

2 Calcolo del coefficiente U

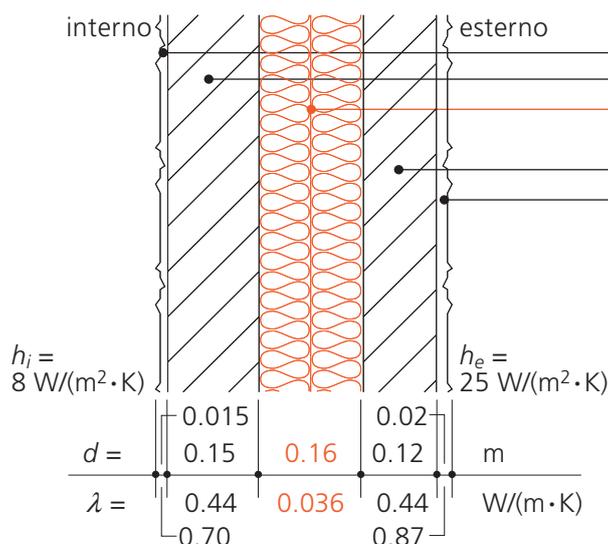
Il capitolo Calcolo del coefficiente U illustra il calcolo di costruzioni semplici come ad esempio elementi costruttivi omogenei. Esso contiene le basi necessarie rispettivamente parametri di calcolo come il coefficiente totale di trasmissione termica, la resistenza al passaggio termico di strati d'aria e parametri caratteristici dei materiali da costruzione. Vengono inoltre dati consigli su come si deve procedere in caso di costruzioni complesse come per esempio elementi costruttivi disomogenei, ponti termici, facciate ventilate e riscaldamenti a pavimento. Il calcolo viene presentato in dettaglio con l'ausilio di 5 esempi ed un esercizio.

2.1 Elementi costruttivi omogenei

Come **elementi costruttivi omogenei** vengono indicate costruzioni che sono costituite da diversi strati continui accostati di materiale da costruzione. Se appaiono delle interruzioni ripetute regolarmente come per esempio colonne in acciaio o in calcestruzzo oppure architravi, si tratta invece di elementi costruttivi disomogenei (Cap. 2.2). Il coefficiente U degli elementi costruttivi omogenei esistenti o risanati viene calcolato con la seguente formula di base (nella misura in cui i singoli strati sono esattamente conosciuti):

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + R_g + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{1}{h_e}} \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

- $d_1 \dots d_n$ Spessore dei relativi materiali in m
 h_i, h_e Coefficienti di convezione termica in $\text{W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ (Cap. 2.3.1)
 $\lambda_1 \dots \lambda_n$ Conducibilità termica dei rispettivi materiali in $\text{W/(m} \cdot \text{K)}$ (Cap. 2.3.2)
 R_g Resistenza al passaggio termico degli strati d'aria (Cap. 2.3.3)



- Intonaco interno
 Mattone
 Isolamento termico
 ad es. con $\lambda = 0.036 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ – 16 cm (o 2x8 cm)
 Mattone
 Intonaco esterno

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + R_g + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{1}{h_e}} \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0.015}{0.70} + \frac{0.15}{0.44} + \frac{0.16}{0.036} + \frac{0.12}{0.44} + \frac{0.02}{0.87} + \frac{1}{25}}$$

$$U = \frac{1}{5.26} \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} = 0.19 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

I coefficienti U degli **elementi costruttivi omogenei più utilizzati** con gli spessori d'isolamento termico più ricorrenti si trovano nel Capitolo 4.1.

Figura 4

Calcolo del coefficiente U sull'esempio di una muratura con intercapedine

10 2.2 Elementi costruttivi disomogenei

Nel caso degli elementi costruttivi disomogenei, i diversi strati di materiale da costruzione non riguardano tutta la superficie, ma vengono regolarmente interrotti da altri strati (vedi Figura 5). Queste interruzioni portano ad un peggioramento del coefficiente U e vanno quindi considerate. Un metodo semplificato per il calcolo della resistenza termica di un elemento costruttivo formato da strati omogenei e disomogenei è contenuto nella norma SN EN ISO 6946.

