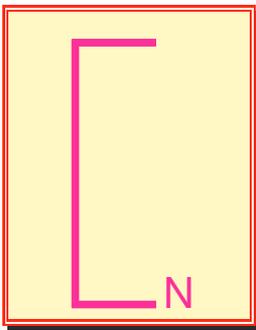


## COME SI CALCOLANO LE DISPERSIONI TERMICHE DEGLI EDIFICI



*Dal libro di Luigi Tudico  
"La Climatizzazione Degli Ambienti"*

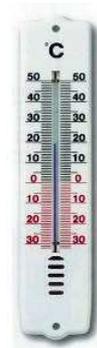
ITALIA il calcolo del fabbisogno termico degli edifici è regolato dalla norma UNI 7357 - 74 e dalla legge 10 - 1991. La valutazione analitica delle dispersioni termiche, viene impostata per le condizioni di regime: cioè tenendo conto delle condizioni climatiche medie del periodo più freddo dell'anno per il riscaldamento, e più caldo per il raffrescamento estivo.



Nella stesura dei calcoli, sia invernali che estivi, per legge, non si devono trascurare gli apporti termici dovuti all'irraggiamento solare nonché da altre fonti energetiche quali: lampade di illuminazione di ogni tipo, elettrodomestici, motori, persone e quanto altro produce calore sia in forma sensibile che in forma latente. Il corpo umano, ad esempio, produce tutte e due le forme di calore: sensibile, essendo un corpo caldo; latente, perché nello stesso tempo è anche evaporante.



*Il calore sensibile* è quello che fa variare la temperatura ad un elemento e quindi lo si può percepire e misurare con un termometro. Il *calore latente* è invece quello necessario per modificare lo stato fisico di un elemento da solido a liquido o da liquido a vapore oppure gas, senza modificarne la temperatura.



\* Nel valutare la potenza dell'impianto di riscaldamento da installare nelle residenze di abitazione è consigliabile, nei casi normali, trascurare gli apporti termici prodotti da: elettrodomestici, cottura dei cibi, persone e lampade di illuminazione, in quanto l'energia termica fornita da queste "sorgenti" è molto discutibile e discontinua, infatti il calore generato dagli attuali televisori, non più a valvole termoioniche, ma a stato solido, e dalle moderne lampade di illuminazione è irrisorio; mentre quello emesso da due o al massimo tre persone è ridicolo; l'apporto termico per la cottura dei cibi non esiste, anzi c'è perdita, dovuta all'apertura della finestra del locale cucina per la ventilazione. Comunque la legge n° 10 - 1991 prevede la valutazione di questi apporti energetici e, scioccamente, li identifica: apporti di calore gratuito: calore endogeno invece! che noi, indicheremo con "Ci". Anche il calore fornito dall'irraggiamento solare, a mio avviso, non dovrebbe essere mai sottratto, in quanto questo non c'è mai di notte, e di giorno il cielo è frequentemente coperto da nubi, foschia o da banchi di nebbia. In pratica queste "energie gratuite" non trovano riscontro pratico, potrebbero però servire a fare un compito scolastico.

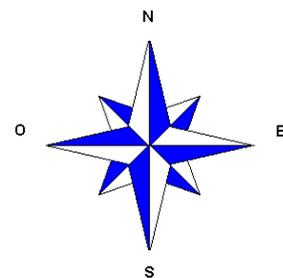


La temperatura esterna di progetto, indicata dalla normativa UNI 5364, rappresenta la media delle temperature minime. Per il calcolo della potenza termica che deve fornire l'impianto preposto al riscaldamento di qualsiasi ambiente, si devono prendere in considerazione tutti quegli elementi che concorrono alla dispersione del calore verso l'esterno dei locali.

\* Per evitare sprechi energetici, si deve innanzitutto prevedere un buon sistema termico e di impianto ed applicare un'ottima termoregolazione, possibilmente locale per locale o quantomeno a zone indipendenti: come si fa normalmente con la termoventilazione.

L'energia termica migra sempre dall'elemento a temperatura superiore verso quello a temperatura inferiore e mai si verifica il contrario. In inverno il calore fornito negli ambienti si disperde verso l'esterno; in estate invece il calore dall'esterno entra nell'interno degli edifici. I locali condizionati si raffreddano perché il calore esistente nell'interno degli ambienti migra verso il fluido refrigerante che circola a più bassa temperatura entro la batteria di raffreddamento (scambiatore di calore ad acqua refrigerata, evaporatore ad espansione diretta, ecc.) del climatizzatore.

Gli elementi più importanti da considerare sono: l'esposizione geografica dell'edificio, la localizzazione climatica, i venti dominanti, le dimensioni dei locali, tipi, spessori e qualità dei materiali utilizzati per la realizzazione di tutte le pareti interne ed esterne, il tipo di funzionamento dell'impianto: termostatico continuo, periodico occasionale, con intermittenza notturna o diurna; calcolo della quantità di energia termica per riscaldare l'aria di ricambio e di infiltrazione, per evaporare l'acqua per la eventuale umidificazione dell'aria, calore endogeno, irraggiamento solare attraverso vetrate, pareti, ed altro.



Le temperature interne da assumere nel calcolo, dipendono dal tipo di locale considerato e dalle attività umane che in essi si devono esercitare.



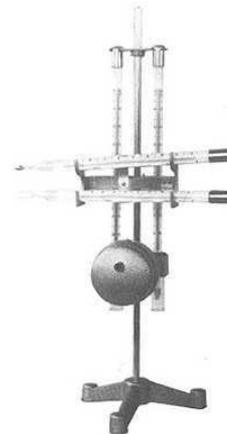
Monte Velino — “Marsica” Abruzzo

La legge n° 373 del 30 aprile 1976 recita che durante il periodo di riscaldamento, la temperatura degli ambienti, all'interno degli edifici abitati, ad eccezione degli ospedali ed altri ambienti particolari, non deve, per nessun motivo, eccedere  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , con un grado ( $\pm$ ) di tolleranza. L'elenco dettagliato delle temperature interne, prescritte per i vari tipi di ambienti, sono indicate nella normativa UNI 5364. Nelle tabelle che seguono sono riportati anche i valori globali di scambio "K" dei più noti elementi che figurano in tutti i testi di Termotecnica; le temperature minime di progetto di molte città Italiane e le temperature interne indicate dalla normativa UNI 5364 che, salvo motivate indicazioni, si devono utilizzare per l'impostazione dei calcoli degli impianti di riscaldamento e climatizzazione.

Le temperature interne, si intendono rilevate al centro delle stanze ed all'altezza di metri 1,50 dal piano del pavimento, con un termometro a bulbo asciutto (b.a.) o altro strumento di rilievo idoneo purché sia schermato da ogni tipo di radiazione termica, positiva e negativa, che ne possa influenzare in qualche modo l'esatto rilievo. Attenzione dunque! perché, come abbiamo visto, per temperatura interna si intende quella dell'aria e non quella operante o risultante.



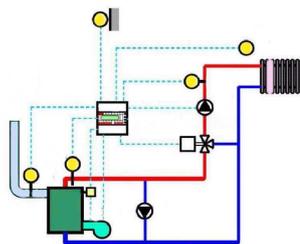
Termometri Digitali



Psicrometri

**TEMPERATURE MINIME ESTERNE INDICATIVE  
°C PER ALCUNE CITTÀ ITALIANE**

Agrigento .....	+ 3	Lecce .....	+ 0
Alessandria .....	- 8	Livorno .....	- 0
Ancona .....	- 2	Lucca .....	- 0
Aosta .....	- 10	Macerata .....	- 2
Arezzo .....	- 2	Mantova .....	- 6
Ascoli Piceno ...	- 2	Massa Carrara...	0
Asti .....	- 8	Matera .....	- 2
Avellino .....	- 2	Messina .....	+ 5
Avezzano .....	- 5	Milano .....	- 5
Belluno .....	- 10	Modena .....	- 6
Benevento .....	- 2	Napoli .....	+ 2
Bergamo .....	- 5	Novara .....	- 5
Bologna .....	- 5	Nuoro .....	0
Bolzano .....	- 15	Padova .....	- 5
Brescia .....	- 7	Palermo .....	+ 5
Brindisi .....	0	Parma .....	- 5
Cagliari .....	+ 3	Pavia .....	- 5
Caltanissetta ...	0	Perugia .....	- 2
Campobasso .....	- 4	Pesaro .....	- 2
Caserta .....	0	Pescara .....	+ 2
Catania .....	+ 5	Piacenza .....	- 5
Catanzaro .....	- 2	Pisa .....	0
Chieti .....	0	Pistoia .....	- 3
Como .....	- 5	Potenza .....	- 3
Cosenza .....	- 3	Ragusa .....	0
Cremona .....	- 6	Ravenna .....	- 5
Cuneo .....	- 10	Reggio Calabria .	+ 3
Enna .....	- 3	Reggio Emilia...	- 5
Ferrara .....	- 5	Rieti .....	- 3
Firenze .....	0	Roma .....	0
Foggia .....	0	Rovigo .....	- 5
Forlì .....	- 5	Salerno .....	+ 2
Frosinone .....	0	Sassari .....	+ 2
Genova .....	- 1	Savona .....	- 1
Bari .....	0	Sulmona .....	- 5
Gorizia .....	- 5	Siena .....	- 2
Imperia .....	0	Siracusa .....	+ 5
Latina .....	+ 2	Sondrio .....	- 10
L'Aquila. ....	- 5	Sulmona .....	- 5
La Spezia.....	- 3	Taranto .....	- 0
Terni .....	- 2	Teramo .....	0
Torino .....	- 8	Varese .....	- 5
Trapani .....	+ 5	Venezia .....	- 5
Trento .....	- 12	Vercelli .....	- 7
Treviso .....	- 15	Verona .....	- 5
Trieste .....	- 5	Vicenza .....	- 5
Udine .....	- 5	Viterbo .....	- 2



