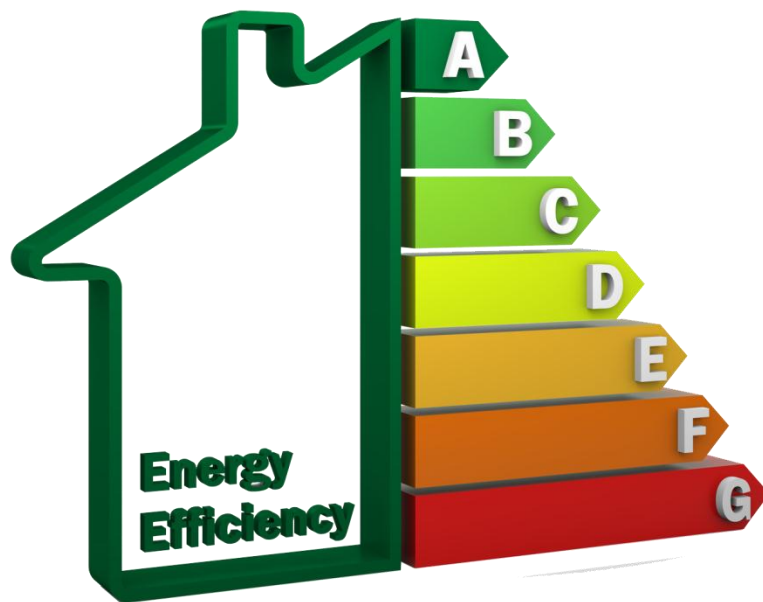


Esercitazione

**METODO DI CALCOLO SEMPLIFICATO DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA
GLOBALE EP_{gi} DEGLI EDIFICI RESIDENZIALI ESISTENTI**



ESERCITAZIONE N° 1

Dato un edificio residenziale esistente con superficie utile fino a 1000 m²; noti i principali dati climatici, tipologici, geometrici ed impiantistici, calcolare:

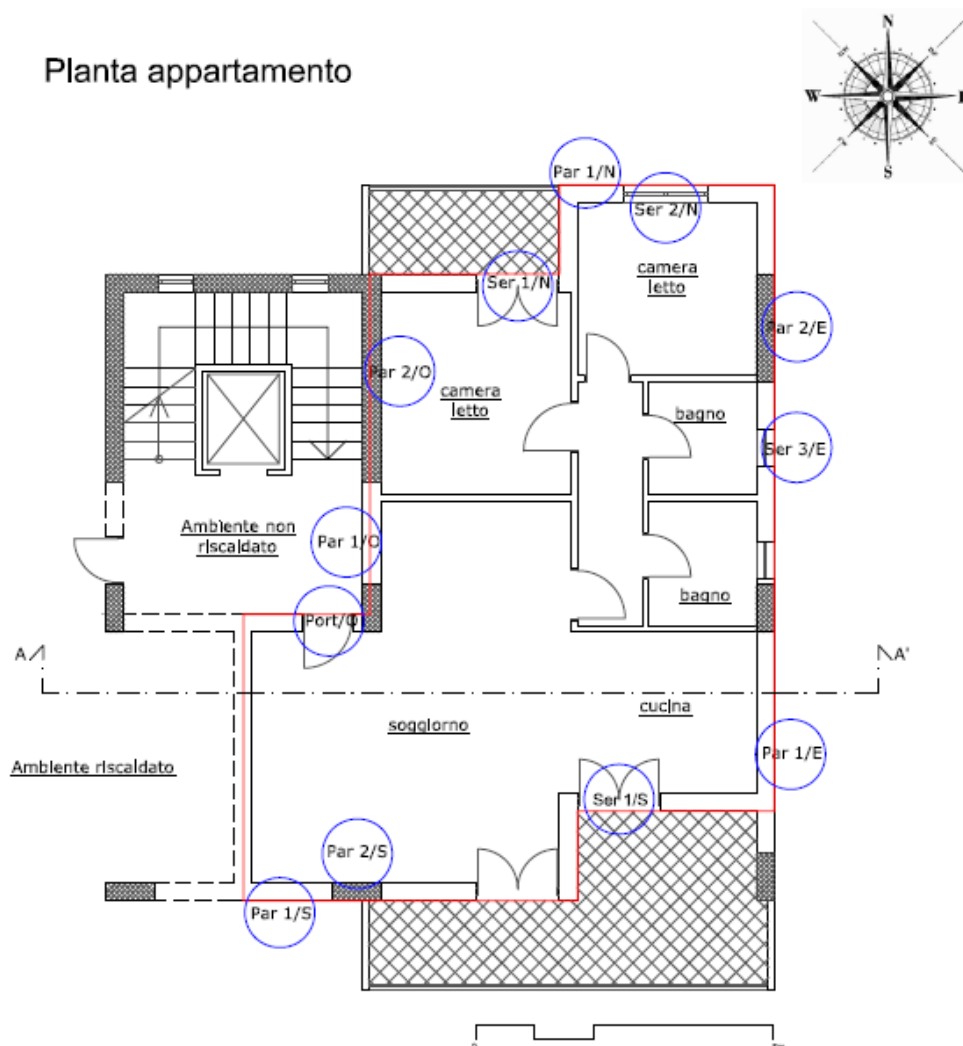
$$EP_{gl} = EP_i + EP_{acs}$$

- l'indice di prestazione energetica dell'edificio per la climatizzazione invernale (EPi) - **Metodo semplificato – Allegato 2 D.M. 26/06/2009;**
- l'indice di prestazione energetica per la produzione dell' acqua calda sanitaria (EPacs) - **Norme UNI/TS 11300 - 2;**
- la prestazione energetica estiva dell'involucro edilizio - **Metodo dei parametri qualitativi secondo Linee Guida Nazionali sulla Certificazione Energetica degli Edifici.**

Sia dato l'appartamento presente in pianta, di esso sono noti:

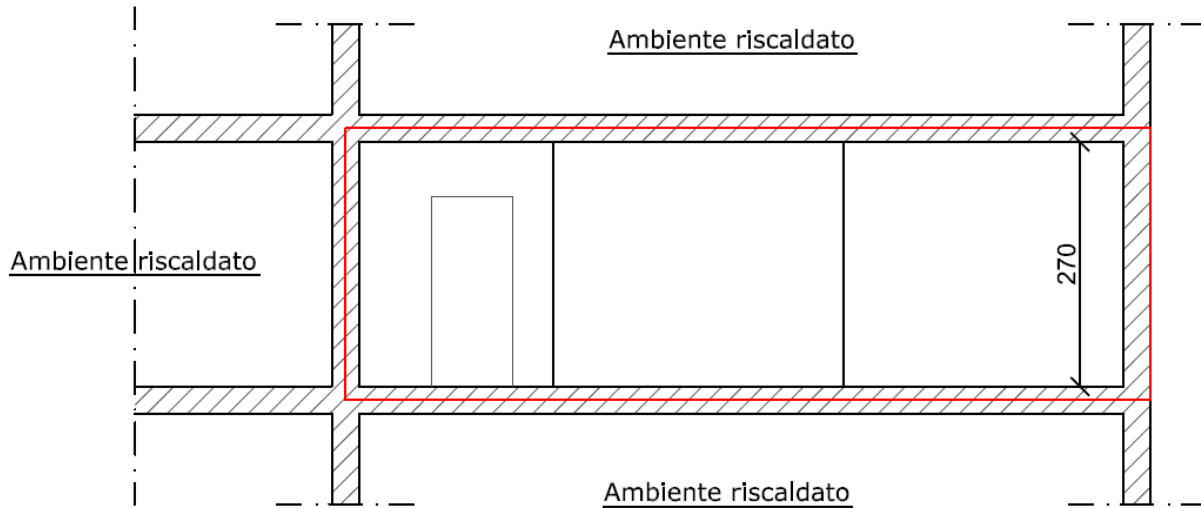
- Località: Reggio Calabria; Zona climatica: B; Gradi giorno:772;
- Anno di costruzione: 1990
- Superficie utile: $A_{pav}= 70 \text{ m}^2$

- pianta appartamento, scala 1:100, su cui è individuata la superficie disperdente verso ambienti non riscaldati e contraddistinte le Chiusure Verticali Opache e Trasparenti mediante sigla indicativa;



- sezione, scala 1:100, su cui è evidenziato il volume lordo riscaldato racchiuso dalla superficie disperdente e contraddistinte le Chiusure Orizzontali di base e di copertura mediante sigla indicativa.

