l'analisi della geometria delle strutture che separano l'ambiente interno da quello esterno.

Per quanto riguarda le strutture con sezione costante (ad esempio le opere murarie nelle zone lontane dagli angoli o le pannellature) la valutazione del fenomeno della condensa può essere effettuata tramite l'uso di semplici grafici che, sulla base delle condizioni ambientali (temperatura esterna, temperatura interna ed umidità relativa dell'aria) e delle caratteristiche di isolamento termico della struttura (trasmissione termica U), permettono di prevedere la formazione di acqua di condensa.

Nel caso invece di strutture con sezione variabile (come il serramento) è necessario conoscere la distribuzione della temperatura nella sezione al fine di valutare la temperatura presente sulla superficie a contatto con l'ambiente interno e paragonarla con la temperatura di rugiada critica (**T_c**) caratteristica delle condizioni ambientali considerate.

Tale valutazione è realizzabile solamente attraverso una approfondita analisi della trasmissione termica attraverso il serramento, ovvero tramite la creazione di un modello matematico del serramento ed una simulazione del fenomeno della trasmissione termica attraverso quest'ultimo.

CREAZIONE DEL SERRAMENTO VIRTUALE

Lo studio per via analitica del fenomeno della trasmissione termica attraverso il serramento in PVC Profilia MD ha comportato la creazione di un modello di serramento "virtuale" composto dagli elementi realmente presenti nella sezione della finestra, ognuno dei quali caratterizzato dal valore di conducibilità termica λ del materiale di cui sono costituiti (PVC, gomma, aria, acciaio).

La sezione del serramento in PVC è stata "costruita per via digitale" e sono stati inseriti, in ogni punto, i data base delle caratteristiche fisico-termiche dei diversi materiali, con l'obiettivo di creare una sezione continua attraverso la quale simulare il fenomeno del passaggio di calore sulla base delle leggi fondamentali della Trasmissione Termica.

Al fine di simulare il fenomeno della trasmissione termica attraverso tutto il serramento, i profili del sistema Profilia MD sono stati abbinati ad un vetro camera con valore di trasmissione termica U pari a 1.1 W/m²K.

ANALISI DELLE CONDIZIONI AMBIENTALI

Nella tabella 4 sono elencate le situazioni ambientali sulla cui base sono state definite le condizioni "al contorno" per lo studio del modello matematico della trasmissione termica attraverso il serramento Profilia MD. Sono state effettuate 3 analisi per altrettanti valori di temperatura esterna fino ad una temperatura minima di -15° C.

Nella tabella sono anche indicati i parametri di resistenza termica convettiva sulle superfici esterna ed interna, in conformità con la normativa DIN 4108: tali parametri rappresentano la resistenza al passaggio del flusso di calore attraverso lo strato d'aria a contatto con le superfici del serramento. Come si può notare dalla tabella 4, la resistenza esterna è minore di quella interna a causa dei moti dell'aria provocati dal vento che lambisce la superficie.

Situazione	Temperatura esterna (° C)	Resistenza termica esterna (m ² K/W)	Temperatura interna (° C)	Resistenza termica interna (m ² K/W)	Umidità relativa (%)
1	- 5	0.04	20	0.13	50
2	- 10	0.04	20	0.13	50
3	- 15	0.04	20	0.13	50

Tabella 4

MODELLAZIONE MATEMATICA E SIMULAZIONE DEL FENOMENO DELLA TRASMISSIONE TERMICA

L'elaborazione numerica tramite il programma di calcolo agli elementi finiti impostato sulla base delle condizioni al contorno riportate nella tabella 4 ha permesso di ottenere la distribuzione della temperatura all'interno della sezione e di raffigurare le linee isoterme che la attraversano.

Nelle elaborazioni grafiche delle figure 2, 3 e 4 viene rappresentata la sezione del serramento a giunto aperto Profilia MD abbinata alla raffigurazione del gradiente termico; dalla comparazione dei colori della scala delle temperature di riferimento è possibile conoscere la temperatura in ogni punto della sezione.