## TEMPERATURE INTERNE DI ALCUNI LOCALI

Residenze di civile abitazione .....	°C	18÷20
Locali dove si indossano abiti leggeri ..	°C	18÷22
Uffici pubblici e privati .....	°C	18÷20
Corridoi e scalinate .....	°C	12÷14
Aule scolastiche .....	°C	18÷20
Palestre e sale giochi .....	°C	12÷16
Sale di riunione e di spettacolo .....	°C	16÷18
Magazzini e archivi .....	°C	14÷16
Mense e spogliatoi .....	°C	16÷18
Musei ed esposizioni .....	°C	12÷14
Docce, piscine e sale da bagno .....	°C	22÷24
Sale di degenza, corsie di ospedali . . .	°C	22÷24
Infermerie e sale per visite mediche ....	°C	22÷24
Bar, cinema, teatri, pub, ristoranti ....	°C	18÷20
Sale di lettura, biblioteche, ecc.....	°C	17÷19
Sale operatorie (CONDIZIONAMENTO Integr.)	°C	24÷30
Edifici ecclesiali .....	°C	12÷16
Negozi e magazzini vendita .....	°C	14÷16
Case circondariali, Caserme militari ....	°C	18÷20

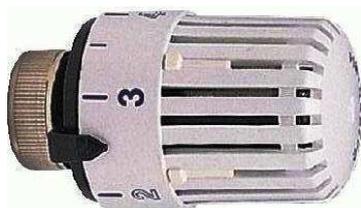
## IL CALORE: COME SI PROPAGA

La Fisica ci ha insegnato che il calore si propaga sostanzialmente in tre modi diversi e precisamente: per conduzione, per convezione e per irraggiamento.

In inverno per esempio, le pareti di un qualsiasi edificio riscaldato, si trovano a temperature diverse, infatti le superfici delle pareti esterne hanno una temperatura più bassa rispetto a quelle interne. Si intuisce, e la Fisica lo conferma, che il calore si propaga attraverso le pareti spostandosi dall'interno della parete più calda verso l'esterno della parete più fredda.

L'energia termica si propaga attraverso le pareti, tetti, muri, ecc. in quantità variabile a seconda del loro spessore e della natura dei materiali con cui sono costituite nonché dal salto termico (differenza della temperatura esistente tra i due lati di esse, ecc.).

Per esempio, i muri in mattoni, a parità di spessore, trasmettono meno calore del calcestruzzo; i muri in pietra invece ne fanno passare di più dei blocchi in argilla espansa, dei doppio uni, eccetera.



Teste termostatiche



Se il  $t$  è di  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , la quantità di calore che attraversa la parete è minore di quella che si avrebbe se la differenza di temperatura fosse di  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Se chiamiamo  $C_d$ , la quantità di calore che attraversa una parete qualsiasi (muro, pavimento, solaio, soffitto, finestra, ecc.) in regime stazionario, e indichiamo con;

\_\_\_  $S$  la superficie in  $\text{m}^2$  della parete, muro, soffitto, vetrata, ecc.;

\_\_\_  $S_p$  lo spessore della parete, muro, solaio, pavimento, ecc.;

\_\_\_  $K$  il coefficiente globale di trasmissione termica relativo ai materiali ed allo spessore della parete considerata, tetto, tramezzo, ecc. ( $\text{W}/\text{h m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

\_\_\_  $T$  la temperatura più elevata del lato della parete

\_\_\_  $t$  la temperatura più bassa del lato della parete;

\_\_\_  $h$  il tempo riferito ad una ora ( $1/\text{h}$ );

\_\_\_  $T - t$  la differenza di temperatura tra la superficie interna più calda e la superficie esterna più fredda della parete ( $t$ );

avremo che:

$$C_d = \frac{K \cdot S \cdot h}{S_p} (T - t)$$

Abbiamo già visto che il coefficiente “ $K$ ” della parete cambia a seconda dei materiali con cui è costituita e con il suo spessore. Il coefficiente “ $K$ ” si chiama anche coefficiente di trasmittanza unitaria.

Se  $T - t$  è uguale ad  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , e la superficie  $S$  è uguale ad  $1\text{ m}^2$ , ed il tempo di 1 ora avremo:

$$C_d = \frac{1 \cdot K \cdot 1}{1} (1)$$

\_\_\_  $C_d = K$  che è il valore di conducibilità, di trasmissione o trasmittanza del coefficiente  $K$ .

Nelle tabelle riassuntive sono indicati i coefficienti  $K$  dei valori pratici della quantità di calore che attraversa le diverse pareti omogenee a superfici parallele di  $1\text{ m}^2$  di area, per determinati spessori e per determinati materiali che formano le pareti stesse, per  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  di  $t$  dopo 1 ora di tempo ( $K = \text{W}/\text{h m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Per la valutazione del carico termico, si fa riferimento alla quantità energetica dispersa in regime stazionario dalle pareti disperdenti degli ambienti in esame, ed alla quantità di energia termica necessaria per il riscaldamento dell'aria esterna per i ricambi forzati e accidentali. Il calore da fornire all'aria di ricambio si calcola con la seguente espressione:

$$Cr = 0,35 \cdot R \cdot (ta - te)$$

*La formula algebrica pratica che regola lo scambio termico per trasmissione in regime stazionario attraverso una parete omogenea a facce parallele è la seguente:*

$$Cd = K \cdot S \cdot (ta - te) \quad (ta - te) = t$$

Il fabbisogno termico totale  $Ct$ , risulta dalla somma di  $Cd + Cr - Ci$ ; cioè dal calore trasmesso per conduzione e convezione dalle pareti disperdenti, più l'energia necessaria per il riscaldamento dell'aria di ricambio; meno il calore endogeno fornito nei locali.

Avremo che:

$$Ct = Cd + Cr - Ci$$

legenda:

$Cd$  = Calore di dispersione, attraverso pareti ecc.;

$Cr$  = Calore da fornire all'aria esterna di ricambio;

$Ci$  = Calore interno fornito da persone, lampade, ecc.;

$Ct$  = Energia totale, ottenuta dalla somma di  $Cd$  più  $Cr$  meno  $Ci$  (solo quando  $Ci$  è di peso considerevole);

$K$  = Coefficiente globale di conducibilità della superficie disperdente in  $W/h \ m^2 \ ^\circ C$ ;

$S$  = Superficie della parete in  $m^2$  (muri, solai, ecc.);

$R$  = Valore in  $m^3/h$  di ricambio d'aria con l'esterno;

$ta$  = Temperatura ambiente (interna) in  $^\circ C$ ;

$te$  = Temperatura esterna atmosferica in  $^\circ C$ ;

$t$  = Salto termico tra temperatura ambiente e la temperatura esterna;

$0,35$  = Calore specifico medio di  $1 \ m^3$  d'aria in  $W/h$ .

Il coefficiente  $K$ , varia non solo a seconda della costituzione della parete e del suo spessore, ma anche per diversi altri motivi, quali il tipo di legante, la sua composizione, l'abilità del posatore, ecc.).

I valori pratici — ampiamente sperimentati — dei coefficienti globali di trasmittanza o conducibilità unitaria "K", per le varie strutture, sono riportati nelle tabelle che seguono. Allo scopo di abituarci all'uso del Sistema Internazionale (S.I.) tali valori sono espressi in W/h m<sup>2</sup> °C.

