

La convenienza dell'isolamento

Isolamento, ventilazione, controllo dei ponti termici, tipo di riscaldamento, sono strettamente correlati. Un'analisi precisa dei costi porta alla considerazione che un buon isolamento non è un costo, ma un'economia.

Alberto Dal Lago - DLC S.r.l.
Arturo Busà - Milanoprogetti S.n.c.

Premesse

Per mettere in relazione costi di isolamento e costi impiantistici è opportuno ragionare su una tipica struttura industriale. Questa è solitamente caratterizzata da un'altezza intorno ai 6÷8 m, da una copertura da cui si prende luce, con superficie illuminante variabile tra il 10% e il 20% della superficie coperta, e da pareti di tamponamento, che hanno alcune finestrate, porte di sicurezza e portoni di ingresso.

Analizziamo in dettaglio quanto serve per un buon isolamento nel periodo invernale, e quanto è necessario per evitare accumulo di calore nel periodo estivo.

L'isolamento della copertura

Nel periodo invernale, la copertura deve risultare ben isolata, con ciò intendendo che l'isolamento non solo ci deve essere, ma anche deve essere in grado di evitare ponti termici e condense sia superficiali che interne.

Ora un buon isolamento si può raggiungere sia con lane minerali, sia con isolanti in lastre, tipo polistirolo o poliuretano. Le lane minerali hanno l'inconveniente di avere un'ottima resistenza al fuoco, con ciò esponendo ad elevate temperature la struttura che si trova tra il fuoco e l'isolante.

Un isolante invece come il polistirene o il poliuretano, quando la temperatura del calcestruzzo che lo sostiene arriva a 120 - 130°C, si volatilizza, concedendo alla struttura di avere da una parte il fuoco, e dall'altra l'aria esterna.

Utilizzando quindi lana di roccia, uno spessore di 4 cm, indipendentemente dalla struttura, assicura un coefficiente di conducibilità:

$$U = 1 / (0,17 + 0,04 / 0,053) = 1,08 \text{ W/m}^2\text{hK}$$

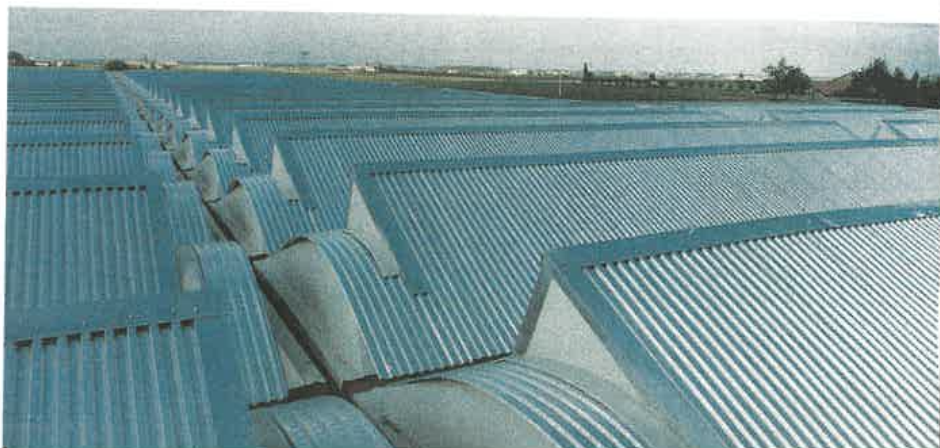
spesso però caratterizzato da zone dove il materassino isolante viene compresso e ridotto a spessori ben inferiori, provocando ponti termici.

Mentre con uno spessore di 6 cm di poliuretano, si può arrivare a:

$$U = 1 / (0,17 + 0,06 / 0,032) = 0,49 \text{ W/m}^2\text{hK}$$

La necessità di evitare ponti termici, che potreb-

Copertura ventilata tipo Ondal, realizzata con lastre grecate in alluminio. La ventilazione toglie l'accumulo di calore per irraggiamento, evitando d'estate un incremento della temperatura fino a 10°.



bero essere causa di condense interne è assoluta, così come è assoluta la necessità, per coperture impermeabilizzate con guaine impermeabili, di prevedere una barriera al vapore, cioè una guaina a permeabilità nulla, che impedisca al vapore d'acqua di fermarsi tra la impermeabilizzazione e l'isolante.

