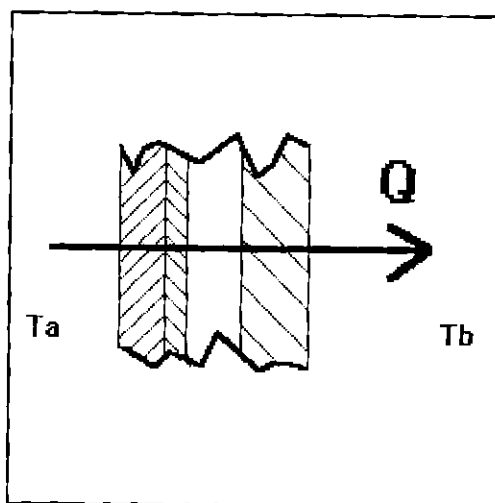


2.1 - TRASMISSIONE DEL CALORE ATTRAVERSO STRUTTURE

Il flusso termico Q_t che attraversa in condizioni di regime stazionario l'unità di superficie di una struttura soggetta ad un gradiente di temperatura ΔT dipende da un coefficiente globale di trasmissione K detto anche trasmittanza unitaria. La trasmittanza unitaria è legata alle caratteristiche del materiale costituente la struttura ed alle condizioni di scambio termico liminare; fisicamente rappresenta la facilità con cui il calore riesce a trasferirsi da una superficie all'altra della struttura.

Consideriamo una generica struttura costituita da strati di materiale a facce piane parallele ed eventuali intercapedini d'aria interposte tra gli strati



L'energia termica trasferita da A a B vale

$$Q_t = K \cdot S \cdot (T_A - T_B) \cdot t \quad (J)$$

in cui la Trasmittanza Unitaria K si ottiene

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{S_i}{\lambda_{m,i}} + \sum \frac{1}{C_i} + \frac{1}{\alpha_e}$$

dove:

α (W/m²K)

adduttanza unitaria, (somma della irradianza unitaria e della conduttanza unitaria liminare); dipende dalle condizioni di scambio superficiali aria-parete

S_i (m)

spessore dello strato i -esimo

λ (W/mK)	conduttività termica del materiale costituente lo strato i-esimo
S/λ	resistenza termica unitaria del materiale costituente lo strato i-esimo
C_i (W/m ² K)	conduttanza unitaria dello strato

Per tener conto della diversa insolazione delle pareti, della diversa velocità e temperatura dei venti è opportuno correggere le dispersioni calcolate maggiorandole con le seguenti percentuali:

esposizione	S	SO	O	NO	N	NE	E	SE	nessuna
correzione %	0	2.5	10	15	25	20	15	10	0

Definiamo "perdita di calore specifica H" di una struttura il prodotto tra la trasmittanza unitaria e la superficie della struttura stessa

$$H = K \cdot S \quad (W/K)$$

la quale rappresenta la potenza termica dispersa da un metro quadrato di struttura quando la differenza di temperatura interno-esterno è pari ad un grado.

Nelle pagine successive vengono riportati alcuni valori di adduttanza e conduttività termica come proposti dalla normativa UNI 7357 e dai suoi aggiornamenti

Tab. 2.1

ADDUTTANZE UNITARIE

Superfici interne:

- superfici orizzontali con
flusso di calore ascendente $\alpha = 9.28 \text{ W/m}^2\text{K}$
- superfici verticali $\alpha = 8.12 \text{ W/m}^2\text{K}$
- superfici orizzontali con
flusso di calore discendente $\alpha = 5.80 \text{ W/m}^2\text{K}$

Superfici esterne:

- superfici orizzontali con
flusso di calore ascendente $\alpha = 23.20 \text{ W/m}^2\text{K}$
- superfici verticali $\alpha = 23.20 \text{ W/m}^2\text{K}$
- superfici orizzontali con
flusso di calore discendente $\alpha = 16.24 \text{ W/m}^2\text{K}$

Nel caso in cui il vento nella stagione invernale abbia velocità maggiori di 4 m/s si possono utilizzare le seguenti espressioni empiriche per il calcolo dell'adduttanza esterna