Nella rappresentazione delle linee isoterme sono stati evidenziati i punti della sezione in corrispondenza dei quali la temperatura è di 10° C (la temperatura di rugiada critica di 9.3° C può essere arrotondata per eccesso a 10° C per facilitare la valutazione grafica e per aggiungere un coefficiente di sicurezza ulteriore all'analisi).

Naturalmente, affinché non si verifichi il fenomeno della condensazione del vapore acqueo sulla superficie del serramento, l'isoterma relativa ai 10°C deve essere contenuta all'interno della sezione della finestra e non deve intersecarsi con la superficie a contatto con l'aria dell'abitazione.

Su questa base, come si può rilevare dalle elaborazioni grafiche delle figure 2, 3 e 4, la linea critica dell'isoterma dei 10°C si sposta gradatamente verso l'interno dell'ambiente all'abbassarsi della temperatura esterna senza raggiungere la superficie interna in nessuna delle condizioni analizzate. Questo significa che, anche nelle condizioni severe con temperatura esterna di -15°C, la superficie a contatto con l'ambiente interno ha una temperatura superiore alla temperatura critica dei 10°C e quindi non viene interessata dal fenomeno della condensa.

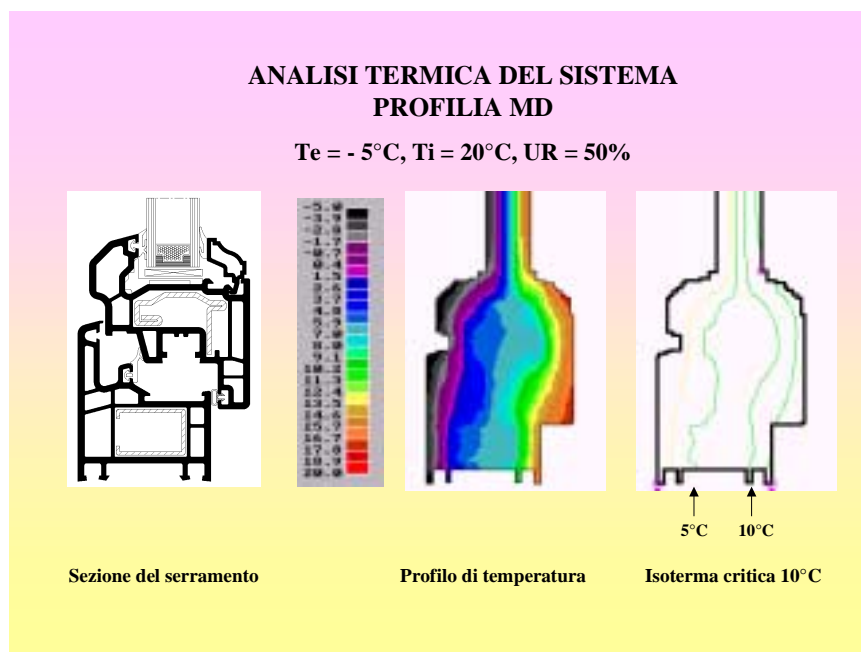


Figura 2

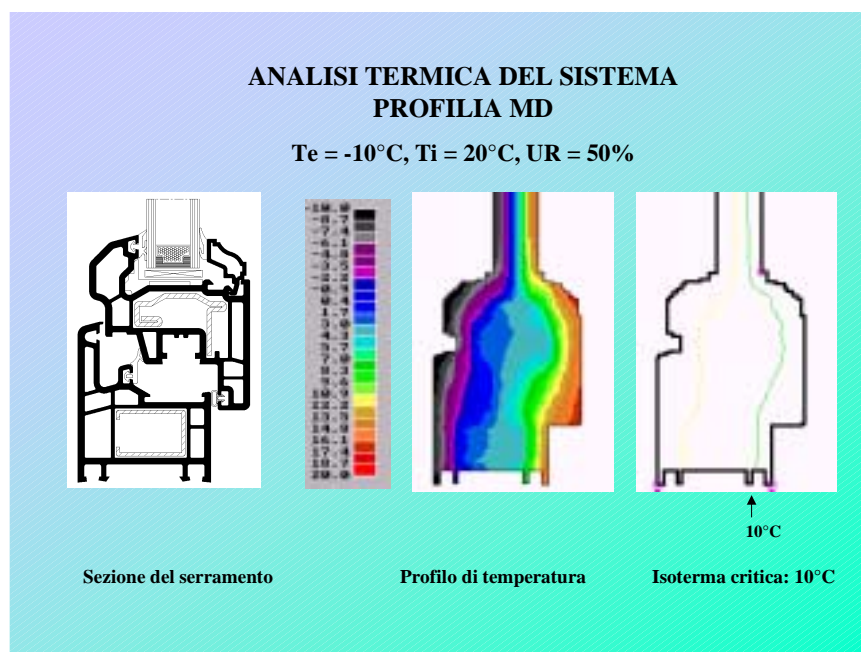


Figura 3

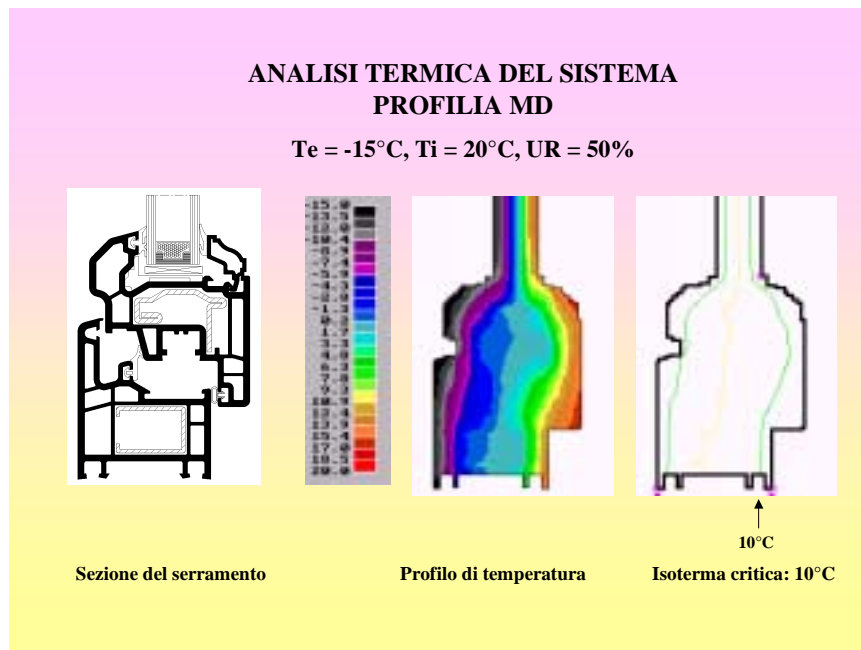


Figura 4

VALUTAZIONE DEL FENOMENO DELLA CONDENSA IN CORRISPONDENZA DEL GIUNTO TELAIO-MURATURA.

