

λ W/m °C (es.: intonaco, muro in calcestruzzo non armato) si calcola:

$$R_s = \frac{s}{\lambda} \quad (4)$$

(valori di λ per materiali edili v. tab. 13);

per strato di materiale eterogeneo (come muratura in mattoni pieni o forati, posati su malta di cemento): si calcola

$$R_s = \frac{s}{\lambda_e}$$

ove λ_e è una conducibilità equivalente determinata empiricamente, che risulta però notevolmente influenzata dallo spessore e dalla giacitura della parete (orizzontale, verticale, inclinata), dalla direzione del flusso di calore che l'attraversa (dal basso verso l'alto o viceversa, ossia soffitto o pavimento) nonché dalle modalità d'esecuzione del manufatto; pertanto in tabella 14 sono indicati per λ_e valori minimi e massimi dedotti dalle varie prove sperimentali, assumendosi i minimi per manufatti ben eseguiti, di minor spessore e per pavimenti e i massimi per soffitti;

per intercapedini: il valore R_s risulta da dati sperimentali riportati in E-12.1.6 tabella 8 (per avere in m² °C/W i valori che ivi compaiono in m² °C h/kcal, moltiplicare per 0,86);

per pareti contro terra verticali (es. muri d'ambito di cantinati o seminterrati) le già citate Norme CTI-UNI suggeriscono di calcolare W_d considerando come temperatura esterna della parete t_e quella dell'aria, anziché quella non ben determinabile del terreno, aggiungendo però alla resistenza $\sum R_s$ effettiva della parete, calcolata come sopra, un termine fittizio R_s' corrispondente ad uno strato di terreno argilloso molto umido ($\lambda = 2,9$ W/m °C) di spessore eguale alla profondità d'interramento H (misurata dal livello del terreno circostante al piano del pavimento del locale interrato); in definitiva, mancando il termine r_e , si ha quindi: $R_t = r_i + \sum R_s + 0,345 H$ (m² °C/W);

per pareti contro terra orizzontali (pavimento posato direttamente sul terreno o interrato) le stesse Norme CTI-UNI considerano la superficie del pavimento suddivisa in due zone: una corrispondente ad una striscia adiacente ai muri prospettanti all'esterno, larga (2-H) metri (essendo H la profondità d'interramento), che disperde verso l'atmosfera esterna (quindi t_e è ancora la temperatura dell'aria esterna) per la quale, come per le pareti verticali contro terra, si aggiunge a $\sum R_s$ un termine fittizio R_s'' che qui però si assume indipendente da H ed eguale a 0,69 m² °C/W; l'altra, corrispondente alla rimanente area del pavimento, per la quale a $\sum R_s$ si aggiunge un termine fittizio R_s''' di valore 0,43 + 0,86 m² °C/W, secondo che si consideri il terreno più o meno asciutto, ed inoltre nel calcolo di W_d si assume come temperatura t_e , anziché quella dell'aria esterna, quella più elevata (8 + 15 °C in più) dell'acqua delle falde superficiali.

Infine nel caso di pareti con notevole eterogeneità, sia pure simmetricamente distribuita, come ad esempio serramenti in legno o metallici, si deve ricorrere a valori determinati sperimentalmente della resistenza totale R_t , non potendosi considerare ragionevolmente attendibile il calcolo come sopra esposto; si può utilizzare la tabella 7 in E-12.1.6 che dà valori di K (trasmissione totale) in kcal/m² h °C ricordando che si passa a valori in W/m² °C moltiplicando per 1,163 e che $R_t = 1/K$.

Per un ponte termico il calcolo di W_d' risulta in generale piuttosto complesso e laborioso, pur impiegando metodi basati su elaborazioni di dati sperimentali. Per ponti termici costituiti da angoli tra pareti e zone intorno ai serramenti (mazzette, davanzali, soglie) un metodo sufficientemente approssimato e di abbastanza semplice impiego si ricava da Règles Th. DTU del Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (Parigi, 1977); si calcola:

$$W_d' = k_L L (t_i - t_e) \quad (5)$$

Tabella 13. Conduktività di materiali edili omogenei per strutture, rivestimenti, isolamenti.