La barriera al vapore si può omettere invece per coperture ventilate, come quelle per esempio che si realizzano con lastre di fibrocemento o anche con lastre metalliche, dove sia prevista la circolazione d'aria tra lastra e isolante.

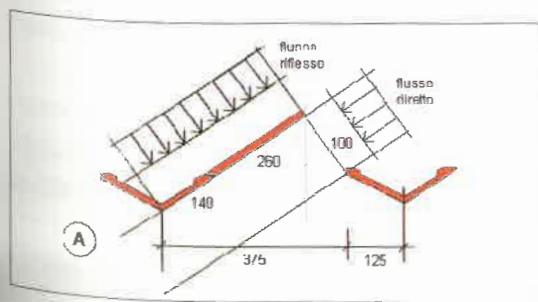
La ventilazione, senza nulla togliere all'isolamento invernale, è utilissima per evitare d'estate accumuli di calore all'interno dell'edificio.

Ma è la realizzazione di lucernari che può invalidare un buon isolamento della copertura soprattutto quando questi siano a raso, realizzati con semplici lastre di traslucido.

Siamo così in presenza non solo di una superficie di minima capacità isolante con U molto elevato (tra 5 e 6 W/m²hK) ma anche di un ingresso diretto del sole, che crea d'estate con il suo irraggiamento un sensibile aumento della temperatura interna rispetto a quella esterna. Occorre così non solo avere delle prese di luce del tipo a shed, con serramenti cioè orientati a nord, in modo che non entri direttamente il sole, ma anche prevedere l'utilizzo di lastre di policarbonato a triplo strato, in grado quindi di ridurre il valore U a 1,5 ÷ 2,0 W/m²hK, valore comunque ben superiore a quello della copertura opaca per cui occorre minimizzare la superficie illuminante.

E' così opportuno valutare l'efficacia della copertura a shed, perchè a volte, per una buona illuminazione, non occorre più del 10% di aperture, rispetto alla superficie totale del pavimento, purchè il fascio di luce entri senza subire ostacoli, e con un buon riflesso sull'intradosso piano possibilmente di colore bianco del pannello di calcestruzzo che si posiziona alla sommità della finestratura.

L'indice di illuminamento è la superficie di illuminamento (diretto + riflesso) rapportata alla

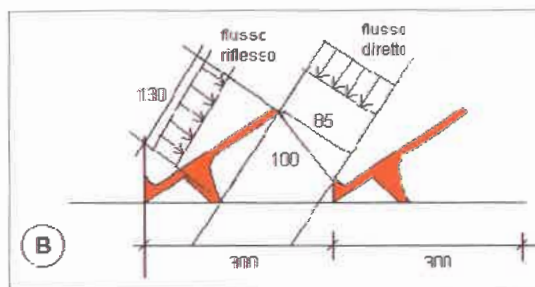


superficie del pavimento, vale:

$$I_l = I \cdot S_{\text{diretto}} / S_{\text{pav.}} + I_r \cdot S_{\text{rifl.}} / S_{\text{pav.}}$$

dove:

I = fattore di assorbimento che vale per esem-



pio per il policarbonato: 0,8

r = fattore di riflessione che vale per esempio con la tinteggiatura bianca: 0,8

Nel caso A si ha:

$$I_l = 0,8 \times 100/500 + 0,8 \times 0,8 \times 400/500 = 0,16 + 0,512 = 0,672$$

Nel caso B si ha:

$$I_l = 0,8 \times 85/300 + 0,8 \times 0,8 \times 130/300 = 0,226 + 0,277 = 0,503$$

A parità di luminosità interna, nel caso A si può ridurre la zona a shed di più del 30%, con il vantaggio di una minore dispersione termica (oltre al minor costo).

In definitiva, una copertura mal isolata, e normalmente caratterizzata da:

$$U = 1 \times 0,80 + 5 \times 0,2 = 1,8 \text{ W/m}^2\text{hK}$$

contro una ben isolata, il cui $U = 0,5 \times 0,9 + 1,5 \times 0,1 = 0,6 \text{ W/m}^2\text{hK}$

Il rapporto tra i due U vale 3/1

L'isolamento dei pannelli di tamponamento

Un pannello "alleggerito", realizzato cioè con uno spessore di 20 cm posizionando all'interno un alleggerimento in polistirolo di 10 cm di spessore, è quanto in genere propone il mercato.