Nel caso di costruzioni complesse e nel caso di evidenti ponti termici (per esempio struttura in alluminio nel caso di facciate ventilate), il coefficiente U va definito tramite misurazioni oppure con certificazioni, con l'aiuto di programmi di calcolo o con il catalogo dei ponti termici. A pagina 22 si trova un esempio a riguardo.

I coefficienti U degli **elementi costruttivi disomogenei usati** più frequentemente con gli spessori di isolamento termico più ricorrenti si trovano nel Capitolo 4.2.

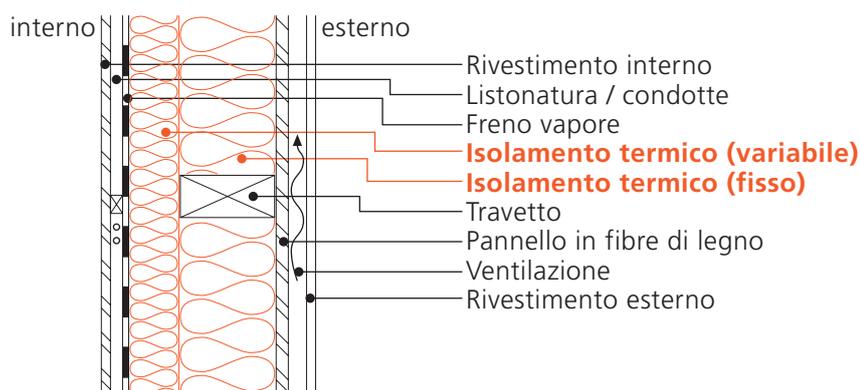
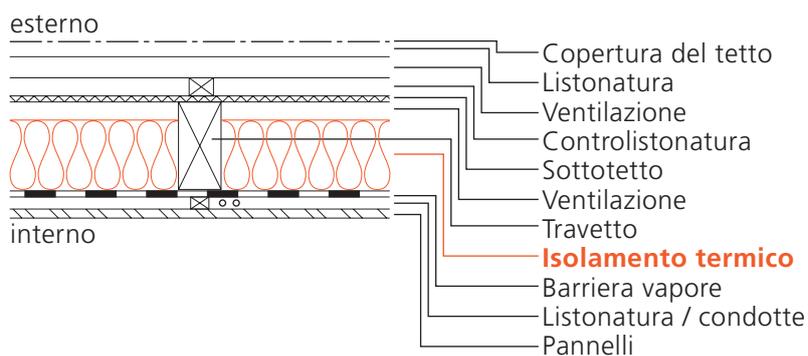


Figura 5

Esempi di elementi costruttivi disomogenei

2.3 Parametri di calcolo

2.3.1 Coefficienti di convezione termica h

La trasmissione termica dall'aria interna all'elemento costruttivo viene indicata con il coefficiente di convezione termica h_i (antecedentemente α_i) e dall'elemento costruttivo all'aria esterna con il coefficiente di convezione termica h_e (antecedentemente α_a).

Altri consigli si trovano nella norma SIA 180 «Isolamento termico e protezione contro l'umidità degli edifici».

La resistenza alla convezione termica R_s è l'inverso del coefficiente di convezione termica h . Valgono i seguenti parametri di calcolo:

$$R_{si} = \frac{1}{h_i} = 0.13 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \quad h_i = 8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$R_{se} = \frac{1}{h_e} = 0.04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \quad h_e = 25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Per elementi costruttivi nel terreno vale:

$$R_{se} = \frac{1}{h_e} = 0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