Materiale	Massa volumica (kg/m ³)	Conduktività λ (W/m °C)
<i>Abete:</i>		
flusso normale alle fibre	450	0,12
flusso parallelo alle fibre	450	0,35
<i>Acciaio per costruzioni (carpenterie) e cem. arm. (C=0,1 + 0,3)</i>	7380	45,0
<i>Acero</i> flusso normale alle fibre	715	45,0
<i>Acqua:</i>		
ghiaccio per $t = 0^\circ\text{C}$	917	2,21
—10°C	919	2,33
—20°C	920	2,44
neve		
strato fino a 3 cm	100	0,058
oltre 3 fino a 7 cm	200	0,116
oltre 7 fino a 20 cm	200	0,232
oltre 20 fino a 40 cm	500	0,697
liquido per $t = 20^\circ\text{C}$	998	0,59
vapore per $t = 100^\circ\text{C}$	0,58	0,023
200°C	0,45	0,030
500°C	0,28	0,050
<i>Aerogel (gel di silice)</i>	130	0,023
<i>Alfol</i> (fogli d'alluminio con intercapedine 10 mm)	40	0,033
<i>Alge marine</i> (tra fogli di carta)	70	0,035
<i>Alluminio</i>		
puro	2700	210,0
duralluminio	2780	160,0
anticorodal	2700	175,0
idronalium	2600	110,0
alusil	2630	158,0
silumin A	2650	163,0
silumin B	2650	137,0
<i>Amianto:</i>		
fibre sfuse	60	0,037
polvere a spruzzo	160	0,064
in feltro	120	0,047
	200	0,054
	300	0,063
	400	0,074
in tessuto	500	0,090
	600	0,10
	700	0,12
	800	0,15
in cartone	970	0,19
	1100	0,20
in lastra pressata	1400	0,23
	1600	0,27
	1800	0,30

(segue)

(seguito tabella 13)

Materiale	Massa volumica (kg/m ³)	Conducibilità λ (W/m°C)
Amianto-Cemento:		
lastre leggere	1100	0,30
pannelli compressi	1700	0,60
pannelli compressi pesanti (es. Eternit)	1900	0,90
Ardesia:		
spacco perpendicolare agli strati	2700	1,70
spacco parallelo agli strati	2700	2,50
Arenaria	2250	1,60
Argilla:		
mattoni crudi (v. anche Laterizi)	1770	0,93
polvere secca	1000	0,30
espansa in granuli, sciolta	250	0,080
espansa in granuli, impastata con cemento	350	0,12
espansa in granuli, impastata con cemento	350	0,13
espansa in granuli, impastata con bitume	400	0,17
Asfalto	2100	0,70
Balsa (legno di)	120	0,047
Basalto	2700	3,5
Bitume	1050	0,17
Bronzo v. Rame (Leghe di)	1050	0,17
Calccare:		
tenero, tufaceo (es. travertino)	1400	0,70
	1600	0,90
	1800	1,20
	1900	1,40
	2000	1,55
	2100	1,65
	2200	1,75
compatto (es. marmo)	2550	2,60
	2700	3,0
	2850	3,4
Calcestruzzo:		
con inerti sabbia e ghiaia magro	1600	0,78
	1800	0,93
ordinario	2200	1,28
vibrato	2400	1,50
con inerti leggeri (pomice, pozzolana, scorie altof.)	800	0,26
	1000	0,33
	1200	0,43
	1400	0,55

(segue)

(seguito tabella 13)