Gli inevitabili ponti termici, e la bassa densità dell'isolamento portano in genere:

- ad un U che non scende sotto 1,6 W/m²hK
- a condense sulla faccia interna del pannello, in corrispondenza ai ponti termici
- a condense inevitabili all'interno del pannello, dove c'è l'isolante

Un pannello invece a taglio termico alleggerito, cioè con 4 cm di isolamento passante oltre allo stesso alleggerimento previsto nel pannello alleggerito, con uno spessore totale di 25 cm, ma con ugual peso al m² del pannello alleggerito, porta ad un valore di isolamento.

$U = 0,4 \text{ W/m}^2\text{hK}$ avendo comunque bisogno della barriera vapore

Una soluzione interessante è data da un pannello a taglio termico con ventilazione o aerazione (cioè con fori alla base del pannello che possono eliminare l'acqua di condensa). Ad un elevato valore di isolamento si aggiunge con la ventilazione il grande vantaggio di non trasmettere d'estate all'interno dell'edificio il calore dovuto all'irraggiamento solare della superficie esterna. Se ci sono finestrate, è opportuno posizionare un frangisole che impedisca l'entrata diretta del sole, e occorre prevedere un doppio o triplo vetro, in modo che il valore di U non si scosti da quel $1,5 \div 2 \text{ W/m}^2\text{K}$ che si ottiene per le prese di luce della copertura.

Anche i portoni devono essere attentamente isolati, eliminando i ponti termici.

In definitiva, un tamponamento mal isolato ha

$$U = 1,6 \times 0,8 + 5 \times 0,2 = 2,28 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Contro uno ben isolato, con

$$U = 0,4 \times 0,8 + 2 \times 0,2 = 0,72 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Cioè ancora nel rapporto 3/1.

L'isolamento del pavimento

È ben vero che il pavimento disperde meno calore per via della riduzione del 50% del delta termico, ma è anche vero che la realizzazione di un isolamento non è poi molto costosa.

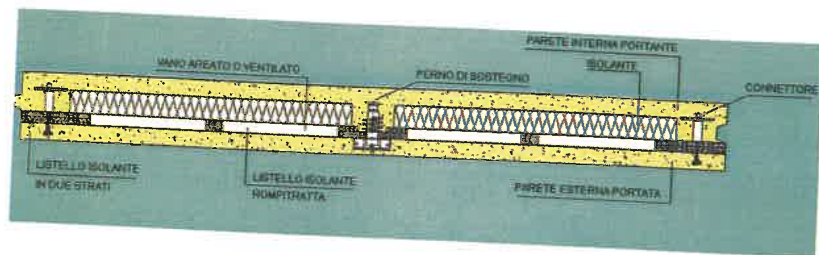
Infatti realizzare, prima di un normale getto di calcestruzzo di 15 cm di spessore, 10 cm di magrone con palline di polistirolo o argilla espansa equivale a ridurre di circa 1/3 la dispersione termica verso il terreno.

Dispersioni termiche per ricambio d'aria

Il ricambio d'aria può avere esigenze molto diverse a seconda delle lavorazioni che si effettuano. Di sicuro un ricambio orario d'aria cioè un impianto che tratti in un'ora tutto il volume d'aria, è un parametro medio, che però ha diverse implicazioni se le superfici sono impermeabili al vapore d'acqua oppure se sono traspiranti. Coperture a pareti ventilate, cioè anche traspiranti eventualmente con un parziale ricambio d'aria naturale realizzato sulle parti alte dell'edificio, possono realizzare un valido controllo igrometrico dell'ambiente riducendo o addirittura annullando il ricambio forzato d'aria. Comunque, per i conti successivi, si ipotizza un ricambio d'aria orario, uguale sia per la soluzione mal isolata che ben isolata.



Fase di realizzazione di un pannello verticale Isocore da 12 m a taglio termico alleggerito e ventilato.



Sezione trasversale del pannello verticale Isocore, a taglio termico con il sistema Konnektor e ventilato.

I costi dell'isolamento

Partendo da una superficie unitaria di 1.000 m^2 , aggiungendo altri 1.000 m^2 , e successivamente moduli di 2.000 m^2 fino a 10.000 m^2 , si può valutare al variare della superficie le variazioni dei costi dell'isolamento.