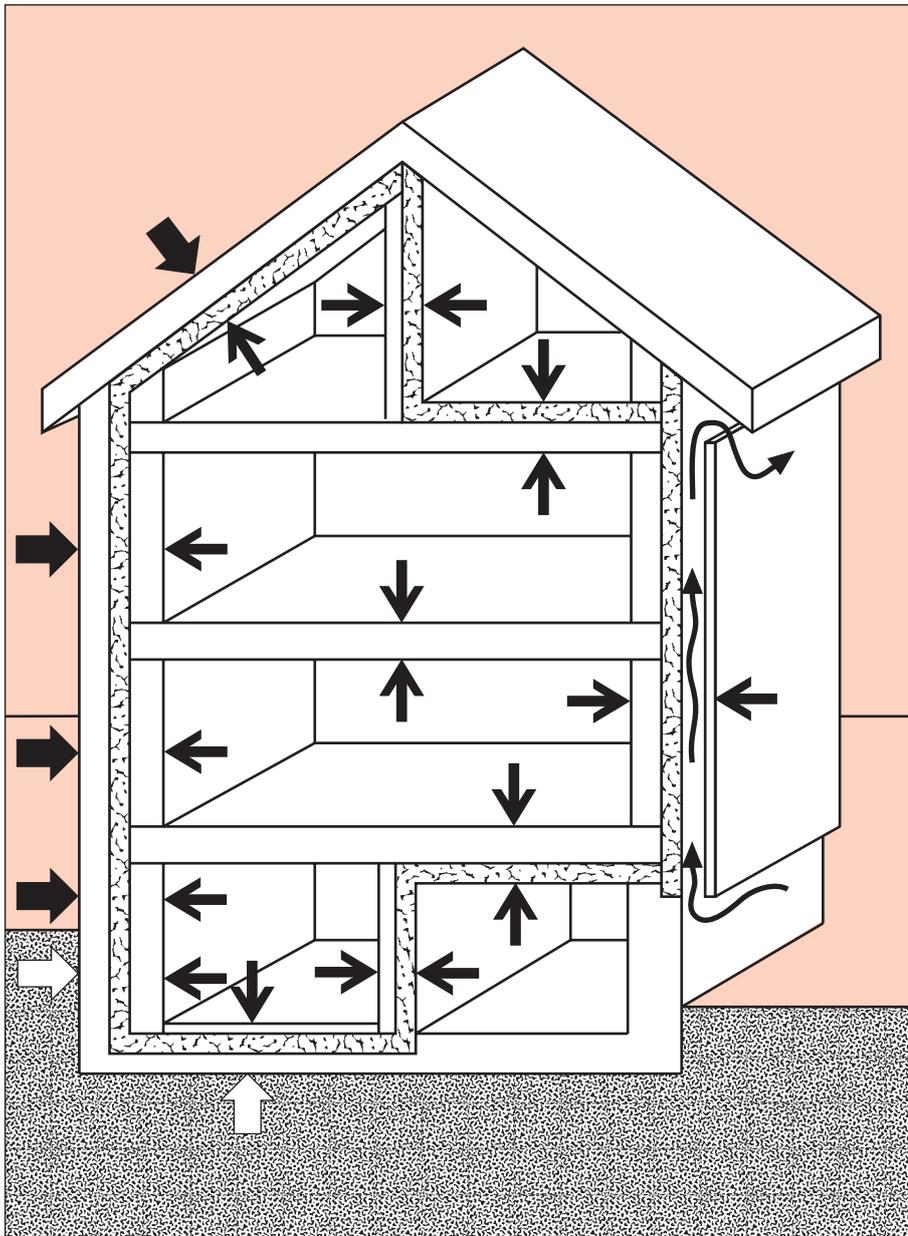


Figura 6

Resistenze alla convezione termica R_s in $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$

-  $R_{se} = 0.04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
-  $R_{si} = 0.13 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
-  $R_{se} = 0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
-  Corrente d'aria

2.3.2 Conduttività termica λ di materiali da costruzione

La conduttività termica λ (Lambda) è la misura per la resistenza che un materiale da costruzione oppone al defluire del calore. Essa corrisponde alla densità di flusso termico nel caso di un gradiente di temperatura di 1 Kelvin per metro in condizioni stazionarie in un materiale omogeneo.

Vale la seguente regola:

Più il coefficiente λ è basso, migliore è la protezione termica.

12 Estratto dalla prenorma SIA 279 «Wärmedämmstoffe» («Isolanti termici»):

I parametri di calcolo della conduttività termica valgono per il settore usuale dell'edilizia in condizioni abituali dei locali secondo il clima svizzero e vanno utilizzati per bilanci termici.