Materiale	Massa volumica (kg/m ³)	Conducibilità λ (W/m°C)
cellulare (es. Aerocrète, Athermex, Cellum, ecc.)	300	0,10
	350	0,107
	400	0,12
	500	0,14
	600	0,17
	700	0,20
	800	0,23
	900	0,27
	1000	0,32
	1100	0,38
	1200	0,44
	1600	0,60
	1700	0,68
	1800	0,78
Canna:		
in genere, compressa in lastre	250	0,058
da zucchero, compressa in lastre rigide (es. Celotex)	210	0,050
	270	0,058
Carta e Cartone:		
carta macerata per riempimento	60	0,042
cartone a strato ondulato tra supporti piani	250	0,064
in strati pressati	1000	0,16
Cartone bitumato	1100	0,186
Castagno (legno di): flusso normale alle fibre	700	0,17
Cemento polvere asciutta sciolta (in mucchio)	1400	0,08
Genere conglomerata con cemento	1600	0,70
Ceramica:		
piastrelle di terracotta	1800	0,93
piastrelle di gres (klinker, litoceramica, mosaico)	1900	1,10
piastrelle di faenza, maiolica	2300	1,05
piastrelle di porcellana	2600	1,04
in generale, per pavimentazione e rivestimenti	2400	1,15
Cotone:		
in fiocchi (ovatta per riempimenti)	80	0,042
in feltro (materassini)	130	0,045
	320	0,048
Crine:		
sciolto (per riempimenti)	110	0,037
in feltro: tutto crine	270	0,047
crine 75% juta 25% (es. Hair Insul)	220	0,045
Dolomite	2670	2,0
Faggio (legno di)	700	0,17
Feldspato	2500	2,33

(segue)

(seguito tabella 13)

Materiale	Massa volumica (kg/m ³)	Conduc-tività λ (W/m°C)
<i>Fibre in genere:</i>		
sciolte (per riempimento alla rinfusa)	100	0,038
	200	0,048
in feltro	300	0,055
in lastre compresse	1200	0,45
<i>Fibra di vetro:</i>		
lana sciolta	50	0,034
feltri, legati con resine termoidurenti	30	0,031
	60	0,035
pannelli rigidi (es.: Isover)	110	0,036
<i>Gesso:</i>		
intonaci e malte asciutte di gesso e sabbia	1240	0,43
	1300	0,52
	1670	0,80
intonaci e malte asciutte di gesso cellulare, o con aggregati leggeri (perlite, vermiculite, e simili)	200	0,07
	400	0,16
	600	0,23
	720	0,27
	1000	0,34
lastre, quadrotti, pannelli per controsoffitti e rivestimenti decorativi: in cartoni (carton-gesso)	600	0,24
	800	0,29
	1000	0,35
	1200	0,41
impasto con fibra di legno	820	0,30
impasto con segatura di legno	920	0,22
<i>Ghiaia secca disposta a strati</i>	1400	0,50
	1600	0,54
	1800	0,65
	1900	0,75
	2000	0,87
	2200	0,98
	7250	52,0
<i>Ghisa</i>	2400	3,25
<i>Gneiss</i>	2700	3,50
<i>Gomma:</i>		
schiuma	70	0,030
molle	1100	0,17
dura per pavimentazioni	1200	0,28
<i>Granito</i>	2500	3,15
	3000	4,10
<i>Gres: (v. anche Ceramica)</i>	1900	1,10
	2300	1,60
	2500	1,85

(segue)

(seguito tabella 13)

Materiale	Massa volumica (kg/m ³)	Conduc-tività λ (W/m°C)
<i>Intonaco:</i>	1800	0,87
di calce e sabbia per esterno	2000	1,05
per interno	1600	0,67
	1700	0,70
	2200	1,40
di cemento e sabbia	2400	1,65
di gesso: v. Gesso	94	0,064
<i>Juta in materassini</i>		
<i>Kapok (fibra organica):</i>	16	0,035
sciolto, in fiocchi	100	0,065
compresso	140	0,038
<i>Lana (di pecora): in materassini</i>		
<i>Lana minerale di roccia o scoria: (v. anche Fibra di vetro)</i>	40	0,034
in fiocchi	100	0,040
	50	0,038
in feltro	100	0,042
	150	0,045
in materassini (supposto carta)	200	0,048
	200	0,052
lastre rigide e semirigide (aggi. colle)	300	0,058
	600	0,15
<i>Larice (legno di)</i>		
<i>Laterizi (mattoni pieni e tegole):</i>	1400	0,35
ben asciutti, tipo leggero	1600	0,55
	1800	0,70
ben asciutti tipo normale	2000	0,82
(per materiali umidi la conduc-tività del 20 + 40%)		
<i>Legno naturale:</i>		
in tavole (v. anche Abete, Acero, ecc.), flusso normale alle fibre, media-mente	600	0,15
(flusso parallelo alle fibre la conduc-tività aumenta dell'80%)	700	0,18
	850	0,21
	200	0,07
segatura, per riempimento, ben asciutta	150	0,055
trucioli e segatura, asciutti	100	0,040
fibre sciolte, asciutte	150	0,043
	200	0,047
	250	0,050
	700	0,15
lastra di segatura agglomerata con cemento	900	0,18
	200	0,060
lastra di trucioli agglomerati con leganti minerali (es. Fibragglos)	300	0,068
	400	0,084
	500	0,10