Sui 2.000 m^2 , si può realizzare un edificio di dimensioni 20×100 oppure 40×50 , per valutare quanto può incidere sui nostri parametri un differente rapporto tra le dimensioni minori o maggiori.

Ne risulta la seguente tabella:

Dimensioni (m)			Superfici (m^2)				
Lato A	Lato B	Altezza	Pavimento	Superfici laterali	Finestre e porte	Tetto opaco	Tetto trasparente
50	20	8	1000	1064	56	1100	200
100	20	8	2000	1824	96	2200	400
50	40	8	2000	1368	72	2200	400
100	40	8	4000	2128	112	4400	800
100	60	8	6000	2432	128	6600	1200
100	80	8	8000	2736	144	8800	1600
100	100	8	10000	3040	160	11000	2000

La differenza di costo fra un pavimento non isolato e uno isolato con un getto di 10 cm di calcestruzzo alleggerito si assume pari a 8.000 Lire/m^2 .

La differenza di costo per il Committente fra un tamponamento mal isolato e uno ben isolato, adottando, per esempio, il sistema Konnektor per realizzare il taglio termico e il sistema Isocore per ottenere la ventilazione, si assume pari a 24.000 Lire/m^2 , considerando il costo del taglio termico 5.000 Lire/m^2 , dell'isolante e del calcestruzzo in più 6.000 Lire/m^2 , il costo della mano d'opera in più 3.000 Lire/m^2 e l'utile d'impresa 10.000 Lire/m^2 .

La differenza di costo fra finestra e portoni non isolati e ben isolati si assume pari a 24.000 Lire/m^2 .

La differenza di costo fra una superficie opaca di copertura mal isolata e una ben isolata si assume pari a 8.000 Lire/m^2 .

La differenza di costo fra una superficie trasparente di copertura mal isolata e una ben isolata (per esempio policarbonato a doppio stato) si assume pari a 24.000 Lire/m^2 .

Ne risulta la seguente tabella:

Superficie (m ²)	Differenza costo (milioni)						Differenza costo Lire/m ²
	Differenza costo pavimento	Differenza costo chiusura laterale	Differenza costo F-P	Differenza costo copertura opaca	Differenza costo parti trasparenti	Differenza costo totale	
1000	8,0	25,5	1,3	8,8	4,8	48,5	48.500
2000	16,0	43,8	2,3	17,6	9,6	89,3	44.650
2000	16,0	32,8	1,7	17,6	9,6	77,8	38.900
4000	32,0	51,1	2,7	35,2	19,2	140,2	35.050
6000	48,0	58,4	3,1	52,8	28,8	191,0	31.833
8000	64,0	65,7	3,5	70,4	38,4	241,9	30.237
10000	80,0	73,0	3,8	88,0	48,0	292,8	29.280

In definitiva possiamo rilevare che per dare un efficace isolamento alla copertura e al tamponamento, occorre un costo aggiuntivo rispetto alla soluzione normale compreso tra 48.000 e 30.000 Lire/m², cioè circa il 4% del costo finale dell'edificio.

Confronto tra i costi impiantistici e di isolamento

Assumendo per il confronto l'impianto quello a pavimento radiante, si possono individuare i costi impiantistici al variare dei m² di superficie, nel caso sia di edificio male isolato che ben isolato.

Dalla tabella si vede come la differenza tra il minor costo impiantistico e il maggior costo di

Sup.	Q _p per ricambio d'aria kW/h	Q _{tot} non isolato kW/h	Q _{tot} isolato kW/h	Δ Q kW/h	COSTI (Lire / m ²)					
					impianto non isolato	impianto ben isolato	Δ costo / m ² impianti	Δ costo isolam. - Δ costo impianti	Δ costo gestione / anno m ²	tempo in anni di recupero
1.000	32,20	156,60	83,30	73,40	125.600	72.000	53.500	-5.100	6.500	-0,79
2.000	64,40	298,00	161,30	110.550	110.550	64.450	46.100	-1.450	6.050	-0,24
3.000	64,40	274,90	153,50	121,40	102.950	61.650	41.300	-1.450	5.350	-0,46
4.000	128,80	519,00	296,40	221,60	90.050	55.000	35.050	0	4.925	0
6000	193,20	740,00	431,40	308,60	82.050	51.033	31.020	+816	4.550	0,18
8.000	257,60	961,10	566,50	394,60	77.450	48.637	28.812	+1.425	4.362	0,33
10.000	322,00	1.182,10	701,50	480,60	74.350	46.970	27.370	+1.910	4.250	0,45

un buon isolamento, sia nulla nel caso dei 4.000 m², come avevamo già visto, e comunque negativa da 1.000 a 4.000 m² e positiva da 4.000 a 10.000 m². Rimane molto contenuta, tanto che anche nel caso di 10.000 m² dopo meno di 6 mesi, si è recuperato tale maggior costo.