Come parametro di calcolo va utilizzato il valore nominale λ_D definito specifico per prodotto e confermato dalla SIA. Le scale tipiche per valori nominali della conduttività termica verificati sono contenute nella colonna «verificati» della Tabella 1.

Nel caso venga impiegato un prodotto da un certo gruppo di materiali che è stato verificato ma non ancora certificato, va utilizzato il valore più alto per quel gruppo di materiali.

Per prodotti senza certificato di verifica valgono i valori di calcolo specifici del materiale secondo la Tabella 1, colonna «non verificato».

La maggior parte dei produttori indicano per il loro prodotto coefficienti λ attendibili sulla confezione.

Se invece di materiali neutri (come per esempio lana o schiuma di vetro, polistirolo, ecc.) vengono utilizzati materiali specifici come per esempio swisspor ROXON-Alu, Isover Luro 614, Flumroc Tria, ecc., i coefficienti λ possono essere presi dalla SIA 2001 «Kennwerte der Wärmedämmstoffe – deklarierte Werte der Wärmeleitfähigkeit und weitere Angaben der Lieferanten und Hersteller» («Parametri degli isolanti termici – valori dichiarati della conduttività termica e altre specifiche dei fornitori e dei fabbricanti»). Questa scheda tecnica viene aggiornata periodicamente e contiene solo prodotti la cui conduttività termica è stata dichiarata secondo l'Allegato A della prenorma SIA 279.

Tabella 1: Valori di calcolo per verifiche fisico-costruttive

Estratto dalla documentazione D 0170

Materiale	Peso specifico nominale ρ_a kg/m ³	Conduttività termica Valore nominale λ_D (vedi Capitolo 2)	
		verificato ¹ W/(m · K)	non verificato W/(m · K)
Lana di vetro			
Pannelli, stuoie, rotoli	10–120	0.031–0.048	0.055
Sfusa	30–100	²	0.060
Lana di roccia			
Pannelli, stuoie, rotoli	15–200	0.034–0.048	0.055
Sfusa	30–100	²	0.060
Schiuma di vetro			
Pannelli	100–150	0.040–0.055	0.064
Sfusa	250–450	²	0.094
Perlite, Vermiculite sfusa	50–130	v0.084	
Polistirolo, espanso (EPS)	30–15	0.032–0.042	0.048
Polistirolo, estruso (XPS)			
Polistirolo, estruso (XPS)	25–65	0.028–0.036	0.043
Contenuto cellulare Aria	25–65	0.034–0.038	0.046
Poliuretano (PUR) e poliisocianurato (PIR)			
Contenuto cellulare Pentano			
impermeabile alla diffusione	28–55	0.022–0.027	0.032
permeabile alla diffusione	28–55	0.026–0.033	0.037
Contenuto cellulare CO ₂	35–60	0.032–0.038	0.045
Sughero: pannelli, stuoie	90–160	0.040–0.047	0.056
Lana di legno			
Pannelli	30–150	0.067–0.089	0.107
Pannelli strutturali leggeri	250–450	²	0.095
Rivestimenti di pannelli multistrato ³			
5 mm	²	²	0.15
7,5 mm	²	²	0.125
10 mm	²	²	0.10
Pannelli isolanti in fibra di legno	120–300 300–600	0.044–0.065 ²	0.080 0.110
Cellulosa			
Pannelli	²	²	0.065
Sfusa	30–80	²	0.060
Materiale isol. di orig. vegetale			
Pannelli in fibra di lino	25–35	²	0.055
Pannelli in cannette palustri	150–200	²	0.072
Stuoie in fibra di cocco	50–100	²	0.066
Cotone	> 25	²	0.055
Materiale isol. di orig. animale			
Lana di pecora	20–60	²	0.055

¹ Questi valori sono punti di riferimento per prodotti esistenti sul mercato (vedi anche scheda tecnica SIA 2001). Sono possibili anche valori più bassi e più alti. Determinante è il valore nominale specifico del prodotto (certificato di verifica necessario).