Sezione A-A'



- Stratigrafie delle pareti opache: **UNI/TS 11300 – 1 APPENDICE B - ABACO DELLE STRUTTURE MURARIE UTILIZZATE IN ITALIA IN EDIFICI ESISTENTI**

| STRUTTURA N° 1: DESCRIZIONE: Muratura in mattoni pieni | | | | |
|--|------|----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| Sezione struttura | Rif. | Materiali | Massa volumica (kg/m ³) | Conduttività [W/(m × K)] |
| | 1 | Intonaco interno (calce e gesso) | 1 400 | 0,70 |
| | 2 | Muro in mattoni pieni | 1 800 | 0,72 |
| | 3 | Intonaco esterno | 1 800 | 0,90 |
| | 4 | | | |
| | 5 | | | |
| | 6 | | | |
| | 7 | | | |
| | 8 | | | |
| | 9 | | | |
| | 10 | | | |

Spessori variabili da 15 cm a 80 cm e oltre.
Negli edifici multipiano si riscontrano spessori decrescenti verso i piani più alti.

- Caratteristiche degli infissi: Legno duro spessore 70 mm e vetro doppio 4-6-4. Si assume che l'area del telaio sia pari al 20% dell'area dell'intera finestra. **UNI/TS 11300 -1 APPENDICE C - DETERMINAZIONE SEMPLIFICATA DELLA TRASMITTANZA TERMICA DEI COMPONENTI TRASPARENTI**

prospetto C.1 **Trasmittanza termica di vetrate verticali doppie e triple riempite con diversi gas [W/(m²K)]**

| Vetrata | | | | Tipo di gas nell'intercapedine (concentrazione del gas ≥90%) | | | | |
|---|---|--------------------|---------------|--|-------|---------|-----------------|-------|
| Tipo | Vetro | Emissività normale | Dimensioni mm | Aria | Argon | Krypton | SF ₆ | Xenon |
| Vetrata doppia | Vetro normale | 0,89 | 4-6-4 | 3,3 | 3,0 | 2,8 | 3,0 | 2,6 |
| | | | 4-8-4 | 3,1 | 2,9 | 2,7 | 3,1 | 2,6 |
| | | | 4-12-4 | 2,8 | 2,7 | 2,6 | 3,1 | 2,6 |
| | | | 4-16-4 | 2,7 | 2,6 | 2,6 | 3,1 | 2,6 |
| | | | 4-20-4 | 2,7 | 2,6 | 2,6 | 3,1 | 2,6 |
| | Una lastra con trattamento superficiale | ≤0,20 | 4-6-4 | 2,7 | 2,3 | 1,9 | 2,3 | 1,6 |
| | | | 4-8-4 | 2,4 | 2,1 | 1,7 | 2,4 | 1,6 |
| | | | 4-12-4 | 2,0 | 1,8 | 1,6 | 2,4 | 1,6 |
| | | | 4-16-4 | 1,8 | 1,6 | 1,6 | 2,5 | 1,6 |
| | | | 4-20-4 | 1,8 | 1,7 | 1,6 | 2,5 | 1,7 |
| | Una lastra con trattamento superficiale | ≤0,15 | 4-6-4 | 2,6 | 2,3 | 1,8 | 2,2 | 1,5 |
| | | | 4-8-4 | 2,3 | 2,0 | 1,6 | 2,3 | 1,4 |
| | | | 4-12-4 | 1,9 | 1,6 | 1,5 | 2,3 | 1,5 |
| | | | 4-16-4 | 1,7 | 1,5 | 1,5 | 2,4 | 1,5 |
| | | | 4-20-4 | 1,7 | 1,5 | 1,5 | 2,4 | 1,5 |
| | Una lastra con trattamento superficiale | ≤0,10 | 4-6-4 | 2,6 | 2,2 | 1,7 | 2,1 | 1,4 |
| | | | 4-8-4 | 2,2 | 1,9 | 1,4 | 2,2 | 1,3 |
| | | | 4-12-4 | 1,8 | 1,5 | 1,3 | 2,3 | 1,3 |
| | | | 4-16-4 | 1,6 | 1,4 | 1,3 | 2,3 | 1,4 |
| | | | 4-20-4 | 1,6 | 1,4 | 1,4 | 2,3 | 1,4 |
| Una lastra con trattamento superficiale | ≤0,05 | 4-6-4 | 2,5 | 2,1 | 1,5 | 2,0 | 1,2 | |
| | | 4-8-4 | 2,1 | 1,7 | 1,3 | 2,1 | 1,1 | |
| | | 4-12-4 | 1,7 | 1,3 | 1,1 | 2,1 | 1,2 | |
| | | 4-16-4 | 1,4 | 1,2 | 1,2 | 2,2 | 1,2 | |
| | | 4-20-4 | 1,5 | 1,2 | 1,2 | 2,2 | 1,2 | |

prospetto C.2 **Trasmittanza termica di telai per finestre, porte e porte finestre**

| Materiale | Tipo | Trasmittanza termica U _t [W/(m ² K)] |
|----------------------------|---|--|
| Poliuretano | con anima di metallo e spessore di PUR ≥5 mm | 2,8 |
| PVC - profilo vuoto | con due camere cave | 2,2 |
| | con tre camere cave | 2,0 |
| Legno duro | spessore 70 mm | 2,1 |
| Legno tenero | spessore 70 mm | 1,8 |
| Metallo con taglio termico | distanza minima di 20 mm tra sezioni opposte di metallo | 2,4 |

prospetto C.3 **Trasmittanza termica di finestre con percentuale dell'area di telaio pari al 20% dell'area dell'intera finestra**