<b>VALORI SPERIMENTATI DEI COEFFICIENTI GLOBALI DI CONDUCEBILITÀ UNITARIA "K" in W/h m<sup>2</sup> °C DELLE STRUTTURE OMOGENEE A FACCE PARALLELE .</b>						
<b>MURI IN PIETRA INTONACATI SULLE DUE FACCE</b>						
Spessore cm	30	40	60	70	80	90
Esterno K =	2,67	2,90	2,20	2,09	1,86	1,51

<b>MURI IN MATTONI PIENI INTONACATI SU DUE FACCE</b>						
Spessore cm	25	38	50	65	80	90
Esterni K =	1,97	1,51	1,27	1,04	0,93	0,81
Interni K =	1,51	1,16	1,04	0,81	0,69	0,46

<b>MURI IN MATTONI FORATI INTONACATI SU DUE FACCE</b>						
Spessore cm	8	12	25	38	50	65
Esterni K =	3,02	2,55	1,72	1,16	0,93	0,86
Interni K =	2,20	1,86	1,27	0,93	0,69	0,58

<b>MURI IN MATTONI DI PIETRA POMICE INTONACATI</b>						
Spessore cm	10	15	20	25	30	--
Esterni K =	2,67	2,09	1,74	1,51	1,27	--

<b>MURI IN BLOCCHI CAVI CALCESTRUZZO INTONACATI</b>						
Spessore cm	20	25	30	40	50	60
Esterni K =	2,09	1,97	1,86	1,74	1,62	1,51

<b>MURI IN CALCESTRUZZO INTONACATO SU DUE FACCE</b>						
Spessore cm	15	30	40	50	80	100
Esterni K =	3,13	2,79	1,97	1,74	0,99	0,88

### MURI IN CEMENTO ARMATO INTONACATO SU DUE FACCE

Spessore cm	10	15	20	30	40	50
Esterni K =	3,72	3,25	2,90	2,44	2,09	1,86

Tetto di tegole con assito su travi ----	K = 2,90
Tetto con tegole e tavelloni su travi --	K = 3,60
Tetto con tegole su travi e plafone ----	K = 1,86
Tetto laterizio armato coperto guaina --	K = 2,44

Pavimento sul suolo con gettata cemento	K = 2,32
Pavimento con piastrelle su tavelloni --	K = 1,97
Pavimento legno su tavelloni e vespaio -	K = 1,27
Pavimento legno su suolo con camera aria	K = 1,39

### SOLAI E PAVIMENTI

Solai in laterizio armato con pavim. piastrelle

STRUTTURE	Pavimento	Soffitto
Spessore cm --- 8	K = 2,20	K = 2,55   ---
cm -- 12	K = 1,86	K = 2,32   ---
cm -- 16	K = 1,74	K = 2,09   ---
cm -- 20	K = 1,51	K = 1,74   ---

### FINESTRE E VETRATE

Semplice con telaio di ferro -----	K = 6,97
Semplice con telaio di legno -----	K = 5,81
Telaio di ferro e vetri doppi -----	K = 4,06
Telaio di legno e vetri doppi -----	K = 2,90
Doppio telaio ferro e doppi vetri -----	K = 2,75
Doppio telaio legno e doppi vetri -----	K = 2,32

### SOLAIO IN LATERIZIO CON PAVIMENTI IN LEGNO

STRUTTURE -	Pavimento	Soffitto
Spessore cm -- 12	K = 1,16	K = 1,39   ---
cm -- 16	K = 1,04	K = 1,16   ---
cm -- 20	K = 0,81	K = 0,93   ---

### LUCERNARI E VETRATE

Lucernario semplice esterno -----	K = 7,55
Lucernario doppio esterno -----	K = 3,48
Lucernario semplice interno -----	K = 4,06
Lucernario doppio interno -----	K = 2,32
Vetrata semplice esterna -----	K = 6,97
Vetrata doppia esterna -----	K = 3,48
Vetrata semplice interna -----	K = 3,48
Vetrata doppia interna -----	K = 2,32

### PORTE

Esterna di legno -----	K = 4,06
Esterna di metallo -----	K = 6,97
Porta finestra semplice -----	K = 5,81
Porta finestra con doppi vetri -----	K = 2,90
Porta interna -----	K = 2,90

### ADDIZIONALE PER ORIENTAMENTO IN PERCENTUALE

AMBIENTI ESPOSTI A:	
Nord, Nord-Ovest, Nord-Est, Est -----	più 15 %
Ovest -----	più 10 %
Sud -----	più 5 %
per superfici esposte al vento -----	più 10 %

### ADDIZIONALE PER FUNZIONAMENTO INTERMITTENTE

Per interruz. funzionam. notturno -----	più 20 %
Per interruzione di 10 ÷ 12 ore -----	più 25 %
Per interruzione di 12 ÷ 16 ore -----	più 30 %
Per interruzione di 5 ÷ 7 giorni --	minimo 60%

La moderna edilizia residenziale ha subito mutamenti sostanziali rispetto ai metodi utilizzati dalle generazioni precedenti alle nostre.

*Mentre fin verso la metà del secolo scorso, per ottenere un buon isolamento termico, si costruiva realizzando muri di forte spessore (era ed è comunque, a mio parere, ancora il miglior sistema); oggi per gli elevati costi della mano d'opera e per le difficoltà di reperimento di grandi quantità di materiali, si tenta di ottenere lo stesso risultato, usando materiali leggeri e prodotti termoisolanti a bassa conducibilità termica interna  $\lambda$  — I — "conduttanza".*

*Il mercato offre una vastissima gamma di prodotti coibenti per l'edilizia, e non c'è che l'imbarazzo della scelta, però, non bisogna illudersi, che piccoli spessori di questi materiali facciano miracoli, pensando ad esempio, che soli 2,5÷3,5 centimetri di lana di roccia, polistirolo per imballaggi, ecc. interposti in una parete esterna di laterizi di una decina di centimetri o poco più, costituiscono una barriera di isolamento superiore ad un muro di mattoni pieni, di pietra arenaria o di tufo da 60 centimetri oppure da 100, o più centimetri di spessore.*

Si devono valutare sempre i pro e i contro dei materiali coibenti, scegliendo prodotti adeguati e giusti spessori, a seconda delle esigenze consone alle necessità, e comunque, in considerazione della scarsa inerzia termica, caratteristica della maggior parte dei materiali isolanti, mai inferiori a 8÷12 centimetri; diffidando dei coefficienti miracolistici di certi laboratori, ma documentandosi, quanto più possibile, oltre che dal rivenditore, anche presso il fabbricante, oltreché, naturalmente, attingendo della propria ed altrui esperienza.

La formula fondamentale " $Cd = K \cdot S \cdot (ta - te)$ " è sempre valida quando le strutture sono omogenee e le facce delle pareti sono parallele tra di loro, però abbiamo visto che, nella moderna edilizia, questo non si verifica quasi mai, perché le pareti sono composte da strati di materiali diversi (eterogenei), mattoni, coibente, intercapedini d'aria, laterizi, ecc.

Prende il nome di resistenza termica unitaria della parete considerata il rapporto:

$$R = \frac{Sp}{l} \quad (W/m^2 \text{ h } ^\circ C)$$

I valori dei coefficienti di conduttività "lambda", per gli elementi di più comune impiego, sono elencati in seguito in apposita tabella. I valori indicati dal  $l$  provengono dalla normativa UNI CTI 7357 - 1974. La tabella dei coefficienti di conduttività interna, è conosciuta anche con il nome di "Tabella Pontremoli".

Se una parete è costituita da elementi diversi è chiaro che si avranno anche resistenze dissimili; si intuisce che la resistenza totale  $R_t$ , sarà uguale alla somma di tutte le resistenze  $R$  degli strati che la compongono cioè:

$$R_t = R_1 + R_2 + \dots + R_n^\circ$$

In altre parole:

$$K = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1 + \dots + R_n} = \frac{1}{\frac{1}{a_e} + \frac{S_p l_1}{l_1} + \dots + \frac{S_p n^\circ}{l_n} + \frac{1}{a_i}}$$

L'inverso del coefficiente K si chiama resistenza unitaria della parete, e può essere espressa evidentemente con la seguente formula algebrica:

$$R = \frac{1}{K} = \frac{1}{a_e} + \frac{S_p l}{l} + \frac{1}{a_i}$$

legenda:

\_\_\_ R = Resistenza termica unitaria della parete;

\_\_\_ l = Conduttività termica interna W/m<sup>2</sup> °C del materiale costituente la parete;

\_\_\_ Sp = Spessore della parete m (metro);

\_\_\_ ae = Coefficiente di adduttanza, di convezione o di adduzione unitaria, relativo allo scambio termico tra la superficie della struttura esterna e l'aria che la lambisce, W/m<sup>2</sup> h °C;

\_\_\_ ai = Coefficiente di adduttanza, di convezione o di adduzione unitaria, relativo alla trasmissione di calore tra la superficie della struttura interna e l'aria che la lambisce, W/m<sup>2</sup> h °C.

Quali adduttanze unitarie: ae (esterne) e ai (interne) si possono assumere i seguenti valori approssimati:

ADDUTTANZE UNITARIE ai (interne) ae (esterne)	
SUPERFICI ESTERNE ORIZZONTALI	
Flusso termico discendente --	ae = 16,24 W/m <sup>2</sup> °C
Flusso termico ascendente ---	ae = 23 W/m <sup>2</sup> °C
SUPERFICI VERTICALI -----	ae = 23 W/m <sup>2</sup> °C
SUPERFICI INTERNE	
Superfici orizzontali con:	
Flusso termico ascendente ---	ai = 9,28 W/m <sup>2</sup> °C
Flusso termico discendente --	ai = 6,50 W/m <sup>2</sup> °C
Superfici verticali -----	ai = 8,12 W/m <sup>2</sup> °C

Quando la velocità di movimento dell'aria — vento \* — che lambisce le pareti esterne, è superiore a m/s 1,5, si possono applicare, non disponendo di riscontri più precisi, i seguenti valori approssimati pratici:

Velocità dell'aria m/s	2	2,5	3	4	6
ae = W/m <sup>2</sup> °C	26	28	30	35	42

Se nella parete composita ci sono intercapedini d'aria, si deve considerare che nello strato d'aria il calore si trasmette quasi solamente per convezione, per cui l'adduttanza dello strato d'aria sarà:

$$Ra = \frac{1}{Ca}$$

in cui:

\_\_\_ Ra = è la resistenza dello strato dell'aria nell'interno dell'intercapedine;  
 \_\_\_ Ca = è il valore della resistenza termica unitaria dell'aria nell'interno dell'intercapedine.