² Valore al momento non ancora definito, rispettivamente troppo pochi dati a disposizione.

³ La resistenza al passaggio termico di pannelli isolanti multistrato in lana di legno va calcolata come la somma dei singoli valori della resistenza al passaggio termico. Per i rivestimenti vanno adottati in questo caso i valori della colonna «non verificato».

Gruppo di materiali o applicazione	Peso specifico ρ kg/m ³	Conduttività termica λ W/(m·K)
Muratura non intonacata		
Mattoni di cotto modul., semplice	1100	0.44
Mattoni di cotto modul., composti	1100	0.37
Mattoni isolanti	1200	0.47
Mattoni a facciavista	1400	0.52
Mattoni da camino	1800	0.80
Mattoni in silicocalcare	1600	0.80
	1800	1.00
	2000	1.10
Mattoni in cemento pieni	2000	1.10
Mattoni in cemento forati	1200	0.70
Mattoni in beton cellulare	300	0.10
	400	0.13
	500	0.16
	600	0.19
Pietre naturali		
Pietra naturale cristallina	2800	3.5
Pietra naturale sedimentaria	2600	2.3
Basalto	2700 – 3000	3.5
Granito	2500 – 2700	2.8
Marmo	2800	3.5
Ardesia	2000 – 2800	2.2
Arenaria (Quarzite)	2600	2.3
Terreni		
Argilla, limo o fango	1200 – 1800	1.5
Sabbia e ghiaia	1700 – 2200	2.0
Calcestruzzo ¹		
Con peso specifico medio	1800	1.15
	2000	1.35
	2200	1.65
Con peso specifico alto	2400	2.00
Armato (con l'1% di ferro)	2300	2.3
Armato (con il 2% di ferro)	2400	2.5
Rivestimenti e intonaci		
Intonaco interno, per calcoli normali	1400	0.70
Intonaco esterno, per calcoli normali	1800	0.87
Intonaco isolante esterno	300	0.08
	450	0.14
Malta di calce	1800	0.87
Malta di calce e cemento	1900	1.00
Malta di cemento («betoncino»)	2200	1.40
Intonaco in gesso isolante	600	0.18
Intonaco in gesso	1000	0.40
	1300	0.57

Tabella 2

Peso specifico ρ e conduttività termica λ dei materiali da costruzione più usati

Estratto dalla documentazione SIA D0170

Gruppo di materiali o applicazione	Peso specifico ρ kg/m ³	Conduttività termica λ W/(m·K)
Gessi		
Gesso	600	0.18
	900	0.30
	1200	0.43
	1500	0.56
Pannelli in cartongesso ²	900	0.25
Legno ³		
Legname da costruzione	500	0.13
	700	0.18
Pannelli in fibre di legno	250	0.07
	400	0.10
	600	0.14
	800	0.18
Pannelli in legno truciolare	300	0.10
	600	0.14
	900	0.18
Pannelli in legno truciolare mineral.	1200	0.23
Materiali diversi		
Metalli		
Leghe d'alluminio	2800	160
Acciaio	7800	50
Acciaio inossidabile	7900	17
Vetro (vetro sodico, compreso vetro float)	2500	1.00
Vetro di quarzo	2200	1.40
Acqua a +10°C	1000	0.60
Acqua a +40°C	990	0.63
Ghiaccio a -10°C	920	2.30
Ghiaccio a 0°C	900	2.20
Neve fresca (< 30 mm)	100	0.05
Polivinilcloruro (PVC)	1390	0.17
Pannelli		
Ceramica / Porcellana	2300	1.3
Plastica	1000	0.20
Gomma		
Gomma	910	0.13
Neoprene (Policloroprene)	1240	0.23
Gomma butilica	1200	0.24

¹ Il peso specifico del calcestruzzo è indicato come peso specifico a secco.

² La conduttività termica include l'influsso degli strati di carta di copertura.

³ Il peso specifico del legname da costruzione e dei prodotti laminati in fibre di legno è il peso specifico in condizioni stabili a 20°C e 65% di umidità relativa.