| Tipo di vetrata | U_g [W/(m ² K)] | U_1 [W/(m ² K)] | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------------------------------|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2,0 | 2,2 | 2,6 | 3,0 | 3,4 | 3,8 | 7,0 |
| Singola | 5,7 | 4,7 | 4,8 | 4,8 | 4,8 | 4,9 | 4,9 | 5,0 | 5,0 | 5,1 | 5,2 | 5,2 | 5,3 | 6,0 |
| Doppia o tripla | 3,3 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,1 | 3,1 | 3,2 | 3,2 | 3,3 | 3,4 | 3,5 | 3,5 | 3,6 | 4,1 |
| | 3,2 | 2,9 | 2,9 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,1 | 3,1 | 3,2 | 3,3 | 3,4 | 3,5 | 3,5 | 4,0 |
| | 3,1 | 2,8 | 2,8 | 2,9 | 2,9 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,1 | 3,2 | 3,3 | 3,4 | 3,5 | 3,9 |
| | 3,0 | 2,7 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,9 | 2,9 | 3,0 | 3,1 | 3,1 | 3,2 | 3,3 | 3,4 | 3,9 |
| | 2,9 | 2,6 | 2,7 | 2,7 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,9 | 3,0 | 3,1 | 3,1 | 3,2 | 3,3 | 3,8 |
| | 2,8 | 2,6 | 2,6 | 2,6 | 2,7 | 2,7 | 2,8 | 2,8 | 2,9 | 3,0 | 3,1 | 3,1 | 3,1 | 3,7 |
| | 2,7 | 2,5 | 2,5 | 2,6 | 2,6 | 2,6 | 2,7 | 2,7 | 2,8 | 2,9 | 3,0 | 3,1 | 3,1 | 3,6 |
| | 2,6 | 2,4 | 2,4 | 2,5 | 2,5 | 2,6 | 2,6 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,9 | 3,0 | 3,1 | 3,5 |
| | 2,5 | 2,3 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,5 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,7 | 2,8 | 2,9 | 3,0 | 3,5 |
| | 2,4 | 2,2 | 2,3 | 2,3 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,9 | 3,4 |
| | 2,3 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,3 | 2,3 | 2,4 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,7 | 2,8 | 3,3 |
| | 2,2 | 2,1 | 2,1 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,3 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,7 | 3,2 |
| | 2,1 | 2,0 | 2,0 | 2,1 | 2,1 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 3,1 |
| | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,2 | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 3,1 |
| | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 2,0 | 2,0 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,3 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 3,1 |
| | 1,8 | 1,8 | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 2,0 | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | 3,0 |
| | 1,7 | 1,7 | 1,8 | 1,8 | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,3 | 2,4 | 2,9 |
| | 1,6 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,8 | 1,8 | 1,9 | 1,9 | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,3 | 2,8 |
| | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,8 | 1,8 | 1,9 | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,7 |
| | 1,4 | 1,5 | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,9 | 1,9 | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 2,7 |
| 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 1,9 | 2,0 | 2,1 | 2,6 | |
| 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,4 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 1,9 | 2,0 | 2,5 | |
| 1,1 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,4 | 1,4 | 1,5 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 1,9 | 2,4 | |
| 1,0 | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,4 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2,3 | |
| 0,9 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,5 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 2,3 | |
| 0,8 | 1,0 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 2,2 | |
| 0,7 | 0,9 | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,5 | 1,6 | 2,1 | |
| 0,6 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,5 | 2,0 | |
| 0,5 | 0,8 | 0,8 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 1,0 | 1,0 | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,9 | |

- Tipologia di cassonetto: Cassonetto non isolato **UNI/TS 11300 -1 APPENDICE A - DETERMINAZIONE SEMPLIFICATA DELLA TRASMITTANZA TERMICA DEI COMPONENTI OPACHI IN EDIFICI ESISTENTI**

prospetto A.2 **Trasmittanza termica dei cassonetti [W/(m²K)]**

| Tipologia di cassonetto | Trasmittanza termica |
|----------------------------------|----------------------|
| Cassonetto non isolato | 6 |
| Cassonetto isolato ^{a)} | 1 |

a) Si considerano isolate quelle strutture che hanno un isolamento termico non minore di 2 cm.

Dal DECRETO LEGISLATIVO 19 agosto 2005, n. 192 "Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia " coordinato con il D.Lgs. 311/2006, con il D.M. 26//09, con la L. 99/2009 e con il D.Lgs. 56/2010 - ALLEGATO C: Requisiti energetici degli edifici.

Trasmittanza termica delle strutture opache verticali

Tabella 1.1 Valori limite della trasmittanza termica U delle strutture opache verticali espressa in $W/mq K$

| Tabella 2.1 Valori limite della trasmittanza termica U delle strutture opache verticali espressa in W/m^2K | | | |
|--|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Zona climatica | Dall'1 gennaio 2006 U (W/m^2K) | Dall'1 gennaio 2008 U (W/m^2K) | Dall'1 gennaio 2010 U (W/m^2K) |
| A | 0,85 | 0,72 | 0,62 |
| B | 0,64 | 0,54 | 0,48 |
| C | 0,57 | 0,46 | 0,40 |
| D | 0,50 | 0,40 | 0,36 |
| E | 0,46 | 0,37 | 0,34 |
| F | 0,44 | 0,35 | 0,33 |

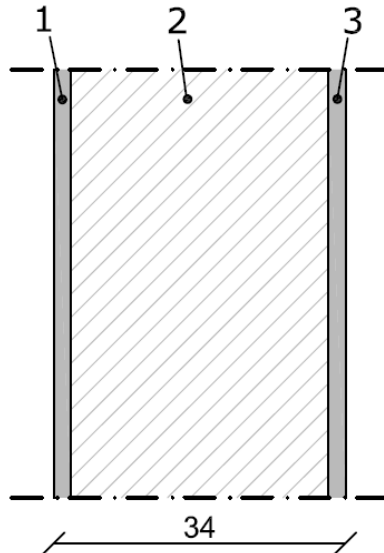
Trasmittanza termica delle chiusure trasparenti

Tabella 1.2 Valori limite della trasmittanza termica U delle chiusure trasparenti comprensive degli infissi espressa in $W/mq K$

| Tabella 4a. Valori limite della trasmittanza termica U delle chiusure trasparenti comprensive degli infissi espressa in W/m^2K | | | |
|--|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Zona climatica | Dall'1 gennaio 2006 U (W/m^2K) | Dall'1 gennaio 2008 U (W/m^2K) | Dall'1 gennaio 2010 U (W/m^2K) |
| A | 5,5 | 5,0 | 4,6 |
| B | 4,0 | 3,6 | 3,0 |
| C | 3,3 | 3,0 | 2,6 |
| D | 3,1 | 2,8 | 2,4 |
| E | 2,8 | 2,4 | 2,2 |
| F | 2,4 | 2,2 | 2,0 |

Par 1
N

Chiusure Verticali Opache
Muratura in Mattoni Pieni



| Descrizione degli strati | | Spessore s [m] | Massa Volumica ρ [kg/m ³] | Conduktività Termica (λ) [W/mK] | Permeabilità al vapore ($\delta u \cdot 10^{-12}$) [kg/msPa] | Resistenza Termica R [m ² K/W] |
|---|------------------------------------|----------------|--|---|--|---|
| n | Materiali | | | | | |
| Rsi | Strato laminare interno | | | | | 0,130 |
| 1 | Intonaco interni (calce e gesso) | 0,02 | 1400 | 0,70 | 18 | 0,029 |
| 2 | Muro in mattoni pieni | 0,30 | 1800 | 0,72 | 32 | 0,417 |
| 3 | Intonaco esterno (calce e cemento) | 0,02 | 1800 | 0,90 | 9 | 0,022 |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |
| 6 | | | | | | |
| 7 | | | | | | |
| Rse | Strato laminare esterno | | | | | 0,04 |
| Resistenza Termica Totale [m²K/W] | | | | | | 0,637 |

Ottenuto come media dei valori riportati in Normativa (da 5 a 12)

Ottenuto come interpolazione lineare dei valori riportati in Normativa UNI 10351

Zona Climatica
B

Trasmittanza Termica Elemento Chiusura Opaca U
[W/m²K]