<b>COEFFICIENTI DI ADDUTTANZA " Ca "</b>	
<b>UNITARIA NELLE INTERCAPEDINI</b>	
INTERCAPEDINE ORIZZONTALE ... spessore mm 20÷100	Flusso termico ascensionale ..... 0,17 W/m <sup>2</sup> h °C
INTERCAPEDINE ORIZZONTALE ... spessore mm 100÷200	Flusso termico discensionale ..... 0,26 W/m <sup>2</sup> h °C
INTERCAPEDINE VERTICALE spessore ... mm 20÷100	Flusso termico orizzontale ..... 0,20 W/m <sup>2</sup> h °C

Il coefficiente di trasmissione globale K, risulta dalla seguente relazione:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{ae} + \frac{Sp}{l} + \frac{Spn}{ln} + \frac{1}{Ca} + \frac{1}{ai}}$$

\* I venti sono caratterizzati dalla direzione (rispetto al Nord) e dalla intensità (velocità in m/s). Possono essere di direzione e intensità variabile o costante. La direzione dei venti si rileva con gli anemoscopi: banderuola, manica a vento, ecc. l'intensità o velocità invece con gli anemometri, mulinelli, ecc. I venti sono classificati secondo la loro intensità:  
 calma: intensità inferiore a 0,5 m/s; debole: velocità compresa tra 0,5 e 3 m/s; moderato: con intensità da 3 e 6 m/s; quasi forte: con velocità compresa da 6 e 10 m/s; vento forte: da 10 e 15 m/s; vento fortissimo: con velocità superiore a 15 m/s.

Il calcolo del valore globale di trasmittanza K, deve essere eseguito tutte le volte che le pareti sono realizzate con materiali diversi (laterizi, sostanze coibenti, intercapedini d'aria, ecc.).

Prima di iniziare gli esercizi, voglio ricordare che, il coefficiente di conducibilità "lambda," nel nostro caso, è sempre riferito alla superficie (area) di un metro quadrato e allo spessore di 1 metro, però volendo si può adattare con sufficiente approssimazione anche a spessori inferiori con la seguente espressione algebrica:

$$Cl = \frac{l}{Sp}$$

\_\_\_ Cl = Coefficiente di conducibilità (l ).

\_\_\_ 1° Esempio.

Calcolare il coefficiente di conduttività l di un pannello di poliuretano espanso di 8 cm di spessore. Soluzione; Cl = 0,035 : 0,08 = 0,438.

\_\_\_ 2° Esempio.

Calcolare la resistenza R di una superficie esterna con flusso termico ascendente ae = 23,2.

Soluzione; R = 1 : 23,2 = 0,0431.

\_\_\_ 3° Esempio.

Calcolare la resistenza R in una intercapedine d'aria orizzontale con flusso di calore discendente la cui conduttanza Ca corrisponde a 5,5.

Soluzione; R = 1 : 5,5 = 0,182.

\_\_\_ 4° Esempio.

Calcolare il coefficiente globale di trasmissione K di una parete verticale costituita da:

- 1) intonaco esterno --- spessore mm 20 lambda 0,86
- 2) mattone forato ----- " --- mm 150 -- " 0,36
- 3) poliuretano espanso -- " --- mm 80 -- " 0,038
- 4) mattone forato ----- " --- mm 100 -- " 0,36
- 5) intonaco interno ----- " --- mm 15 -- " 0,86

Svolgimento del calcolo;

$$K = \frac{1}{\frac{1}{23} + \frac{0,02}{0,86} + \frac{0,15}{0,36} + \frac{0,08}{0,038} + \frac{0,1}{0,36} + \frac{0,015}{0,86} + \frac{1}{8,12}} = 0,138$$

Risultato; K = 0,138 W/m² h °C.

\_\_\_ 5° Esempio.

Calcolare il coefficiente globale di trasmissione K di una parete verticale formata da:

- 1) intonaco esterno --- spessore mm 20 | ---- 0,86
- 2) mattoni pieni ----- "----- mm 300 ---- " 0,5
- 3) intercapedine d'aria --- " ----- mm 150 --- Ca 0,20
- 4) mattoni forati ----- "----- mm 100 --- l 0,36
- 5) intonaco a gesso ----- "----- mm 20 ---- " 0,69

Svolgimento del calcolo;

$$K = \frac{1}{\frac{1}{23} + \frac{0,02}{0,86} + \frac{0,30}{0,5} + \frac{1}{0,20} + \frac{0,10}{0,36} + \frac{0,02}{0,69} + \frac{1}{8,12}} = 0,105$$

Risultato; K = 0,105 W/m<sup>2</sup> h °C.

A titolo informativo, riporto di seguito alcuni prospetti di pareti isolate di uso più comune che indicano i valori di conduttività lambda, calcolati per alcune strutture realizzate con materiali diversi; i valori l indicati sono espressi in centimetri di spessore in Watt/m<sup>2</sup> °C.

Preciso che questi valori di conduttività "l " sono stati da me rilevati ma non verificati, pertanto devono essere utilizzati con le dovute cautele. A scanso di spiacevoli sorprese, prima di servirsene, consiglio di effettuare una ulteriore, responsabile verifica.

<b>STRUTTURA DELLA PARETE ESTERNA</b>		
Conduttività-----	l	spessore
Intonaco esterno -----	0,86	cm 2,5
Mattoni forati -----	1,9	cm 25,0
Lana di roccia in pannelli--	0,052	cm 10,0
Forati 8 UNI -----	0,47	cm 8,0
Intonaco interno -----	0,86	cm 1,5
-----		
VALORE RISULTANTE APPROSSIMATO ---- K =		



Valvola modulante a 3 vie



Termostato ambiente modulante

### STRUTTURA DELLA PARETE ESTERNA

Conduktivität -----	l		spessore
Intonaco esterno -----	0,86		cm 2,5
Blocchi a strutt. alveolare	0,18		cm 25,0
Schiuma poliuretana ----	0,034		cm 15,0
Tavelle forate -----	0,95		cm 6,0
Intonaco interno -----	0,86		cm 1,5

-----  
VALORE RISULTANTE APPROSSIMATO --- K =

### STRUTTURA DELLA PARETE ESTERNA

Conduktivität -----	l		spessore
Intonaco esterno -----	0,86		cm 2,5
Mattoni pieni -----	0,5		cm 15,0
Polistirolo espanso -----	0,034		cm 25,0
Mattoni forati -----	1,9		cm 8,0
Intonaco interno -----	0,86		cm 1,0

-----  
VALORE RISULTANTE APPROSSIMATO ----- K =

### STRUTTURA DELLA PARETE ESTERNA

Conduktivität -----	l		spessore
Intonaco esterno -----	0,86		cm 2,0
Mattoni doppio UNI -----	0,47		cm 12,0
Vermiculite -----	0,068		cm 20,0
Tavelloni di laterizio ----	0,95		cm 8,0
Pannelli in lana di legno -	0,091		cm 2,5

-----  
VALORE RISULTANTE APPROSSIMATO ----- K =

### STRUTTURA - PAVIMENTO - SOLAIO

Conduktivität -----	l		spessore
Piastrelle in terra cotta -	0,95		cm 1,5
Massetto -----	0,88		cm 3,5
Cemento cellulare espanso -	0,29		cm 10,0
Calcestruzzo -----	0,88		cm 6,0
Laterizio -----	0,95		cm 16,0
Intonaco -----	0,86		cm 1,5

-----  
VALORE RISULTANTE APPROSSIMATO ----- K =

### STRUTTURA - SOFFITTO - SOLAIO

Conduktivität -----	l		spessore
Massetto -----	1,04		cm 3,5
Argilla espansa -----	0,93		cm 10,0
Calcestruzzo -----	1,04		cm 6,5
Laterizio -----	0,95		cm 16,0
Intonaco interno -----	0,86		cm 1,5