Al fine di rappresentare il metodo di analisi termica in una applicazione reale è stata presa in esame una giunzione a muro realizzata tramite la sostituzione di un serramento preesistente in legno e l'applicazione del telaio per ristrutturazione del sistema Profilia MD sulla precedente struttura.

Nella rappresentazione di figura 5 viene raffigurata la sezione del serramento sottoposto alla ristrutturazione e le elaborazioni grafiche (nel caso di temperatura esterna di -15°C) con la distribuzione del profilo di temperatura e la posizione dell'isoterma critica.

Come si può dedurre dall'immagine l'isoterma critica dei 10°C è all'interno della sezione del serramento (e del muro circostante) e quindi la superficie a contatto con l'abitazione, che ha una temperatura superiore alla temperatura critica, non viene interessata dal fenomeno della condensa.



Figura 5

CONCLUSIONI

Lo studio per via analitica del fenomeno della trasmissione termica attraverso il serramento Profilia MD ha evidenziato l'ottimale comportamento in termini di barriera alla formazione della condensa anche nelle situazioni più drastiche.

Naturalmente, nel passaggio dalla simulazione analitica alla realizzazione pratica possono intervenire fattori potenzialmente in grado di modificare le condizioni ambientali ed influenzare qualche parametro caratteristico del processo.

Tuttavia, a conferma dell'analisi per via teorica, è opportuno citare le molteplici realizzazioni effettuate con il sistema a giunto aperto Profilia MD ed il loro collaudo positivo nelle più severe condizioni di utilizzo.