Le considerazioni quindi fatte per 4.000 m² sono estendibili a qualsiasi metratura.

Un buon isolamento garantisce una sicura e sensibile economia

Il confronto tra il costo iniziale di una soluzione con isolamento scadente e il costo di una soluzione ben isolata, porta alla considerazione davvero sorprendente che il costo di un buon isolamento si recupera totalmente con il minor costo d'impianto, avendo come vantaggi successivo un costo di gestione annuo inferiore del 57% e corrispondente ad un risparmio annuo di quasi 5.000 Lire/m².

In definitiva, per 4.000 m², invece di avere un costo di 360 milioni d'impianto e un costo di

gestione annuo di 46 milioni, si spendono 140 milioni per un buon isolamento e 220 milioni d'impianto (cioè la stessa cifra), avendo un costo annuo di gestione di 26 milioni, risparmiando 20 milioni all'anno. Il risultato, generalizzabile per tutte le superfici di edifici industriali, è che sicuramente un buon isolamento consente di realizzare una sensibile e sicura economia ed è davvero sorprendente che, nonostante l'esempio che ci viene d'oltralpe, si continui da sempre a sprecare danaro per energia non isolando bene le costruzioni. Inoltre, si dimostra sicuramente interessante anche la ventilazione sia della copertura che delle pareti, in quanto evita in assenza di condizionamento estivo un accumulo di calore all'interno dell'edificio, e in presenza di un condizionamento, riduce il salto termico tra esterno e interno, a pari isolamento.

La scelta dell'impianto di riscaldamento

La scelta dell'impianto di riscaldamento deve essere effettuata tenendo presente il costo dell'impianto (caldaia e distribuzione) e il consumo energetico. Si hanno generalmente 4 gruppi di impianti, a seconda del loro costo e del loro consumo, e precisamente:

- Gruppo 1 Aerotermi, termostrisce ad acqua, termoventilanti
- Gruppo 2 Tipo Robur, strisce a gas
- Gruppo 3 Pavimento radiante
- Gruppo 4 Generatori d'aria calda

Per questi gruppi, possiamo tentare, per esempio per 4.000 m² di edificio industriale, di comporre la seguente tabella, dove i

	gruppo	differenza costo isolamento / m ²	costo impianti / m ²	costo totale / m ²	costo gestione annua / m ²
senza isolamento	1	-	90.000	90.000	17.129
	2	-	67.600	67.600	15.504
	3	-	90.000	90.000	11.541
	4	-	45.000	45.000	20.632
con isolamento	1	35.000	55.000	90.000	9.820
	2	35.000	41.300	76.300	8.854
	3	35.000	55.000	90.000	6.591
	4	35.000	27.500	62.500	11.783

costi non possono essere tanto precisi ma solo indicativi.

Il confronto tra questi gruppi porta ad una prima considerazione: Il gruppo 4, a fronte del minor costo d'impianto, ha il più elevato consumo, per cui la sua scelta non è indicata per nuovi edifici.

Il gruppo 1, ha un elevato costo d'impianto, e un consumo maggiore di quello del gruppo 2.

Il gruppo 2, pur con un costo inferiore d'impianto ha per altezze interne maggiori di 4 m un consumo più elevato di quello del gruppo 3, e dopo ÷ 5 anni, il minor consumo ripaga il maggior costo d'impianto.

Gli aspetti positivi del Gruppo 3 sono dovuti essenzialmente al fatto che si scalda con tubi radianti a pavimento il minimo volume d'aria corrispondente alla zona occupata dalle persone. Bisogna comunque tener conto delle specificità dei vari tipi (inerzia, regolazioni etc.) a seconda delle situazioni locali.