Superficie verticale ed orizzontale

con flusso di calore ascendente

$$\alpha = 2 + 9 \sqrt{v}$$

Superficie orizzontale con flusso di calore discendente

$$\alpha = 0.7(2 + 9 \sqrt{v})$$

Tab. 2.2 - CARATTERISTICHE TERMOIGROMETRICHE DI ALCUNI MATERIALI

Materiale	densità (Kg/m ³)	conduttività (W/mK)	calore spec. (KJ/KgK)	diff.vapore adimens.μ
acciaio	7850	45	0.487	2 E6
alluminio	2700	209	0.895	2 E6
amianto cartone	970	0.19	0.837	10
amianto cemento	1900	0.93	0.850	65
ardesia	2700	1.97	0.844	1 E4
argilla secca	1780	0.93	0.921	3
asfalto	2100	0.69	0.921	2 E4
basalto	2700	3.48	0.840	1 E4
bitume	1050	0.17	0.220	2 E4
bronzo	8000	63.90	0.360	2 E6
calcare	1900	1.51	0.837	1 E4
CLS armato	2400	1.51	0.790	70
CLS cellulare	800	0.29	0.837	10
CLS magro	1800	0.93	0.879	20
carbone coke	600	0.18	0.892	-
carbone di legna	240	0.088	1.011	-
carta e cartone	1000	0.16	1.339	20
cartone bitumato	1100	0.18	1.000	7500
caucciù	1100	0.15	0.837	-
ceramica	2400	1.16	0.840	200
cuoio	1000	0.16	2.930	-
dolomite	2670	1.74	0.720	1 E4
ebanite	1190	0.16	1.423	2 E4
fibra di vetro	15-110	0.034	0.837	1
gesso	1240	0.43	0.837	10
ghiaccio	920	2.2	2.114	1
ghiaia	1900	0.93	0.837	5
ghisa	7250	52	0.481	2 E6
gomma per pav.	1200	0.27	1.423	2 E4
granito	3000	4.06	0.711	1 E4
gres	1900	1.10	-	200
intonaco esterno	1800	0.86	0.879	20
intonaco interno	1800	0.69	0.879	10
intonaco gesso	1200	0.52	0.879	10
lana minerale	136	0.038	0.753	1

Materiale	densita (Kg/m3)	conduttività (W/mK)	calore spec. (KJ/KgK)	diff.vapore adimens. μ
laterizi comuni	2000	0.93	0.920	6
laterizi da param.	2100	0.116	0.920	5
legno abete	450	1.30	2.732	20
pino	545	0.15	2.721	20
quercia	850	0.20	2.386	20
lastre comp.	320	0.063	1.674	60
legno compensato	545	0.116	1.677	50
linoleum	1200	0.18	1.300	1 E4
marmo	2700	3.37	0.879	1 E4
mica	2700	0.43	0.830	-
neve 7-20 cm	300	0.232	2.100	1
perlite con cem.to	650	0.226	0.840	10
perlite sfusa	120-150	0.044	0.840	5
pomice	390	0.23	0.830	3
pomice con cemento	800	0.29	0.830	8
polistirolo espanso	25	0.034	2.302	50
poliuretano espanso	35	0.025	1.884	70
porcellana piastrelle	2600	1.04	0.921	200
PVC	1420	0.188	1.172	1 E4
sughero granuli	130	0.058	2.009	10
sughero lastre	104-130	0.034	2.009	10
terracotta piastrelle	1800	0.93	0.840	9
terreno legg. umido	1700	1.74	1.450	-
terreno umido	2000	2.32	1.520	-
vermiculite espansa	112	0.068	0.20	3
vermiculite congl.	260	0.084	0.500	8
vetro	2500	0.93	0.800	1 E8

Nella tabella precedente e' riportato anche il "Coefficiente adimensionale di resistenza al passaggio del vapore" μ definito come:

$$\mu = 187.52 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{R_v}{s}$$

in cui:

- $187.52 \cdot 10^{-12}$ è la permeabilità dell'aria
- R_v è la resistenza al passaggio del vapore del materiale
- s è lo spessore dello strato di materiale considerato

Tab. 2.3 CONDUTTANZE DI ALCUNI TAVOLATI IN LATERIZIO

tipo elemento	spessore (cm)	conduttanza (W/m²K)
mattone con 1 camera d'aria	4.5	8.2
mattone con 1 camera d'aria	5.5	7.8
mattone con 2 camere d'aria	8	4.2
mattone con 2 camere d'aria	12	3.8
mattone con 3 camere d'aria	15	2.7
muratura di neoforati	12	3.7
muratura di neoforati	25	1.9
muratura di neoforati	38	1.4
muratura di blocchi forati	17	1.6
muratura di blocchi forati	27	1
muratura di blocchi forati	35	0.8
solaio misto SAP	8	6.4
solaio misto SAP	12	3.8
solaio misto SAP	16	3.2
solaio misto SAP	20	2.9

TAB. 2.4 CONDUTTIVITÀ E CONDUTTANZE DI INTERCAPEDINI D'ARIA.