(segue)

(seguito tabella 13)

Materiale	Massa volumica (kg/m ³)	Conduc-tività λ (W/m ² °C)
lastra di trucioli agglom. con cemento Portland	400	0,09
	1000	0,22
lastra di trucioli agglom. con cem. magnesico (es. Eraclit)	300	0,07
	900	0,18
lastra di fibre compresse agglomerate con colle organiche (es. Masonite, Insulite).	200	0,055
	250	0,059
	300	0,063
	320	0,065
sintetico (es. Isorel):		
semiduro	700	0,18
	800	0,20
duro	1000	0,25
<i>Lino:</i>		
fibre in fogli flessibili	80	0,040
fibre in fogli semiflessibili	210	0,046
<i>Linoleum:</i>		
con sughero	535	0,081
<i>Lolla di riso:</i>		
sciolta	135	0,052
conglomerata con cemento	380	0,085
<i>Magnesia:</i>		
prodotti magnesiaci impastati con farine fossili	200	0,065
conglomerata con cemento	700	0,15
con 15% di amianto	300	0,070
con 25% di amianto	350	0,065
<i>Marmo:</i> (v. anche Calcare)	2700	3,2
<i>Mica:</i> flusso normale al piano di sfaldamento	2700	0,41
<i>Moquette:</i> per pavimenti, di lana vergine, superficie a velluto, supporto in gomma piuma o feltro fibre sintetiche	150	0,035
<i>Nichelio:</i>		
puro	8890	70,0
leghe: nichel-cromo (20% Cr)	8300	12,2
<i>Ottone:</i> v. Rame (leghe di)		
<i>Paglia:</i>		
fibre sciolte per riempimento	140	0,055
compressa in pannelli (es. Solomite)	175	0,058
compressa in pannelli armati con filo d'acciaio	300	0,087
<i>Pelo:</i> pressato in feltro	100	0,037
	200	0,044
<i>Perlite:</i>		
espansa sfusa	80	0,040
	120	0,044
	180	0,061

(segue)

(seguito tabella 13)

Materiale	Massa volumica (kg/m ³)	Conduc-tività λ (W/m ² °C)
espansa conglomerata con fibre minerali, legante asfalto	160	0,052
	180	0,065
espansa conglomerata con cemento	415	0,092
	500	0,107
	650	0,23
<i>Pietre naturali</i> (v. anche Ardesia, Arenaria, Basalto, ecc.)	2000	1,45
	2300	1,80
	2500	2,10
	600	0,15
<i>Pino</i> (legno di)		
<i>Piombo</i>	11290	35,00
<i>Pioppo</i>	450	0,14
<i>Piuma</i>	80	0,035
<i>Piumino d'oca</i>	70	0,026
<i>Polistirene:</i>		
espanso mediante vapore da	15	0,031
a	40	0,038
espanso per estrusione da	26	0,030
a	35	0,034
in lastre compresse	1000	0,15
<i>Poliuretano espanso</i>	25	0,019
	35	0,026
<i>PVC</i> (v. anche Resine poliviniliche) espanso rigido	30	0,029
	40	0,031
	55	0,040
<i>Pomice:</i>		
naturale (ghiaia secca)	300	0,11
	600	0,24
	630	0,16
confezionato in mattoni	800	0,33
conglomerato con cemento Portland, ben asciutto	1000	0,43
	1200	0,54
conglomerato con cemento Portland, umido	800	0,48
	1000	0,61
	1200	0,75
	2300	0,95
<i>Porcellana</i> (v. anche Ceramica, piastrelle)		
<i>Porfido</i>	2500	2,30
<i>Quarzo:</i>		
flusso normale all'asse	2600	6,60
flusso parallelo all'asse	2600	12,8
<i>Quercia</i> (legno di)	900	0,21
<i>Rame:</i>		
puro	8930	386,0
commerciale	8900	349,0