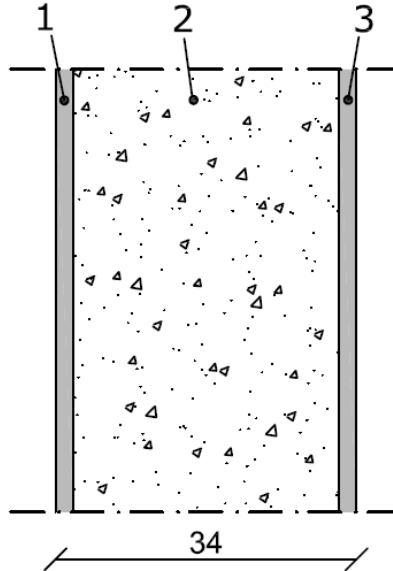
1,57

Trasmittanza Termica Limite Ulim [W/m²K]

0,48

Par 2
O

Chiusure Verticali Opache
Parete in Cemento Armato



| Descrizione degli strati | | Spessore s [m] | Massa Volumica ρ [kg/m ³] | Conducibilità Termica (λ) [W/mK] | Permeabilità al vapore ($\delta u \cdot 10^{-12}$) [kg/msPa] | Resistenza Termica R [m ² K/W] |
|---|------------------------------------|----------------|--|--|--|---|
| n | Materiali | | | | | |
| Rsi | Strato laminare interno | | | | | 0,130 |
| 1 | Intonaco interni (calce e gesso) | 0,02 | 1400 | 0,70 | 18 | 0,029 |
| 2 | Calcestruzzo Armato | 0,30 | 2500 | 1,8 | 3,77 | 0,167 |
| 3 | Intonaco esterno (calce e cemento) | 0,02 | 1800 | 0,90 | 9 | 0,022 |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |
| 6 | | | | | | |
| 7 | | | | | | |
| Rse | Strato laminare esterno | | | | | 0,04 |
| Resistenza Termica Totale [m²K/W] | | | | | | 0,387 |

Ottenuto come interpolazione lineare dei valori riportati in Normativa UNI 10351

Zona Climatica
B

Trasmittanza Termica Elemento Chiusura Opaca U
[W/m²K]

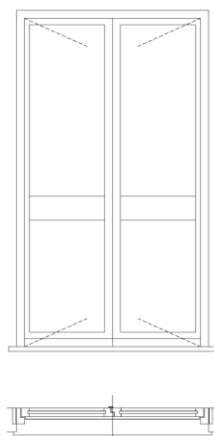
2,58

Trasmittanza Termica Limite Ulim [W/m²K]

0,48

Ser 1
S

Chiusure Verticali Trasparenti
Serramento in legno e vetro isolante tipo 4-6-4



La trasmittanza termica del componente edilizio finestrato U_w composta da un singolo serramento e relativo componente trasparente risulta essere pari a:

$$U_w = \frac{A_g U_g + A_f U_f + I_g \Psi_g}{A_g + A_f}$$

| | Descrizione | Valore | Rif Normativo |
|----------------------|--|--------------|--------------------------|
| U_g | Trasmittanza termica del componente vetrato W/m ² K | Vedi formula | UNI 10077-1 |
| U_f | Trasmittanza termica del telaio W/m ² K | 2,1 | UNI 10077-1 app D |
| Ψ_g | Trasmittanza lineare W/mK | 0,04 | UNI 10077-1 app E |
| I_g | Perimetro totale della vetrata m | 7 | |
| A_g | Area del vetro m ² | 2,34 | |
| A_f | Area del telaio m ² | 0,6 | |

La trasmittanza termica del componente trasparente U_g , è pari a:

$$U_g = \frac{1}{R_{se} + \sum_j \frac{d_j}{\lambda_j} + \sum_j R_{s,j} + R_{si}}$$

| | Descrizione | Valore | Rif Normativo |
|------------------------|--|--------|--------------------------|
| R_{se} | Resistenza termica superficie esterna | 0,04 | UNI 10077-1 app A |
| | Conduktività termica del vetro W/mK | 1 | |
| d | Spessore del vetro m | 0,004 | UNI 10077-1 |
| R_{s,j} | Resistenza termica dell'intercapedine m ² K/W | 0,127 | UNI 10077-1 app C |
| R_{si} | Resistenza termica superficie interna | 0,13 | UNI 10077-1 app A |

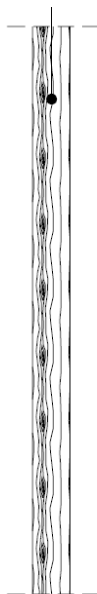
Zona Climatica
B

| | |
|---|-------------|
| <i>Trasmittanza Termica Elemento Chiusura Trasparente U</i> [W/m ² K] | 3,25 |
| <i>Trasmittanza Termica Limite Ulim</i> [W/m ² K] | 3,00 |

**Port
O**

Chiusure Verticali Opache

Portone esterno in legno



| Descrizione degli strati | | Spessore s [m] | Massa Volumica ρ [kg/m ³] | Conduttività Termica (λ) [W/mK] | Permeabilit à al vapore (δu·10 ⁻¹²) [kg/msPa] | Resistenza Termica R [m ² K/W] |
|---|-------------------------|-------------------|---|---------------------------------------|--|---|
| n | Materiali | | | | | |
| Rsi | Strato laminare interno | | | | | 0,130 |
| 1 | Legno porta (abete) | 0,08 | 450 | 0,12 | 0,9 | 0,667 |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |
| 6 | | | | | | |
| 7 | | | | | | |
| Rse | Strato laminare esterno | | | | | 0,04 |
| Resistenza Termica Totale [m²K/W] | | | | | | 0,837 |

Zona Climatica

B

Trasmittanza Termica Elemento Chiusura Opaca U
[W/m²K]

1,195

- **Metodo semplificato – Allegato 2 D.M. 26/06/2009**

L'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale da attribuire all'appartamento per la sua certificazione energetica (EPi) può essere ricavato come:

$$EP_i = \frac{(Q_h/A_{pav})}{\eta_g} \quad [kWh/m^2\text{anno}]$$

Dove:

Q_h = fabbisogno di energia termica dell'edificio, espresso in kWh;
 A_{pav} = la superficie utile (pavimento) espressa in m²;
 η_g = rendimento globale medio stagionale.

Il fabbisogno di energia termica dell'appartamento Q_h è dato da:

$$Q_h = 0,024 \cdot GG \cdot (H_T + H_V) - f_x(Q_s + Q_i) \quad [kWh]$$

Dove:

- GG: sono i gradi giorno della città nella quale viene ubicato l'edificio in esame;
- H_T : è il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione, corretto per tenere conto della differenza di temperatura interno - esterno di ciascuna superficie disperdente (W/K);
- H_V : è il coefficiente globale di scambio termico per ventilazione (W/K);
- f_x : è il coefficiente di utilizzazione degli apporti gratuiti (adimensionale) assunto pari a 0,95;
- Q_s : sono gli apporti solari attraverso i componenti di involucro trasparenti (MJ);
- Q_i : sono gli apporti gratuiti interni (MJ).

Coefficiente globale di scambio termico per trasmissione

$$H_T = \sum_1^n S_i \cdot U_i \cdot b_{tr,i} \quad [W/K]$$

Dove:

Dove:

- S_i = superfici esterne che racchiudono il volume lordo riscaldato. Non si considerano le superfici verso altri ambienti riscaldati alla stessa temperatura [m²];
- U_i = trasmittanza termica della struttura [W/m²K].

Nell'impossibilità di reperire le stratigrafie delle pareti opache e delle caratteristiche degli infissi possono essere adottati i valori riportati nella norma **UNI-TS 11300-1**, rispettivamente nell'**appendice A** e nell'**appendice C**.