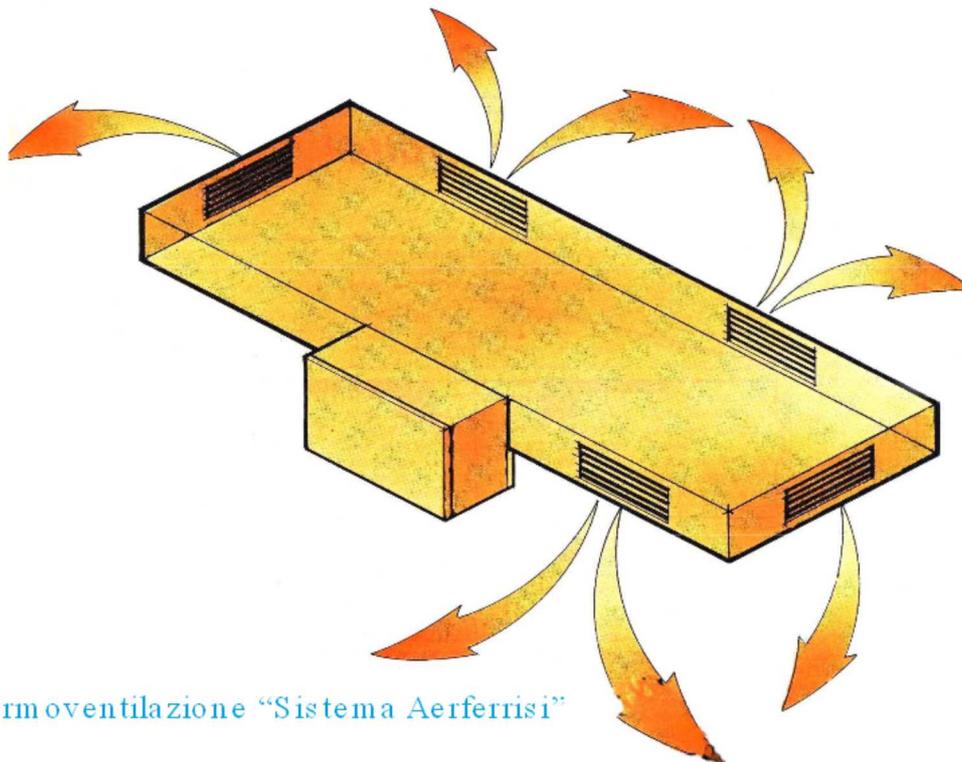
VALORE RISULTANTE APPROSSIMATO ----- K =

### STRUTTURA - SOLAIO COPERTURA

Conduktivität -----	l		spessore
Canali o tegole in cotto -----			cm ----
Cartone catramato -----	0,18		cm 0,5
Cemento espanso -----	0,29		cm 10,0
Calcestruzzo -----	1,04		cm 6,0
Laterizio -----	0,95		cm 16,0
Intonaco interno -----	0,86		cm 1,5

VALORE RISULTANTE APPROSSIMATO ----- K =

### LA PLAFONATURA È IL MIGLIOR CANALE



Termoventilazione "Sistema Aerferisi"

## CONDUTTIVITÀ TERMICA DI ALCUNI ELEMENTI

ELEMENTI:	Coefficiente utile di Conduttività termica $\lambda$ "lambda" (W·m·h·°C)
Arenaria .....	1,620
Argilla in granuli da 3 a 25 mm.	0,100 ÷ 0,135
Calcestruzzo armato .....	1,510
Calcestruzzo cellulare .....	0,290
Calcestruzzo magro .....	0,930
Calcestr. di perlite e vernice .	0,130 ÷ 0,148
Cartone e carta in genere .....	0,047 ÷ 0,140
Cartone bitumato .....	0,186
Ceramica (mattonelle) .....	1,160
Crine e feltri .....	0,046
Gesso .....	0,406 ÷ 0,930
Ghiaia asciutta, pietrisco .....	0,233 ÷ 0,930
Gomme per pavimentazioni .....	0,270
Granito .....	4,060
Grès .....	1,100
Cuoio .....	0,160
Fibre di cellulosa .....	0,058
Intonaco esterno, malta .....	0,860
Intonaco, calce .....	0,930
Intonaco a gesso .....	0,697
Lana animale e cotone .....	0,034 ÷ 0,058
Lana di vetro in pannelli .....	0,040 ÷ 0,046
Lana di vetro c/ termoindurenti.	0,046 ÷ 0,053
Lana di roccia in pannelli .....	0,046 ÷ 0,054
Laterizi esterni .....	0,950
Laterizi interni .....	0,830
Lastre di perlite, fibre e bit..	0,071
Legno in genere .....	0,320
Legno compensato .....	0,115
Linoleum .....	0,180
Marmo in genere .....	1,800 ÷ 3,375
Mica .....	0,430
Pannelli in lana di legno .....	0,085 ÷ 0,097
Perlite con cemento .....	0,226
Piastrelle in terracotta .....	0,950
Polistirene espanso .....	0,034 ÷ 0,049
Polistirolo espanso .....	0,054
Poliuretano espanso .....	0,033 ÷ 0,036
Pvc espanso in lastre .....	0,09 ÷ 0,041
Resine ureiche in genere .....	0,48 ÷ 0,570
Resine fenoliche .....	0,041 ÷ 0,046
Sughero in genere .....	0,043 ÷ 0,058
Terreno asciutto .....	1,730
Terreno umido .....	1,750
Vermiculite espansa .....	0,077 ÷ 0,082
Vermiculite granulare .....	0,442

### CONDUTTIVITÀ DI ALCUNI MATERIALI W/m<sup>2</sup> °C.

ELEMENTI:	Coefficiente utile di conduttività termica "lambda" (W·m·h·°C)
Calcestruzzo di pietrisco .....	1,279
Calcestruzzo armato .....	1,511
Calcestruzzo di scorie .....	0,698
Calcestruzzo di pomice .....	0,465
Cemento .....	0,907
Materie plastiche espanse .....	0,0430 ÷ 0,0465
Muratura in mattoni forati ....	0,349 ÷ 0,814
Muratura in mattoni pieni .....	0,698 ÷ 0,930
Muratura di pietra arenaria ...	1,745
Muratura in pietra calcarea ...	1,977 ÷ 2,442
Muratura in pietra da taglio...	1,63 ÷ 1,558
Piastrelle di cemento .....	1,047
Pietra calcarea .....	2,326
Pietra pomice (agglomerato) ...	0,163 ÷ 0,581
Terra battuta .....	0,605

### CONDUTTANZA DI ALCUNI MANUFATTI IN LATERIZI

VALORE DELLA CONDUTTANZA ESPRESSA IN W/m<sup>2</sup> h °C.

ELEMENTO:	SPESSORE cm	CONDUTTANZA l
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

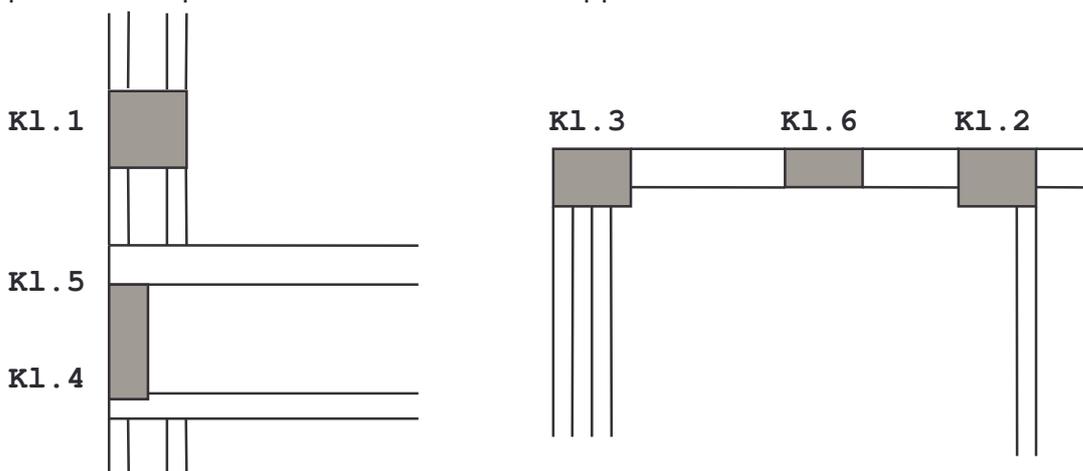
## I PONTI TERMICI

I ponti termici facenti parte delle strutture edili isolate termicamente, sono i punti più critici ai fini della dispersione del calore, infatti in questi elementi, si verifica una forte perdita di energia termica, condensazione di vapore acqueo e muffe. I ponti termici sono costituiti in genere da: travi, pilastri, soglie, stipiti, ecc. poco o non isolati termicamente.

Esistono diversi metodi, empirici ed analitici, per la valutazione della dispersione del calore nei ponti termici, ma il più ricorrente è quello riportato nella normativa UNI 7357-74. Questo sviluppato in Francia, si basa sulla determinazione di un coefficiente di trasmissione lineare "KI". L'energia termica dispersa attraverso una parete che presenta ponti termici, è data dalla somma dell'energia termica della superficie della parete, più quella dispersa dai ponti termici cioè:

$$C_p = (\sum K \cdot A + \sum K_I \cdot L) \cdot (t_a - t_e) \cdot t$$

Nei disegni sono raffigurati i ponti termici più comuni, che identificano il tipo di ponte e il rispettivo coefficiente lineare approssimato "KI" in Watt.



KI. 1 = Ponte termico tra trave di bordo soffitto e parete perimetrale esterna 0,41 W/m °C;

KI. 2 = Ponte termico tra parete perimetrale e tramezzo interno 0,14 W/m °C;

KI. 3 = Ponte termico tra pilastro d'angolo e muri perimetrali.. 0,11 W/m °C;

KI. 4 = Ponte termico tra parete perimetrale e solaio interpiano .. 0,41 W/m °C;

KI. 5 = Ponte termico davanzale finestra .. 0,20 W/m °C;

KI. 6 = Ponte termico mazzette finestre .... 0,22 W/m °C.