(segue)

(seguito tabella 13)

Materiale	Massa volumica (kg/m ³)	Conduc-tività λ (W/m°C)
leghe: Bronzo (Cu 81,1% Zn 5% Sn 8,7% Pb 1%)	8790	56,0
Ottoni (Cu 70% Zn 30%)	8500	107,0
Maillechort (Cu 62% Ni 15% Zn 22%)	8600	24,0
Resina d'anilina	2100	0,27
Resine sintetiche (v. anche Polistirene, ecc.):		
fenoliche	1320	0,27
fenoliche espanse	30	0,034
	35	0,035
poliviniliche	1420	0,19
poliviniliche espanse	25	0,034
	40	0,037
Sabbia:		
ben asciutta, in mucchio	1500	0,37
ben asciutta, costipata per riempimento con umidità 7% circa	1700	0,57
	2200	1,10
Schisto:		
flusso normale al piano di sfaldamento	2800	1,40
flusso parallelo al piano di sfaldamento	2800	2,45
Scorie d'altoforno:		
grana fine (5 mm)	360	0,11
grana grossa (30 mm)	400	0,15
	600	0,19
	800	0,35
	1250	0,70
	2700	2,80
Selce		
Seta:		
casame, in fibre	53	0,040
in treccia	100	0,050
tessuto	140	0,053
Smalto	610	1,15
Stagno	7280	64,0
Steatite	2600	2,70
Stoffa:		
per tappezzeria e rivestimenti, in lana	150	0,035
per tappezzeria e rivestimenti, in cotone	140	0,045
Sughero:		
naturale in lastre	250	0,10
in polvere (farina di sughero)	200	0,050
espanso in granuli	45	0,031
	85	0,033
	100	0,035
	130	0,037
espanso in granuli con leganti bituminosi	200	0,050
	400	0,080

(segue)

(seguito tabella 13)

Materiale	Massa volumica (kg/m ³)	Conduc-tività λ (W/m°C)
espanso in granuli agglomerato con cemento magnesico	360	0,097
espanso in granuli agglomerato con cemento Portland	700	0,11
espanso in lastre	100	0,035
	150	0,055
	1080	0,29
Talco (polvere)		
Tela di cotone	120	0,043
Terracotta v. Ceramica		
Terreno:		
sabbioso, non gelato perfettamente secco	1600	0,30
umidità 5%		1,20
umidità 20%		1,80
argilloso, non gelato asciutto naturale	2200	0,80
umidità 10%		1,70
Torba:		
in polvere	450	0,070
in lastre leggere	100	0,055
	150	0,070
	300	0,083
	450	0,095
	600	1,20
	2300	2,90
in lastre compresse o piastrelle		
Trachiti		
Tufo:		
leggero	1550	0,63
compatto	2270	1,70
Vermiculite:		
espansa sciolta	60	0,041
	100	0,058
	130	0,068
	260	0,085
	337	0,094
	442	0,107
	487	0,116
conglomerata con cemento		
Vetro: (v. anche Fibra di vetro)		
cellulare espanso	125	0,050
	135	0,052
	140	0,055
monolitico incolore in lastra	2500	0,90
Zinco	7100	110,0

ove: t_1 , t_2 come già indicato; L lunghezza in metri della zona ponte termico misurata sulla faccia verso l'interno del locale; k_L coefficiente lineare in W/m °C caratteristico del tipo di ponte termico, che si ricava da apposite tabelle sperimentali predisposte per i casi più usuali (v. tab. 15).