- $b_{tr,i}$ = fattore di correzione dello scambio termico verso ambienti non climatizzati o verso il terreno (adimensionale)

I valori del coefficiente $b_{tr,i}$ si ricavano:

- per superfici disperdenti verso ambienti non riscaldati: **Prospetto 5 UNI/TS 11300-1**
- per superfici disperdenti verso il terreno: **Prospetto 6 UNI/TS 11300-1**

prospetto 5 **Fattore di correzione $b_{tr,x}$**

| Ambiente confinante | $b_{tr,x}$ |
|---|------------|
| Ambiente | |
| - con una parete esterna | 0,4 |
| - senza serramenti esterni e con almeno due pareti esterne | 0,5 |
| - con serramenti esterni e con almeno due pareti esterne (per esempio autorimesse) | 0,6 |
| - con tre pareti esterne (per esempio vani scala esterni) | 0,8 |
| Piano interrato o seminterrato | |
| - senza finestre o serramenti esterni | 0,5 |
| - con finestre o serramenti esterni | 0,8 |
| Sottotetto | |
| - tasso di ventilazione del sottotetto elevato (per esempio tetti ricoperti con tegole o altri materiali di copertura discontinua) senza rivestimento con feltro o assito | 1,0 |
| - altro tetto non isolato | 0,9 |
| - tetto isolato | 0,7 |
| Aree interne di circolazione (senza muri esterni e con tasso di ricambio d'aria minore di $0,5 \text{ h}^{-1}$) | 0,0 |
| Aree interne di circolazione liberamente ventilate (rapporto tra l'area delle aperture e volume dell'ambiente maggiore di $0,005 \text{ m}^2/\text{m}^3$) | 1,0 |

Tabella 1.3 Valori del Coefficiente globale di scambio termico per trasmissione W/K

| ELEMENTI | $S_i [\text{m}^2]$ | $U_i [\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$ | $b_{tr,i}$ | $Ht_i [\text{W}/\text{K}]$ |
|---|--------------------|-------------------------------------|------------|----------------------------|
| Muratura in mattoni pieni s=30cm | | | | |
| Parete Nord - Par 1/N | 19,45 | 1,57 | 1 | 30,54 |
| Parete Est - Par 1/E | 21,6 | 1,57 | 1 | 33,91 |
| Parete Sud- Par 1/S | 22 | 1,57 | 1 | 34,54 |
| Parete Ovest - Par 1/O | 9,15 | 1,57 | 0,4 | 5,75 |
| Muratura in mattoni pieni s=30cm | | | | 104,73 |
| Parete in Cemento Armato | | | | |
| Parete Est - Par 2/E | 7,8 | 2,58 | 1 | 20,12 |
| Parete Sud- Par 2/S | 2,4 | 2,58 | 1 | 6,19 |
| Parete Ovest - Par 2/O | 12 | 2,58 | 0,4 | 12,38 |
| Parete in Cemento Armato | | | | 38,70 |
| Cassonetti h=30cm | | | | |
| Prospetto Nord - Ser 1/N | 0,42 | 6 | 1 | 2,52 |
| Prospetto Nord - Ser 2/N | 0,42 | 6 | 1 | 2,52 |
| Prospetto Est - Ser 3/E | 0,21 | 6 | 1 | 1,26 |
| Prospetto Est - Ser 3/E | 0,21 | 6 | 1 | 1,26 |
| Prospetto Sud - Ser 1/S | 0,42 | 6 | 1 | 2,52 |
| Prospetto Sud - Ser 1/S | 0,42 | 6 | 1 | 2,52 |
| Cassonetti h=30cm | | | | 12,60 |
| Finestre e porte finestre | | | | |
| Prospetto Nord - Ser 1/N | 2,94 | 3,25 | 1 | 9,56 |

| | | | | |
|----------------------------------|------|-------|-----|---------------|
| Prospetto Nord - Ser 2/N | 1,68 | 3,25 | 1 | 5,46 |
| Prospetto Est - Ser 3/E | 0,84 | 3,25 | 1 | 2,73 |
| Prospetto Est - Ser 3/E | 0,84 | 3,25 | 1 | 2,73 |
| Prospetto Sud - Ser 1/S | 2,94 | 3,25 | 1 | 9,56 |
| Prospetto Sud - Ser 1/S | 2,94 | 3,25 | 1 | 9,56 |
| Finestre e porte finestre | | | | 20,48 |
| Portone esterno | | | | |
| Portone esterno Ovest- Port/O | 2,1 | 1,195 | 0,4 | 1,00 |
| Portone esterno | | | | 1,00 |
| Ht [W/K] | | | | 177,51 |

Superficie disperdente totale: 110,78 m²

Coefficiente globale di scambio termico per ventilazione

$$H_V = 0,34 \cdot n \cdot V_{netto} \quad [W/K]$$

Dove:

- n = numero di ricambi d'aria pari a 0,3 vol/h;
- V_{netto} = volume netto dell'ambiente climatizzato assunto pari al 70% del volume lordo.

Tabella 1.4 Valori del Coefficiente globale di scambio termico per ventilazione W /K

| | |
|-------------------------------------|--------------|
| VOLUME LORDO [m³] | 246 |
| VOLUME NETTO [m³] | 172,2 |
| n [vol/h] | 0,3 |
| Hv [W/K] | 17,56 |

Apporti solari attraverso i componenti di involucro trasparente

$$Q_s = 0,2 \cdot \sum_{esposiz.} I_{sol,i} S_{serr,i}$$

Dove:

- 0,2 = coefficiente di riduzione che tiene conto del fattore solare degli elementi trasparenti e degli ombreggiamenti medi;
- I_{sol,i} = irradianza totale stagionale (nel periodo di riscaldamento) sul piano verticale, per ciascuna esposizione.

Il valore si calcola come sommatoria dei valori di irradianza media mensile sul piano verticale riportati nella **UNI 10349**, estesa ai mesi della stagione di riscaldamento.

La durata della stagione di calcolo è determinata in funzione della zona climatica dipendente dai gradi giorno della località, secondo il **Prospetto 3 UNI/TS 11300-1**.

prospetto 3 **Durata della stagione di riscaldamento in funzione della zona climatica**

| Zona climatica | Inizio | Fine |
|----------------|-------------|-----------|
| A | 1° dicembre | 15 marzo |
| B | 1° dicembre | 31 marzo |
| C | 15 novembre | 31 marzo |
| D | 1° novembre | 15 aprile |
| E | 15 ottobre | 15 aprile |
| F | 5 ottobre | 22 aprile |

Tabella 1.5 Superficie serramento [m²]

| Superficie Serramento | S [m ²] |
|--------------------------|---------------------|
| Prospetto Nord - Ser 1/N | 2,94 |
| Prospetto Nord - Ser 2/N | 1,68 |
| Prospetto Est - Ser 3/E | 0,84 |
| Prospetto Est - Ser 3/E | 0,84 |
| Prospetto Sud - Ser 1/S | 2,94 |
| Prospetto Sud - Ser 1/S | 2,94 |

Tabella 1.6 Calcolo dell'irradianza per superficie serramento in funzione dell'esposizione.

| Esposizione | I _{sol,i} [MJ/m ²] | | | | S _{serr,i} [m ²] | I _{sol,i} x S _{serr,i} [MJ] |
|-------------|---|------|------|------|---------------------------------------|---|
| | DIC | GEN | FEB | MAR | | |
| S | 10,7 | 11,4 | 14 | 12,4 | 5,88 | 285,18 |
| SO-SE | 8,5 | 9,1 | 11,9 | 12,1 | | |
| E-O | 5,2 | 5,7 | 8,4 | 10,1 | 1,68 | 49,39 |
| NO-NE | 2,5 | 2,8 | 4,3 | 6,4 | | |
| N | 2,2 | 2,4 | 3,2 | 4,3 | 4,62 | 55,90 |
| TOT | | | | | | 390,47 |