## LE DISPERSIONI TERMICHE DEI LOCALI SU TERRAPIENO

I disperdimenti termici dei locali interrati si possono calcolare con la seguente relazione:

$$Cd = Ki \cdot P \cdot (ta - te) \text{ W/h}$$

in cui:

\_\_\_  $K_i$  = Coefficiente globale di trasmissione termica per metro lineare perimetro della parete esterna,  $\text{W/m h } ^\circ\text{C}$ ;

\_\_\_  $P$  = Lunghezza totale in metri delle pareti esterne misurate all'interno, m;

\_\_\_  $ta$  = Temperatura ambiente,  $^\circ\text{C}$ ;

\_\_\_  $te$  = Temperatura esterna atmosferica,  $^\circ\text{C}$ .

" $K_i$ " varia a seconda delle modalità di isolamento con il terreno e assume i seguenti valori:

$K_i = 1,2 \text{ W/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$ , senza alcun isolamento;

$K_i = 1,0 \text{ W/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$ , con isolamento normale;

$K_i = 0,8 \text{ W/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$ , con ottimo isolamento.

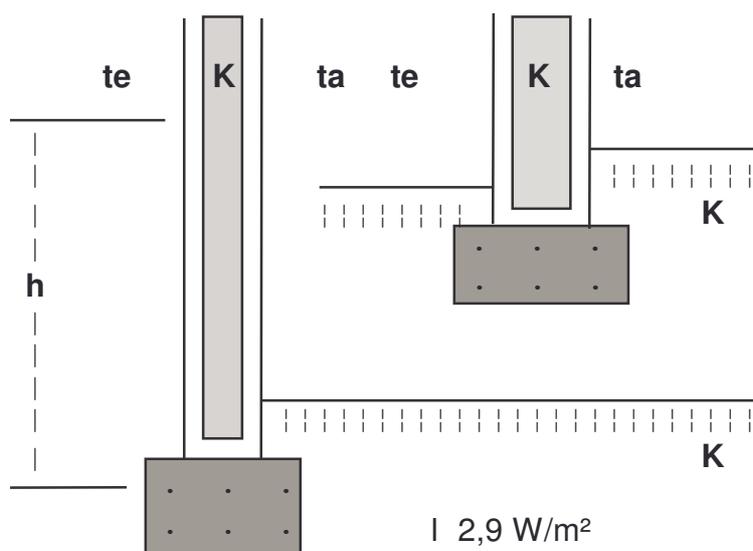
Si può valutare anche con l'espressione:

$$K_i = \frac{1}{1/K + h/l}$$

\_\_\_  $K$  = trasmittanza unitaria del muro;

\_\_\_  $h$  = profondità della parete interrata;

\_\_\_  $l$  = conduttività del terreno ( $2,9 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ ).



## CALCOLO DELLE TEMPERATURE NEI LOCALI NON RISCALDATI

Il calcolo delle temperature esistenti nei locali non riscaldati, confinanti con i locali riscaldati, si può eseguire con sufficiente approssimazione applicando la seguente espressione:

$$T = \frac{(A' \cdot K' \cdot t') + (A'' \cdot K'' \cdot t'')}{(A' \cdot K') + (A'' \cdot K'')}$$

in cui:

- \_\_\_ A' è la superficie in m<sup>2</sup> delle pareti che separano il locale riscaldato.
- \_\_\_ K' è il coefficiente di trasmittanza delle pareti in W/h m<sup>2</sup> °C.
- \_\_\_ t' è la temperatura dei locali riscaldati in °C.
- \_\_\_ A'' è la superficie in m<sup>2</sup> delle pareti che separano il locale riscaldato dall'esterno o da un locale più freddo.
- \_\_\_ K'' è la trasmittanza delle pareti in W/h m<sup>2</sup> °C.
- \_\_\_ T è la temperatura esterna o del locale più freddo

<b>TEMPERATURA ALL'INTERNO DEI LOCALI NON RISCALDATI</b>		
TEMPERATURA DELL'ARIA ESTERNA	-5 °C	0 °C
Nelle cantine con serramenti aperti	-2 °C	2,5 °C
Nelle cantine con serramenti chiusi	5 °C	8,0 °C
Appartamenti non riscal. sottotetto	2 °C	5,5 °C
Ai piani intermedi	7 °C	9,5 °C
Al piano più basso riscaldato	5 °C	8,0 °C
Nei sottotetti non sigillati	-5 °C	0 °C
Non plafonati: con tegole sigillate	-2 °C	2,5 °C
Plafonati	0 °C	4,0 °C
In locali sotto tetto o terrazzo con due pareti esterne con finestre	0 °C	4,0 °C
Intermedi con due pareti esterne	6 °C	9,0 °C
Interm. con una sola parete esterna	10 °C	12,0 °C

## GRANDEZZE FONDAMENTALI E LORO UNITÀ NEL S.I.

GRANDEZZA	NOME	SIMBOLO
Lunghezza	Metro	m
Massa	Chilogrammo	Kg
Tempo	Secondo	s
Corrente elettrica	Ampere	A
Temperatura termodinamica	Kelvin	°K
Intensità luminosa	Candela	cd
Quantità di sostanza	Mole	mol

## GRANDEZZE E UNITÀ SUPPLEMENTARI NEL S.I.

Angolo piano	radiante	rad
Angolo solido	steradiane	sr

## PREFISSI DEI MULTIPLI E DEI SOTTOMULTIPLI DELLE UNITÀ S.I.

FATTORE	PREFISSI		FATTORE	PREFISSI	
	NOME	SIMBOLO		NOME	SIMBOLO
$10^{18}$	Exa	<b>E</b>	$10^{-1}$	Deci	<b>d</b>
$10^{15}$	Peta	<b>P</b>	$10^{-2}$	Centi	<b>c</b>
$10^{12}$	Tera	<b>T</b>	$10^{-3}$	Milli	<b>m</b>
$10^9$	Giga	<b>G</b>	$10^{-6}$	Micro	<b>μ</b>
$10^6$	Mega	<b>M</b>	$10^{-9}$	Nano	<b>n</b>
$10^3$	kilo	<b>K</b>	$10^{-12}$	Pico	<b>p</b>
$10^2$	Etto	<b>h</b>	$10^{-15}$	Femto	<b>f</b>
$10^1$	Deca	<b>da</b>	$10^{-18}$	Atto	<b>a</b>

## GRANDEZZE SISTEMA INTERNAZIONALE E UNITÀ DERIVATE

ALCUNE GRANDEZZE SISTEMA INTERNAZION. S.I.	UNITÀ DERIVATE <b>SI</b>	
	NOME	SIMBOLO
Frequenza	Hertz	<b>Hz</b>
Forza	Newton	<b>N</b>
Pressione	Pascal	<b>Pa</b>
Lavoro, energia quantità di calore	Joule	<b>J</b>
Potenza	Watt	<b>W</b>
Carica elettrica	Coulomb	<b>C</b>
Conduttanza elettrica	Siemens	<b>S</b>
Flusso magnetico	Weber	<b>Wb</b>
Capacità elettrica	Farad	<b>F</b>
Induttanza	Henry	<b>H</b>
Intens. flusso magnet.	Tesla	<b>T</b>
Tensione elettrica	Volt	<b>V</b>
Resistenza elettrica	Ohm	<b>W</b>
Capacità elettrica	Farad	<b>F</b>
Flusso luminoso	Lumen	<b>lm</b>
Illuminamento	Lux	<b>lx</b>
Attività (di una sostanza radioattiva, dose assorbita di radiazione ionizzante)	Gray	<b>Gy</b>

### DECIMI DI POLLICE IN MILLIMETRI

1/10 = mm 2,54	4/10 = mm 10,16	7/10 = mm 17,78
2/10 = mm 5,08	5/10 = mm 12,70	8/10 = mm 20,32
3/10 = mm 7,62	6/10 = mm 16,24	9/10 = mm 22,86

**ALCUNE CONVERSIONI TRA UNITÀ NON S.I. E  
CORRISPONDENTI UNITÀ DEL SISTEMA INTERNAZIONALE**

**TAVOLA DI CONVERSIONE IN UNITÀ S.I.**

1 Kgf	= 9,80665 N
1 Kg/cm <sup>2</sup> (resist. mat.)	= 0,0980665 N/mm <sup>2</sup>
1 Kg/mm <sup>2</sup> (resist. mat.)	= 9,80665 N/mm <sup>2</sup>
1 Kg/cm <sup>2</sup>	= 0,980665 N/mm
1 Kg cm/cm <sup>2</sup> (resilienza)	= 980,665 N
1 giro	= 2 p rad
1 giro/s	= 2 p rad/s
1 giro/min	= 2 p /60 rad/s
1 atm	= 101325 Pa = 1,01325 bar
1 at (atm tecnica)	= 98066,5 Pa = 0,980665 bar
1 mm H <sub>2</sub> O	= 9,8 Pa
1 mm Hg	= 133,332 Pa = 1 torr
1 bar	= 100.000 Pa
1 m bar	= 10,1972 mm c.a.
1 Kgm	= 9,80665 J
1 Kgm/s	= 9,80665 W
1 CV	= 735,499 W
1 Kcal	= 4.186,8 J
1 Kcal	= 1,163 W
1 W	= 0,859855 Cal/h
1 cal	= 4,1868 J
1 Kcal(m · h · °C) (conducibilità termica)	= 1,163 W/(m · K)