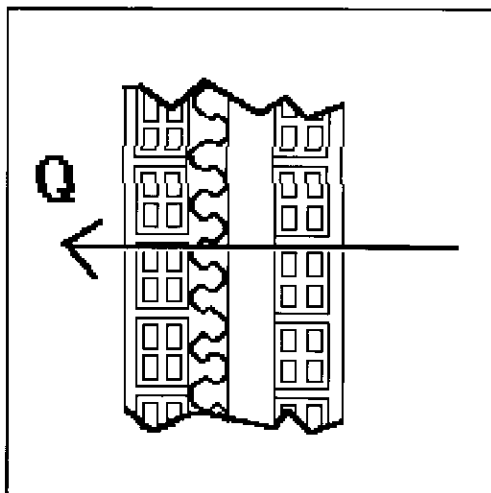
tipo intercapedine	spessore della intercapedine s	
	fino a 10 mm	da 20 a 100 mm
- strato d'aria orizzontale	$\lambda=0.00756 \cdot s$	$\lambda=0.00698 \cdot s$
flusso di calore ascendente	$C=6.5$	$C=6$
- strato d'aria orizzontale		$\lambda=0.00640 \cdot s$
flusso di calore discendente	$C=6.5$	$C=5.5$
- strato d'aria orizzontale		$\lambda=0.00523 \cdot s$
	$C=6.5$	$C=4.5$

I valori in tabella sono riferiti alle seguenti unità di misura λ (W/mK); C (W/m²K)

Nel caso in cui lo spessore dell'intercapedine sia superiore a 10 cm è opportuno considerare separatamente le due conduttanze interna ed esterna.

2.1.1 -Esempi pratici di calcolo

- STRUTTURA 1: Parete esterna con isolante interposto ed intercapedine di ventilazione



	spessore (mm)	conduttività (W/mK)
1) intonaco esterno	15	0.86
2) mattone forato	100	0.36
3) isolante	60	0.038
4) intercapedine	40	C= 5.5 W/m2K
5) mattone forato	100	0.36
6) intonaco interno	15	0.69

-adduttanza esterna 23.20 W/m2K

-adduttanza interna 8.12 W/m2K

-temperatura esterna -5 °C

-temperatura interna 20 °C

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{23.2} + \frac{0.015}{0.86} + \frac{0.1}{0.36} + \frac{0.06}{0.038} + \frac{1}{5.5} + \frac{0.1}{0.36} + \frac{0.015}{0.69} + \frac{1}{8.12}$$

$$K = 0.396 \text{ W/m}^2\text{K}$$

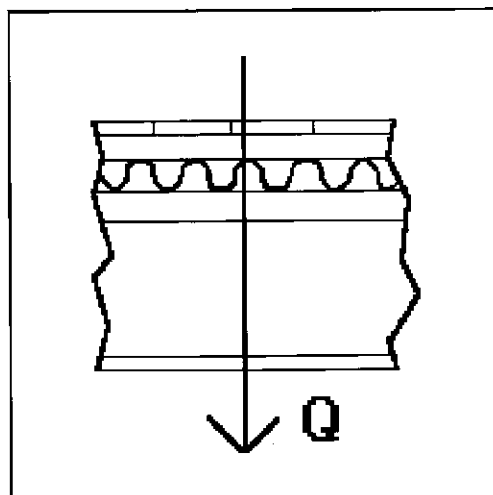
Supponendo di avere 1 m² di superficie disperdente, l'energia dispersa dopo 1 ora vale

$$Q = 0.396 \cdot (20 + 5) \cdot 3600 = 35.71 \text{ KJ}$$

mentre la perdita specifica vale

$$H = 0.396 \text{ W/K}$$

- STRUTTURA 2: Solaio su cantinato



	spessore (mm)	conduttività (W/mK)
1) piastrelle	10	1.04
2) sottofondo	30	0.93
3) isolante	30	0.038
4) massetto	40	0.86
5) laterizio	160	0.36
6) intonaco	15	0.86

-adduttanza esterna 16.24 W/m²K

-adduttanza interna 16.24 W/m²K

-temperatura esterna 2 °C

-temperatura interna 20 °C

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{16.24} + \frac{0.010}{1.04} + \frac{0.03}{0.93} + \frac{0.03}{0.038} + \frac{0.04}{0.86} + \frac{0.160}{0.36} + \frac{0.015}{0.86} + \frac{1}{16.24}$$

$$K = 0.68 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Supponendo di avere 1 m² di superficie disperdente, l'energia dispersa dopo 1 ora vale

$$Q = 0.68 \cdot (20 - 2) \cdot 3600 = 44.06 \text{ KJ}$$

mentre la perdita specifica vale

$$H = 0.68 \text{ W/K}$$