Gli apporti solari attraverso i componenti di involucro trasparente:

$$Q_s = 0,2 \cdot 108,46 = 21,69 \text{ kWh}$$

Conversione 1 kWh=3,6 MJ

Apporti gratuiti interni

$$Q_i = (\Phi_{int} \cdot A_{pav} \cdot h) / 1000 \quad [kWh]$$

Dove:

- Φ_{int} = apporti interni gratuiti, valore convenzionale assunto pari a 4 W/m² per edifici residenziali;
- h = numero di ore della stagione di riscaldamento - **D.P.R. 26 agosto 1993, n. 412.**

Tabella 1.7 Calcolo degli apporti gratuiti interni.

| Φ_{int} [W/m ²] | h | n giorni | A _{pav} [m ²] | Q _i [kWh] |
|----------------------------------|----|----------|------------------------------------|----------------------|
| 4 | 24 | 121 | 70 | 813,12 |

IL CALCOLO DEL FABBISOGNO DI ENERGIA TERMICA:

$$Q_h = 0,024 \cdot GG \cdot (H_T + H_V) - f_x(Q_s + Q_i) \quad [\text{kWh}]$$

Tabella 1.8 Calcolo del fabbisogno di energia termica.

| GG | H _T [W/K] | H _V [W/K] | f _x | Q _s [kWh] | Q _i [kWh] | Q _h [kWh] |
|-----|----------------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 772 | 177,51 | 17,56 | 0,95 | 21,69 | 813,12 | 2804,09 |

Rendimento globale medio stagionale

Il rendimento globale medio stagionale η_g si determina come:

$$\eta_g = \eta_e \times \eta_{rg} \times \eta_d \times \eta_{gn}$$

Dove:

η_e = rendimento di emissione, valori del **prospetto 17 della UNI/TS 11300-2;**

η_{rg} = rendimento di regolazione, valori del **prospetto 20 della UNI/TS 11300-2;**

η_d = rendimento di distribuzione, valori dei **prospetti 21 (a,b,c,d,e) della UNI/TS 11300-2;**

η_{gc} = rendimento di generazione, valori dei **prospetti 23 (a,b,c,d,e,) della UNI/TS 11300-2.**

prospetto 17

Rendimenti di emissione (η_e) In locali di altezza minore di 4 m

| Tipo di terminale di erogazione | Carico termico medio annuo W/m^3 a) | | |
|---|---------------------------------------|------|------|
| | <4 | 4-10 | >10 |
| | η_e | | |
| Radiatori su parete esterna isolata (*) | 0,95 | 0,94 | 0,92 |
| Radiatori su parete interna | 0,96 | 0,95 | 0,92 |
| Ventilconvettori (**) valori riferiti a t_{media} acqua = 45 °C | 0,96 | 0,95 | 0,94 |
| Termoconvettori | 0,94 | 0,93 | 0,92 |
| Bocchette in sistemi ad aria calda (***) | 0,94 | 0,92 | 0,90 |
| Pannelli isolati annegato a pavimento | 0,99 | 0,98 | 0,97 |
| Pannelli annegati a pavimento (****) | 0,98 | 0,96 | 0,94 |
| Pannelli annegati a soffitto | 0,97 | 0,95 | 0,93 |
| Pannelli a parete | 0,97 | 0,95 | 0,93 |

a) Il carico termico medio annuo, espresso in W/m^3 è ottenuto dividendo il fabbisogno annuo di energia termica utile espresso in Wh, calcolato secondo la UNI EN ISO 13790, per il tempo convenzionale di esercizio dei terminali di emissione, espresso in ore, e per il volume lordo riscaldato del locale o della zona espresso in metri cubi.

*) Il rendimento indicato è riferito ad una temperatura di mandata dell'acqua di 85 °C.
Per parete riflettente, si incrementa il rendimento di 0,01.
In presenza di parete esterna non isolata ($U > 0,8 W/m^2 K$) si riduce il rendimento di 0,04.
Per temperatura di mandata dell'acqua ≤ 65 °C si incrementa il rendimento di 0,03.

**) I consumi elettrici non sono considerati e devono essere calcolati separatamente.

***) Per quanto riguarda i sistemi di riscaldamento ad aria calda i valori si riferiscono a impianti con:

- griglie di ripresa dell'aria posizionate ad un'altezza non maggiore di 2,00 m rispetto al livello del pavimento;
- bocchette o diffusori correttamente dimensionati in relazione alla portata e alle caratteristiche del locale;
- corrette condizioni di funzionamento (generatore di taglia adeguata, corretto dimensionamento della portata di aspirazione;
- buona tenuta all'aria dell'involucro e della copertura.

****) I dati forniti non tengono conto delle perdite di calore non recuperate dal pavimento verso il terreno; queste perdite devono essere calcolate separatamente ed utilizzate per adeguare il valore del rendimento.

prospetto 20

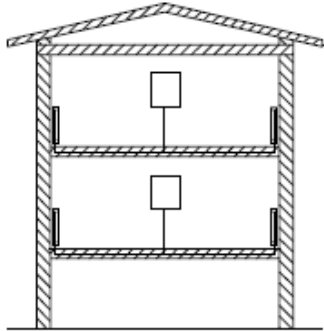
Rendimenti (η_{rg}) di regolazione¹²⁾

| Tipo di regolazione | Caratteristiche | Sistemi a bassa inerzia termica | Sistemi ad elevata inerzia termica | |
|--|----------------------|--|--|---|
| | | Radiatori, convettori, ventilconvettori, strisceradianti ed aria calda | Pannelli integrati nelle strutture edilizie e disaccoppiati termicamente | Pannelli annessi alle strutture edilizie e non disaccoppiati termicamente |
| Solo Climatica (compensazione con sonda esterna) | | $1 - (0,6 \eta_u \gamma)$ | $0,98 - (0,6 \eta_u \gamma)$ | $0,94 - (0,6 \eta_u \gamma)$ |
| Solo ambiente con regolatore | On off | 0,94 | 0,92 | 0,88 |
| | PI o PID | 0,99 | 0,97 | 0,93 |
| | P banda prop. 0,5 °C | 0,98 | 0,96 | 0,92 |
| | P banda prop. 1 °C | 0,97 | 0,95 | 0,91 |
| | P banda prop. 2 °C | 0,95 | 0,93 | 0,89 |
| Climatica + ambiente con regolatore | On off | 0,97 | 0,95 | 0,93 |
| | PI o PID | 0,995 | 0,99 | 0,97 |
| | P banda prop. 0,5 °C | 0,99 | 0,98 | 0,96 |
| | P banda prop. 1 °C | 0,98 | 0,97 | 0,95 |
| | P banda prop. 2 °C | 0,97 | 0,96 | 0,94 |
| Solo zona con regolatore | On off | 0,93 | 0,91 | 0,87 |
| | PI o PID | 0,995 | 0,99 | 0,97 |
| | P banda prop. 0,5 °C | 0,99 | 0,98 | 0,96 |
| | P banda prop. 1 °C | 0,98 | 0,97 | 0,95 |
| | P banda prop. 2 °C | 0,94 | 0,92 | 0,88 |
| Climatica + zona con regolatore | On off | 0,96 | 0,94 | 0,92 |
| | PI o PID | 0,995 | 0,98 | 0,96 |
| | P banda prop. 0,5 °C | 0,98 | 0,97 | 0,95 |
| | P banda prop. 1 °C | 0,97 | 0,96 | 0,94 |
| | P banda prop. 2 °C | 0,96 | 0,95 | 0,93 |