**TABELLA DEI FATTORI DI CONVERSIONE TRA ALCUNE UNITÀ  
DI MISURA DEL SISTEMA METRICO DECIMALE E ALCUNE UNITÀ  
DI MISURA DEL SISTEMA AMERICANO E INGLESE**

MISURE:		MULTIPLICARE PER OTTENERE
Miglio ingl.= 1760 yarde		1609.330   = metri
Miglio marino (nautical mile) = 1 miglio geografico = a 1/60 di grado di longitudine all'equatore = 1/60 di 111297,9 m		1854,965 m
Pollice		2,5400   = centimetri
Piedi (foot)12 pollici		0,3048   = metri
Centimetri		0,3937   = pollici
Pollici quadrati		6,4516   = centim. quadrati
Centimetri quadrati		0,1550   = pollici quadrati
Metri quadrati		0,7639   = piedi quadrati
Galloni U.S.A.		3,785   = litri
Galloni inglesi		4,544   = litri
Pint 1/8 di Gallone		0,568   = litri
Litri		0,26428   = galloni U.S.A.
Chilogrammi		2,2046   = libbre
Grammi		0,03527   = onces
BTU		0,252   = Kcal
HP		1,014   = CV
Ton of refrigeration		12000   = BTU/h
Ton of refrigeration		3024   = Frig/h
Kcal		3,968   = BTU
CV		0,9893   = HP
KWh int.		860   = Kcal
Frig/h 1000		0,331   = tons

## METRI CUBI D'ARIA ER LA COMBUSTIONE DI ALCUNI COMBUSTIBILI

COMBUSTIBILI	m <sup>3</sup> /h ARIA TEORICA	m <sup>3</sup> /h ARIA PRATICA
Butano ----- m <sup>3</sup>	----- 31,00 -----	----- 37,2 -----
Carbonio (C) ---	----- 2,40 -----	----- -----
Gas città ----- m <sup>3</sup>	----- 4,5 □ 4 -----	----- 5,4 □ 4,8 -----
Idrogeno ----- m <sup>3</sup>	----- -----	----- -----
Carbone di lega Kg	----- -----	----- -----
Legna ----- Kg	----- -----	----- 10,0 -----
Gasolio ----- Kg	----- -----	----- 13,3 -----
Metano ----- m <sup>3</sup>	----- 9,5 -----	----- 11,4 -----
Koke da gas --- Kg	----- -----	----- 14,8 -----

## CALORE E PESO SPECIFICO DI ALCUNI ELEMENTI

ELEMENTI	Cal/Kg °C	W/Kg °C	PESO SPECIFICO Kg dm <sup>3</sup>
Acqua	1,00	1,162	1,00
Aria Kg/m <sup>3</sup> )	0,237	0,275	1,225 (+15 °C
Rame	0,92	1,069	8,93
Alluminio	0,217	0,186	2,7
Acciaio	0,114	0,132	7,85
Calcestruzzo	0,21	0,180	2,20
Bronzo fosfor.	0,0874	0,075	8,91
Ferro	0,118	0,101	7,86
Stagno	0,056	0,065	7,28
Oro	0,031	0,026	19,3
Poliuretano	0,20	0,232	0,030÷0,040
Lana di vetro	0,20	0,232	0,03÷0,015
ABS	0,35	0,406	
Pvc rigido	0,25	0,290	
Ghiaccio	0,505	0,587	
Mattoni isolan.	0,180	0,225	0,75
Granito	0,17	0,197	3,00
Zinco	0,094	0,080	7,24

## POTERI CALORIFICI "P.c.i." DI ALCUNI ELEMENTI

COMBUSTIBILI	Massa	Watt	Kcal	MJ
Gas di città	1 m <sup>3</sup>	4.651	4.000	16,74
Gas di cokeria	1 <sup>3</sup>	4.396	4.220	17,67
Gas metano	1 m <sup>3</sup>	9.942	8.550	35,79
Gasolio	1 Kg	11.872	10.210	52,75
Coke metallurgico	1 Kg	7.395	6.359	29,43
G.P.L.	1 Kg	12.697	10.919	45,72
Legna in genere	1 Kg	4.651	4.000 max	16,74
Olio combustibile	1 Kg	11.348	9.759	40,86
Kerosene	1 Kg	11.965	1.0290	43,08

I combustibili possono essere solidi, liquidi o gassosi, se combinati con l'ossigeno dell'aria sviluppano calore. I componenti fondamentali sono l'idrogeno (H) e il carbonio (C). I Combustibili bruciando generano, oltre il calore, anche altre sostanze: azoto (N); anidride carbonica, (CO<sub>2</sub>); solfo (S); ammoniaca (NH<sub>3</sub>); acido solforico (H<sub>2</sub>S). Negativo agli effetti termici è l'ossigeno (O<sub>2</sub>). Sottraendo alla percentuale di H totale un ottavo del valore percentuale di ossigeno si ha la percentuale di H utile per la produzione di calore; all'atto della combustione, l'umidità, sottrae calore per effetto della sua evaporazione ( ~ 640 Kcal per Kg d'acqua, cioè 744 Watt).

## CONVERSIONI DI ALCUNE UNITÀ DI MISURA

<b>1 mm c. a.</b>	= mm H <sub>2</sub> O (millimetro di colonna d'acqua) = <b>9,80665 Pa = 10<sup>-4</sup> at</b>
<b>1 mm Hg</b>	= (millimetro di mercurio) = <b>1 torr = 133,3224 Pa = 1,369 = 10<sup>-3</sup> at</b>
<b>1 Kg/cm<sup>2</sup></b>	= <b>0,98 bar.</b>
<b>1 Kg/cm<sup>2</sup></b>	= <b>98 KPa (kilo Pascal).</b>
<b>1 Kg</b>	= <b>9,81 N (Newton).</b>
<b>1 atm</b>	= <b>101.325 Pa = 1,01325 bar.</b>
<b>1 at (tecnica)</b>	= <b>98066,5 Pa = 0,980665 bar = 1 Kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>1 bar</b>	= <b>100.000 Pa = 100 KPa.</b>
<b>1 lb.f</b>	= (libbra) <b>16 once = 453,593 gr</b>
<b>1 cal</b>	= <b>4,1868 J (Joule).</b>
<b>1 Kcal</b>	= <b>4.186,8 J.</b>
<b>1 Kcal</b>	= <b>1,163 W (Watt) = 4.186,8 J.</b>
<b>1 KW</b>	= <b>860 Kcal/h.</b>
<b>1 Btu</b>	= <b>0,252 Cal.</b>
<b>1 ton</b>	= <b>3.024 Fr/h.</b>
<b>1 lb</b>	= <b>0,452 Kg.</b>
<b>1 CFM</b>	= <b>1,7 m<sup>3</sup>.</b>
<b>1 USGPM</b>	= <b>0,227 m<sup>3</sup>.</b>
<b>°F</b>	= <b>(°C ÷ 1,8) · 32.</b>
<b>°C</b>	= <b>(°F - 32) : 1,8</b>

CONFRONTO TRA SCALE TERMOMETRICHE CELSIUS E FAHRENHEIT			
°C	°F	°C	°F
-17,8	0	37,8	100
-1,1	30	40,5	105
0	32	43,3	110
4,4	40	46,1	115
7,2	45	48,9	120
10,0	50	51,6	125
12,7	55	54,4	130
15,6	60	57,2	135
21,1	70	60,0	140
23,8	75	65,5	150
26,7	80	68,3	155
29,4	85	71,1	160
32,2	90	76,6	170
35,0	95	100,0	212

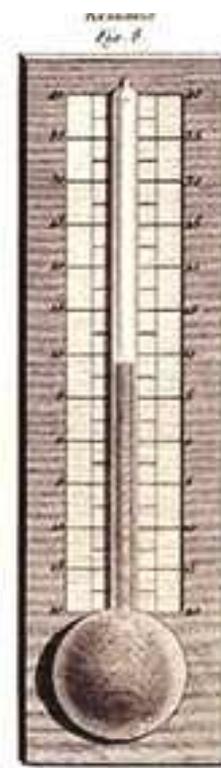
Per passare dalla scala di Celsius – Centigrada – alla scala Fahrenheit, suole applicare la formula seguente:

$$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) \cdot \frac{5}{9}$$

È bene sapere che oltre la Scala Centigrada di Celsius e Centottantigrada di Fahrenheit esiste anche la Scala Ottantigrada di Rèaumur. 0 °C corrisponde a +32 °F, 0 °R; +100 °C corrisponde a +212 °F, +80 °R. La Scala Reaumur è in disuso o quasi in tutto il Mondo.