Tabella 14. Conduttività equivalente di strutture edili eterogenee.

Tipo di struttura	Massa volumica (kg/m ³)	λ_e (W/m °C)
Muro o tavolato di mattoni, posati con malta di calce idraulica, di cemento o bastarda:		
mattoni pieni 6x12x24, spess. muro 12+36 cm	1700+1800	0,84+0,89
mattoni semipieni 6x12x25, sp. muro 12+37 cm	1200+1300	0,48+0,53
mattoni forati 4,5+8x12x24 sp. muro 4,5+15 cm	700+800	0,35+0,42
blocchi cavi di laterizio 17x35	550+600	0,29+0,32
blocchi cavi di calcestruzzo vibrocompresso	1200+1400	0,61+0,65
blocchi cavi di conglomerato di cemento e granulato d'argilla espansa	900+1100	0,50+0,55
piastrelle di vetrocemento, con diffusori a camera d'aria, spessore 6+8 cm	1800+2000	0,62+0,68
Muratura in pietra naturale con malta di calce idraulica, di cemento o bastarda:		
pietra leggera o porosa (arenaria, schisto, travertino, tufo, ecc.) spessore 40+70 cm	1800+2500	1,45+1,70
pietra compatta (granito, porfido, basalto, marmo) spess. 40+70 cm	2600+3400	3,20+3,60
Cemento armato: percentuale d'armatura 1+3%	2500	1,25+1,60
Pannelli di tamponamento prefabbricati in calcestruzzo armato con rete metallica, con interposto strato di polistirene e argilla espansi	1600+1800	0,27+0,36
Pannelli prefabbricati leggeri per facciate continue, pareti mobili, tramezzi, costituiti da supporti di lamiera metallica con strato coibente in resine poliuretatiche:		
supporto lamiera acciaio 6/10 mm, spess. 4+15 cm	150+250	0,04+0,05
supporto lamiera alluminio 6/10 mm, spess. 4+20 cm		0,06+0,10
Pareti trasparenti per facciate continue in profilati di vetro a U autoportanti armati con filo d'acciaio:		
a semplice strato, spess. 6+7 cm	2800	0,8+1,0
a doppio strato con camera d'aria, spessore 4+6 cm	900+1200	0,21+0,40
Solaio di laterizi forati e travetti in cemento armato, interasse travetti 40 cm, esclusa cappa in calcestruzzo, altezza laterizio 12+24 cm	600+800	0,45+0,60
Tavelloni, spessore 5+7 cm per coperture leggere e vespai aerati, con malta di cemento	550+700	0,55+0,65

Per ponti termici costituiti invece dalla presenza nelle pareti di elementi strutturali in materiali buoni conduttori (travi e pilastri d'acciaio o di c.a., tubazioni metalliche) le Norme CTI-UNI 7357-74 propongono di calcolare:

$$W_d = c_e k_e B L (t_i - t_e) \quad (6)$$

ove L , t_i , t_e come in (5); c_e come in (2); B larghezza in metri della zona ponte termico; per

elementi in cemento armato si assume la stessa larghezza dell'elemento; per elementi metallici (tubi, profilati), se occupano l'intero spessore della parete, da una faccia all'altra, si assume per B la larghezza dell'elemento aumentata convenzionalmente di 2,5 cm, se sono annegati nella parete, si assume B eguale alla stessa larghezza aumentata del doppio della distanza tra l'elemento e la faccia più vicina della parete; k_e conduttanza termica equivalente della zona ponte calcolata da:

$$k_e = \frac{1}{r_i + r_e + \sum R_{se}} \quad (7)$$

ove: r_i , r_e come in (6); R_{se} per gli strati di parete non contenenti l'elemento si calcola come in (4) e per lo strato contenente l'elemento si calcola:

$$R_{se} = \frac{s}{\lambda_e} \quad (8)$$

Tabella 15. Ponti termici: coefficienti lineari k_L (W/m °C).