Nota γ rapporto apporti/perdite.
 η_u fattore di utilizzo degli apporti definito nella UNI/TS 11300-1.

prospetto 21a

Rendimento di distribuzione

| IMPIANTI AUTONOMI | | | | |
|---|--|--|---|--|
|  | Isolamento distribuzione | | | |
| | Legge 10/91 Periodo di realizzazione dopo il 1993 | Discreto Periodo di realizzazione 1993-1977 | Medio Periodo di realizzazione 1976-1961 | Insufficiente Periodo di realizzazione prima del 1961 |
| | 0,990 | 0,980 | 0,969 | 0,958 |

prospetto 23a

Generatori di calore atmosferici tipo B classificati ** (2 stelle)

| Valore di base | F1 | | | F2 | F3 | F4 |
|----------------|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 4 | | | |
| 90 | 0 | -2 | -6 | -9 | -2 | -2 |

Nota Per generatori antecedenti al 1996 valore di base 84.
Per generatori classificati * (1 stella) valore di base 88.
Nota Valore di base riferito a: caldaia a due stelle, sovradimensionamento 1 riferito al minimo di modulazione, installazione all'interno, camino alto meno di 10 m, temperatura di mandata in condizioni di progetto <65 °C.

Dove:

- F1 è il rapporto fra la potenza del generatore installato e la potenza di progetto richiesta. Per generatori modulanti, F1 si determina con riferimento alla potenza minima regolata.
- F2 Generatore installato all'esterno.

Tabella 1.9 Calcolo del rendimento globale medio stagionale

| η_e | η_{rg} | η_d | η_{gn} | η_g |
|----------|-------------|----------|-------------|-------------|
| 0,95 | 0,93 | 0,98 | 0,69 | 0,60 |

L'INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA PER LA CLIMATIZZAZIONE INVERNALE:

$$EP_i = \frac{(Q_h/A_{pav})}{\eta_g} \quad [kWh/m^2\text{anno}]$$

Tabella 1.10 Calcolo dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale

| Q_h [kWh] | A_{pav} [m ²] | η_g | EP_i [kWh/m ² anno] |
|-------------|-----------------------------|----------|----------------------------------|
| 2804,09 | 70 | 0,60 | 66,76 |

• **Fabbisogni di energia per acqua calda sanitaria Norme UNI/TS 11300 - 2**

L'indice di prestazione energetica per la preparazione dell' acqua calda per usi igienici e sanitari (EPacs) da attribuire all'appartamento può essere ricavato come:

$$EP_{acs} = \frac{(Q_{h,w}/A_{pav})}{\eta_g} \quad [kWh/m^2\text{anno}]$$

Dove:

$Q_{h,w}$ = energia termica richiesta per riscaldare una quantità di acqua alla temperatura desiderata, espressa in kWh;

A_{pav} = la superficie utile (pavimento) espressa in m²;

η_g = rendimento globale medio stagionale.

L'energia termica $Q_{h,w}$ richiesta per riscaldare una quantità di acqua alla temperatura desiderata è:

$$Q_{h,w} = \rho \cdot c \cdot V_w \cdot (\theta_{er} - \theta_o) \cdot G \text{ [Wh]}$$

Dove:

- ρ è la massa volumica dell'acqua [kg/m^3];
- c è il calore specifico dell'acqua pari a 1,162 [$\text{Wh}/\text{kg } ^\circ\text{C}$];
- V_w è il volume dell'acqua richiesta durante il periodo di calcolo [m^3/G];
- θ_{er} è la temperatura di erogazione [$^\circ\text{C}$];
- θ_o è la temperatura di ingresso dell'acqua fredda sanitaria [$^\circ\text{C}$];
- G è il numero dei giorni del periodo di calcolo [G].

I volumi di acqua calda sanitaria sono riferiti convenzionalmente ad una temperatura di erogazione di 40 °C e ad una temperatura di ingresso di 15 °C. Il salto termico di riferimento ai fini del calcolo del fabbisogno di energia termica utile è, quindi, di 25 K.

Il volume è dato da:

$$V_w = a \cdot N_u \text{ [l/G]}$$

dove:

- a è il fabbisogno giornaliero specifico [l/G];
- N_u è il parametro che dipende dalla destinazione d'uso dell'edificio.

Nel caso di abitazioni il valore N_u è il valore della superficie utile S_u dell'abitazione, espressa in metri quadrati.

Il valore di a si ricava dal prospetto 12, nel quale sono indicati anche i fabbisogni di energia termica utile basati sulla differenza di temperatura convenzionale tra erogazione ed acqua fredda di ingresso di 25 K.

I valori di fabbisogno annuo sono riferiti a 365 giorni/anno di utilizzo.

prospetto 12 Valori di a per le abitazioni (l/Gm²)

| Fabbisogni | Calcolo in base al valore di S_u per unità immobiliare [m ²] | | | Valore medio riferito a $S_u = 80 \text{ m}^2$ |
|---|--|-------------------------------|------|--|
| | ≤50 | 51- 200 | >200 | |
| a | 1,8 | $4,514 \times S_u^{-0,2356}$ | 1,3 | 1,6 |
| Fabbisogno equivalente di energia termica utile [Wh/G m ²] | 52,3 | $131,22 \times S_u^{-0,2356}$ | 37,7 | 46,7 |
| Fabbisogno equivalente di energia termica utile [kWh/m ² anno] | 19,09 | $47,9 \times S_u^{-0,2356}$ | 13,8 | 17,05 |

Tabella 1.11 Calcolo del volume d'acqua calda sanitaria, espressa in l/G.

| $N_u=S_u \text{ [m}^2\text{]}$ | a | $V_w \text{ [l/G]}$ |
|--------------------------------|------|---------------------|
| 70 | 1,66 | 116,2 |

Tabella 1.12 Calcolo dell'energia termica richiesta per riscaldare una quantità di acqua alla temperatura desiderata

| ρ [kg/m ³] | c [Wh/kg °C] | V_w [m ³ /G] | θ_{er} [°C] | θ_o [°C] | G [G] | $Q_{h,w}$ [kWh] |
|-----------------------------|----------------|---------------------------|--------------------|-----------------|---------|-----------------|
| 1000 | 1,162 | 0,1162 | 40 | 15 | 365 | 1232,10 |

Rendimento globale medio stagionale

Il rendimento globale medio stagionale η_g si determina come:

$$\eta_g = \eta_e \times \eta_d \times \eta_a \times \eta_{gn}$$

Dove:

η_e = rendimento di emissione,;

η_d = rendimento di distribuzione;

η_a = rendimento di accumulo;

η_{gc} = rendimento di generazione.

Nel caso di valutazione per intero edificio, privo di impianto centralizzato di acqua calda sanitaria, secondo **UNI/TS 11300-2**, si assume un valore convenzionale di rendimento medio globale stagionale pari a 0,7.