Anders Celsius



Termometro Rèaumur

SIMBOLOGIE e ABBREVIAZIONI	
Simboli	Definizioni:
$\perp$ .....	= perpendicolare
$\parallel$ .....	= parallelo
$=$ .....	= uguale
$\neq$ .....	= non uguale
$>$ .....	= maggiore
$<$ .....	= minore
$\pm$ .....	= più o meno
$\square$ .....	= ... da ... a ...
$\infty$ .....	= infinito
$\approx$ .....	= circa
$\simeq$ .....	= quasi uguale a
$\stackrel{\text{def}}{=}$ .....	= uguale per definizione
$\gg$ .....	= poco più grande che
$\ll$ .....	= poco più piccolo che
$\geq$ .....	= uguale o maggiore
$\leq$ .....	= uguale o minore
$\bullet$ opp. $\square$ .....	= approssimativamente uguale
% .....	= per cento
‰ .....	= per mille
$\Sigma$ .....	= sommatoria (Sigma)
$\Delta$ .....	= differenza ( $a_1 \approx a_2$ )
$\Delta t$ .....	= differenza di temperatura
appross .....	= approssimativamente
min .....	= minimo
max .....	= massimo
coeff. ....	= coefficiente

MULTIPLI E SOTTOMULTIPLI DELL'UNITÀ DI MISURA DI LUNGHEZZA			
$10^5$	=	100.000 m	= 100 chilometri
$10^4$	=	10.000 m	= 1 miriametro
$10^3$	=	1.000 m	= 1 chilometro
$10^2$	=	100 m	= 1 ettometro
$10^1$	=	10 m	= 1 decametro
$10^0$	=	1 m	= 1 metro
$10^{-1}$	=	0,1 m	= 1 decimetro
$10^{-2}$	=	0,01 m	= 1 centimetro
$10^{-3}$	=	0,001 m	= 1 millimetro
$10^{-4}$	=	0,0001 m	= 1 decimillimetro
$10^{-5}$	=	0,00001 m	= 1 centimillimetro
$10^{-6}$	=	0,000001 m	= 1 micron ( $\mu$ )
$10^{-7}$	=	0,0000001 m	= 1 decimo di micron
$10^{-8}$	=	0,00000001 m	= 1 centesimo di micron
$10^{-9}$	=	0,000000001 m	= 1 millesimo di micron
$10^{-10}$	=	0,0000000001 m	= 1 angstrom (Å)

GRANDEZZE ELETTRICHE E LORO INVERSI		
Ammettanza	è l'opposto di	Impedenza
Conducibilità	è l'opposto di	Resistività
Conduttanza	è l'opposto di	Resistenza
Elastanza	è l'opposto di	Reattanza (capacitiva)
Permeanza	è l'opposto di	Riluttanza
Suscettanza	è l'opposto di	Reattanza (induttiva)
Resistenza	è l'opposto di	Conduttanza
Resistività	è l'opposto di	Conducibilità
Riluttanza	è l'opposto di	Permeanza

## COME SI LEGGONO I VALORI IN "W" E IN "F" DEI RESISTORI E DEI CONDENSATORI

Le fascette colorate presenti sul corpo delle resistenze e dei condensatori permettono di determinare con grande facilità il valore in Ohm (W) nel primo caso, e in Farad (F) nell'altro; per molti ricordare a quali numeri corrispondono i vari colori rappresenta una difficoltà, specialmente in presenza di quattro, cinque anelli di colore delle resistenze di "precisione." Per questo suggerisco un metodo per decifrarne i codici per scoprirne gli esatti valori. È interessante sapere che il valore delle resistenze si può misurare con l'ohmetro o con un multimetro commutato in Ohm; oppure facendo ricorso, come premesso, al codice dei colori come indicato nelle tabelle seguenti:

CODICE DEI COLORI PER RESISTENZE E CONDENSATORI			
COLORE	1a fascia	2a fascia	3a fascia
Nero	0	0	=
Marrone	1	1	0
Rosso	2	2	00
Arancione	3	3	000
Giallo	4	4	0.000
Verde	5	5	00.000
Blu	6	6	000.000
Viola	7	=	=
Grigio	8	=	=
Bianco	9	=	=
Oro	=	=	divide x 10
Argento	=	=	divide x 100

Con questi soli 10 colori è possibile ottenere qualsiasi numero, cioè da 1 a 10.000. Per scoprire come si possono ottenere questi numeri si deve innanzitutto ricordare che delle tre fasce di colore presenti sulle resistenze, le prime due vengono utilizzate per definire i primi due numeri significativi, mentre la terza fascia serve per ottenere il fattore di moltiplicazione, [Vedi tabella](#). Invece di moltiplicare x1, x10, x100, ecc. come tutti consigliano di fare, io propongo di aggiungere semplicemente tanti zeri quanti sono indicati dal colore delle diverse fasce di colore. Vale a dire che se l'ultima fascia sarà rossa (colore che corrisponde al numero 2), si dovranno aggiungere due zeri. Se sarà arancione (colore che corrisponde al numero 3), bisognerà aggiungere 3 zeri, e così via. A volte nelle resistenze di "precisione" possono essere presenti i colori oro o argento, i quali stanno ad indicare che la tolleranza è del valore del 10% quando l'ultima fascia è di colore argento e del 5% quando la fascia è di colore oro; in mancanza di questi due nobili colori significa che le resistenze ed i condensatori hanno una tolleranza sul valore dichiarato del 20%.

Passando dalle comuni resistenze a quelle a strato metallico che non hanno valori standard, la lettura diventa un po' più complessa, in quanto su di esse sono incise cinque ed a volte anche sei fasce di colore. Per queste resistenze o resistori che dir si voglia, le prime tre fasce colorate stanno ad indicare le prime tre cifre significative, la quarta fascia il moltiplicatore, la quinta fascia la tolleranza e la sesta fascia, che appare più raramente, il coefficiente di temperatura, [vedi la tabella](#). Nota: 100 ppm oppure 50 ppm di temperatura: significa che per ogni grado Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) di variazione della temperatura, il valore in W della resistenza varia di 100 parti o 50 parti su 1 milione.

Essendo la lettura di queste resistenze più complessa, faccio notare che su di esse sono presenti 5 fasce colorate, l'ultimo colore potrà essere solo nero, marrone o rosso e, raramente giallo, arancio, blu.



Resistore con tolleranza 5%

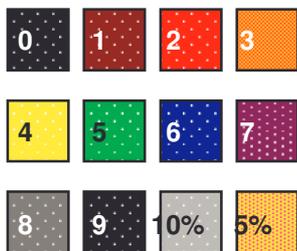


Condensatori elettrolitici

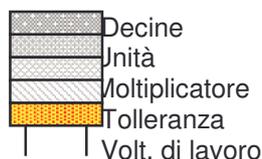
Nelle resistenze a "strato metallico di precisione" con 5 fasce colorate, le prime 3 fasce definiscono i primi 3 numeri significativi; la quarta fascia il fattore di moltiplicazione e la quinta la tolleranza. Si possono trovare questi tre diversi colori: verde = 0,5%; marrone = 1%; rosso = 2%. Nel caso di resistenze caratterizzate da 6 fasce in colore, l'ultima sta ad indicare il coefficiente di temperatura, cioè di quante parti per milione varierà il reale valore ohmico per ogni variazione di temperatura di 1 grado centigrado. una resistenza da 1.000 Ohm (W) con un coefficiente di 100 ppm varierà di 0,1 Ohm per grado centigrado.

CODICE DEI COLORI PER LE RESISTENZE DI "PRECISIONE"						
Colore	1 <sup>a</sup> fascia	2 <sup>a</sup> fascia	3 <sup>a</sup> fascia	4 <sup>a</sup> fascia	5 <sup>a</sup> fascia	6 <sup>a</sup> fascia
Nero	=	0	0	=	=	200 ppm
Marrone	1	1	1	0	1%	100 ppm
Rosso	2	2	2	00	2%	50 ppm
Arancio	3	3	3	000	=	15 ppm
Giallo	4	4	4	0.000	=	25 ppm
Verde	5	5	5	00.000	0,5%	=
Blu	6	6	6	000.000	=	10 ppm
Viola	7	7	7	=	=	=
Grigio	8	8	8	=	=	=
Bianco	9	9	9	=	=	=
Oro	=	=	=	:10	=	=
Argento	=	=	=	:100	=	=

#### VALORE DELLE FASCE COLORATE DELLE RESISTENZE



#### Condensatore Poliestere



I valori delle comuni resistenze a carbone, ecc. si identificano con i colori; da sinistra, le prime due fasce colorate forniscono le prime due cifre significative, la terza il numero degli zeri, il quarto colore indica la tolleranza.

Esempio: la resistenza del tipo a carbone in figura, ha il valore di 120 KW (marrone = 1, rosso = 2, giallo = 0000) con una tolleranza del 5% (oro = 5%).

Le resistenze riportano indicati sul corpo i valori in Ohm (W), in Kilo Ohm (KW), in mega Ohm (MW), in Watt (W). Esistono diversi tipi di resistenze.

Ci sono molti tipi di condensatori, ma i più comuni sono: elettrolitici, poliestere, al tantalio, ceramici, policarbonato, a mica, a carta, variabili, ecc. Le loro capacità si esprimono in Farad (F), microfarad ( $\mu$ F), nanofarad (nF) e picofarad (pF).

LETTERE GRECHE		
Maiuscola	Minuscola	Nome
L	a	Alpha
B	b	Beta
G	g	Gamma
D	d	Delta
E	e	Epsilon
I	---	Lambda
Z	x	Zeta
H	h	Eta
q	q	Theta
I	i	Io
K	k	Kappa
L	l	Lambda
M	m	Mi
N	n	Ni
E	z	Xi
O	o	Omicron
P	p	Pigreco
R	r	Rho
S	s	Sigma
T	t	Tau
°	n	Ipsilon
f	j	Phi
C	c	Chi
y	y	Psi
W	w	Omega