A) GIUNTI SERRAMENTO ESTERNO-PARETE VERTICALE DI TAMPONAMENTO:

giunto verticale (mazzette)

Spessore parete (cm)	Resistenza totale parete $R_t = r_i + r_e + \sum R_s$ (m ² °C/W)						
	da 0,48 a 0,53	da 0,54 a 0,61	da 0,63 a 0,72	da 0,74 a 0,87	da 0,91 a 1,11	da 1,18 a 1,54	da 1,67 a 2,5
20+24 f.i.	0,13	0,12	0,12	0,11	0,10	0,08	0,07
f.e.	0,20	0,19	0,18	0,17	0,15	0,13	0,10
25+29 f.i.	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,10	0,08
f.e.	0,24	0,23	0,22	0,20	0,19	0,16	0,13
30+34 f.i.	0,19	0,18	0,17	0,16	0,14	0,12	0,09
f.e.	0,29	0,28	0,26	0,24	0,22	0,19	0,15
35+40 f.i.	0,21	0,20	0,19	0,18	0,16	0,14	0,10
f.e.	0,33	0,32	0,30	0,28	0,25	0,22	0,17

Serramenti spessore 35+45 mm, posati a filo interno (f.i.) o esterno (f.e.); la lunghezza L del giunto si assume eguale all'altezza vano finito; per serramenti posati a filo interno con parete isolata e isolamento a filo contro telaio si può assumere k_L nullo.

giunto orizzontale (davanzale o soglia sporgente oltre filo esterno parete)

$k_L =$	Spessore del davanzale o del pavimento (cm)						
	10	12,5	0,15	0,175	0,20	0,225	0,25
	0,23	0,28	0,34	0,40	0,46	0,51	0,57

(segue)

(seguito tabella 15)

B) GIUNTI TRA PARETI:

spigolo verticale tra due muri esterni ad angolo retto

Si assume generalmente $k_L = 0,05$ W/m °C; se i muri sono isolati internamente e l'isolamento non è interrotto in corrispondenza dello spigolo si può assumere k_L nullo.

spigolo verticale tra muro esterno e tavolato divisorio interno

Spessore divisorio (cm)	Resistenza totale muro esterno $R_t = r_i + r_e + \sum R_s$ (m ² °C/W)						
	da 0,48 a 0,53	da 0,54 a 0,61	da 0,63 a 0,72	da 0,74 a 0,87	da 0,91 a 1,11	da 1,18 a 1,54	da 1,67 a 2,5
7,5	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04	0,00	0,00
10	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02
12,5	0,10	0,09	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03
15	0,12	0,11	0,09	0,08	0,06	0,05	0,04
17,5	0,15	0,13	0,11	0,09	0,07	0,05	0,04
20	0,17	0,15	0,12	0,10	0,08	0,06	0,04
22,5	0,19	0,16	0,14	0,12	0,09	0,07	0,05
25	0,21	0,18	0,15	0,13	0,10	0,08	0,05

spigolo orizzontale tra muro esterno verticale e parete soffitto

Spessore muro (cm)	Spessore parete soffitto (cm)						
	15	17,5	20	22,5	25	27,5	30
20 ÷ 24	0,19	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34	0,36
25 ÷ 29	0,18	0,21	0,24	0,25	0,29	0,32	0,34
30 ÷ 34	0,17	0,20	0,22	0,25	0,27	0,30	0,32
35 ÷ 40	0,16	0,19	0,21	0,24	0,26	0,28	0,30

spigolo orizzontale tra muro esterno verticale e parete pavimento

Spessore muro (cm)	Spessore parete pavimento (cm)						
	15	17,5	20	22,5	25	27,5	30
20 ÷ 24	0,22	0,25	0,29	0,32	0,36	0,39	0,43
25 ÷ 29	0,20	0,23	0,26	0,29	0,33	0,36	0,39
30 ÷ 34	0,18	0,21	0,24	0,27	0,30	0,33	0,36
35 ÷ 40	0,16	0,19	0,22	0,25	0,27	0,30	0,33

ove λ_e è una conduttività fittizia detta conduttività equivalente: per cemento armato (percentuale d'armatura 1%) si può assumere $\lambda_e = 1,50$ W/m °C per profilati d'acciaio a sezione piena annegati in calcestruzzo $\lambda_e = 3,70$ W/m °C, per tubi e profilati scatorlati d'acciaio annegati in calcestruzzo $\lambda_e = 2,0$ W/m °C, in mattoni pieni $\lambda_e = 1,95$ W/m °C, in mattoni forati $\lambda_e = 1,90$ W/m °C.

Nel calcolo di W_d si evidenziano le conduttanze ($k_L k_e$), invece delle resistenze come per W_d , perché evidenziano con maggiore immediatezza l'importanza del ponte termico.

Isolamento, protezione, capacità termica delle pareti: per contenere nei limiti fissati dalle norme i valori dei coefficienti di dispersione dell'edificio e dei singoli ambienti, occorre in sede di progettazione determinare idonei valori di R_t per le diverse pareti, eseguendo eventualmente i calcoli per successive approssimazioni. Per un primo orientamento si possono utilizzare le correlazioni tra massa M per unità di superficie di parete e resistenza termica R_t indicate dal Ministero L.L.P.P. per l'edilizia civile sovvenzionata e per l'edilizia scolastica e ospedaliera (v. tab. 16). Altro criterio che viene osservato è quello che la differenza di temperatura a regime tra aria ambiente e faccia interna della parete non superi i 3 °C per le pareti verticali e i 2 °C per i soffitti prospettanti all'esterno, essendo tale situazione la più idonea al benessere fisiologico delle persone presenti: ciò corrisponde ad avere valori di R_t maggiori di 0,041 ($t_i - t_e$) m² °C/W per le pareti verticali e di 0,054 ($t_i - t_e$) m² °C/W per i soffitti.

Oltre ad assicurare nella progettazione delle pareti valori di resistenza termica adeguati all'osservanza delle norme relative al C_d , è opportuno assicurarne la migliore protezione dall'umidità, che oltretutto ne riduce la resistenza termica, e determinarne l'inerzia termica in misura adeguata all'uso previsto degli ambienti.

La protezione dall'umidità si realizza sulle facce esterne, per le acque meteoriche e di sottosuolo, con noti sistemi d'impermeabilizzazione e adeguati rivestimenti protettivi; per la difesa invece dai fenomeni di condensa del vapore d'acqua presente nell'aria ambiente, all'interno dei locali, si inserisce nelle pareti una *barriera al vapore*, generalmente costituita da un foglio molto sottile di resine polietileniche o di cartone bituminato, accuratamente sigillato in

Tabella 16. Relazione ottimale tra massa e resistenza termica per pareti esterne.

Pareti	verticali				opache:	
	20	50	100	200 e oltre		
massa areica M (kg/m ²)	20	50	100	200 e oltre		
$\sum R_t$ (m ² °C/W)	1,825	1,235	0,890	0,615		

Pareti verticali con elevata percentuale di vetratura:

per pareti ove la percentuale di vetratura sia oltre il 50% si ammette, per le parti opache, valore di $\sum R_t$ non inferiore a 0,690, indipendentemente dalla massa areica; per la parte vetrata si richiede R_t non inferiore a 0,070 per costruzioni in zone ove temperatura esterna di progetto inferiore a -5 °C.

Pareti orizzontali o inclinate di copertura e pareti orizzontali di pavimento sopra ambienti aperti:					
	20	50	100	200	300 e oltre
massa areica M (kg/m ²)	20	50	100	200	300 e oltre
$\sum R_t$ (m ² °C/W)	2,695	1,740	1,260	0,890	0,690

Valori desunti da norme ministeriali italiane: D.M. 18.12.1975 per edilizia scolastica, Circolare Min. L.L.P.P. 13011 del 22.11.1974 per edilizia ospedaliera, Circolare Min. L.L.P.P. 3151 del 22.5.1967 per edilizia civile sovvenzionata.