L'INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA PER LA PREPARAZIONE DELL'ACQUA CALDA SANITARIA:

$$EP_{acs} = \frac{(Q_{h,w}/A_{pav})}{\eta_g} \quad [kWh/m^2\text{anno}]$$

Tabella 1.13 Calcolo dell'indice di prestazione energetica per la preparazione dell'acqua calda sanitaria

| $Q_{h,w}$ [kWh] | A_{pav} [m ²] | η_g | EP_{acs} [kWh/m ² anno] |
|-----------------|-----------------------------|----------|--------------------------------------|
| 1232,10 | 70 | 0,70 | 25,15 |

L'INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE EPgl:

$$EP_{gl} = EP_i + EP_{acs}$$

Tabella 1.14 Calcolo dell'indice di prestazione energetica globale

| EP_i [kWh/m ² anno] | EP_{acs} [kWh/m ² anno] | EP_{gl} [kWh/m ² anno] |
|----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 66,76 | 25,15 | 91,91 |

CALCOLO DELL'INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA LIMITE EP_{Li}

Individuata la località in cui è sito l'appartamento, in questo caso Reggio Calabria, con l'utilizzo del **D.P.R. 26 agosto 1993, n. 412 ALLEGATO A - TABELLA DEI GRADI/GIORNO DEI COMUNI ITALIANI RAGGRUPPATI PER REGIONE E PROVINCIA** è possibile determinare la zona climatica e i gradi giorno per ciascuna città.

Dati climatici

| Località | Zona Climatica | Gradi Giorno |
|-----------------|----------------|--------------|
| REGGIO CALABRIA | B | 772 |

Dati geometrici

| Superficie utile calpestabile [m ²] | Volume lordo [m ³] | Superficie disperdente [m ²] | S/V |
|---|--------------------------------|--|------|
| 70 | 246 | 110,78 | 0,45 |

L'indice di prestazione energetica limite per la climatizzazione invernale EP_{Li} si determina dalla tabella riportata nel **DECRETO LEGISLATIVO 19 agosto 2005, n. 192 "Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia" coordinato con il D.Lgs. 311/2006, con il D.M. 26/09, con la L. 99/2009 e con il D.Lgs. 56/2010 - ALLEGATO C: Requisiti energetici degli edifici.**

Tabella 1.15 Valori limite, applicabili dal 1 gennaio 2010, dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale espresso in kWh/mq anno

| Rapporto di forma dell'edificio S/V | Zona climatica | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|----------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| | A | B | | C | | D | | E | | F |
| | fino a 600 GG | a 601 GG | a 900 GG | a 901 GG | a 1400 GG | a 1401 GG | a 2100 GG | a 2101 GG | a 3000 GG | oltre 3000 GG |
| ≤ 0,2 | 8,5 | 8,5 | 12,8 | 12,8 | 21,3 | 21,3 | 34 | 34 | 46,8 | 46,8 |
| ≥ 0,9 | 36 | 36 | 48 | 48 | 68 | 68 | 88 | 88 | 116 | 116 |

I valori limite riportati *nella tabella* sono espressi in funzione della zona climatica, così come individuata all'articolo 2 del decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412, e del rapporto di forma dell'edificio S/V, dove:

- a) S, espressa in metri quadrati, è la superficie che delimita verso l'esterno (ovvero verso ambienti non dotati di impianto di riscaldamento), il volume riscaldato V;
- b) V è il volume lordo, espresso in metri cubi, delle parti di edificio riscaldate, definito dalle superfici che lo delimitano.

Per valori di S/V compresi nell'intervallo 0,2 - 0,9 e, analogamente, per gradi giorno (GG) intermedi ai limiti delle zone climatiche riportati in tabella si procede mediante interpolazione lineare.

La formula utilizzata per l'interpolazione lineare è la seguente:

$$y = (y_2 - y_1) \frac{(x - x_1)}{(x_2 - x_1)} + y_1$$

1° interpolazione

$x = 772 \text{ GG}$

$x_1 = 601 \text{ GG}$

$x_2 = 900 \text{ GG}$

$y_1 = 8,5$

$y_2 = 12,8$

⇒ $y = 11$

2° interpolazione

$x = 772 \text{ GG}$

$x_1 = 601 \text{ GG}$

$x_2 = 900 \text{ GG}$

$y_1 = 36$

$y_2 = 48$

⇒ $y = 43$

3° interpolazione

$x = 0,45$

$x_1 = 0,2$

$x_2 = 0,9$

$y_1 = 11$

$y_2 = 43$

⇒ $y = 22,4$

Tabella 1.16 Valori limite dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale espresso in kWh/mq anno

| Rapporto di forma dell'edificio S/V | Zona climatica B | | |
|-------------------------------------|------------------|-------------|--------|
| | 601 GG | 772 GG | 900 GG |
| ≤0,2 | 8,5 | 11 | 12,8 |
| 0,45 | | 22,4 | |
| ≥0,9 | 36 | 43 | 48 |

L'INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA LIMITE EP_{Li} = 22,4 kWh/m² anno

SISTEMA DI CLASSIFICAZIONE NAZIONALE CONCERNENTE LA CLIMATIZZAZIONE INVERNALE DEGLI EDIFICI E LA PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA

Per gli edifici residenziali la certificazione energetica riguarda il singolo appartamento. Il certificato per ogni unità immobiliare, per gli edifici in presenza di impianti termici autonomi o centralizzati con contabilizzazione del calore, è determinato mediante il calcolo dell'indice di prestazione energetica limite per la climatizzazione invernale EP_{Li} espresso in funzione della zona climatica e del rapporto di forma dell'edificio S/V.

Si riporta la scala di classi energetiche espressione della prestazione energetica per la climatizzazione invernale EPI.

| | | |
|---|-------------|-----------------------------------|
| Classe Ai+ | < | 0,25 EPI_L(2010) |
| 0,25 EPI_L(2010) ≤ Classe Ai | < | 0,50 EPI_L(2010) |
| 0,50 EPI_L(2010) ≤ Classe Bi | < | 0,75 EPI_L(2010) |
| 0,75 EPI_L(2010) ≤ Classe Ci | < | 1,00 EPI_L(2010) |
| 1,00 EPI_L(2010) ≤ Classe Di | < | 1,25 EPI_L(2010) |
| 1,25 EPI_L(2010) ≤ Classe Ei | < | 1,75 EPI_L(2010) |
| 1,75 EPI_L(2010) ≤ Classe Fi | < | 2,50 EPI_L(2010) |
| Classe Gi | ≥ | 2,50 EPI_L(2010) |

Noto l'indice di prestazione energetica limite per la climatizzazione invernale **EP_{Li}= 22,4 kWh/m² anno** la classificazione della prestazione energetica nazionale riguardante il riscaldamento invernale è:

Tabella 1.17 Classificazione della prestazione energetica per il riscaldamento invernale

| | | | |
|------------|-------------|-------------|------------------------------|
| Ai+ | < | 5,6 | kWh/m²anno |
| Ai | < | 11,2 | kWh/m²anno |
| Bi | < | 16,8 | kWh/m²anno |
| Ci | < | 22,4 | kWh/m²anno |
| Di | < | 27,9 | kWh/m²anno |
| Ei | < | 39,1 | kWh/m²anno |
| Fi | < | 55,9 | kWh/m²anno |
| Gi | > | 55,9 | kWh/m²anno |

Ricordando che il valore trovato dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale è **EPi=66,76 kWh/m² anno**, l'appartamento ricade in **CLASSE Gi**.

Si riporta la scala di classi energetiche espressione della prestazione energetica per la **preparazione dell'acqua calda per usi igienici e sanitari EPacs**.

| | | |
|---|--|--|
| Classe A acs < 9 kWh/m ² anno | | |
| 9 kWh/m ² anno ≤ Classe B acs < 12 kWh/m ² anno | | |
| 12 kWh/m ² anno ≤ Classe C acs < 18 kWh/m ² anno | | |
| 18 kWh/m ² anno ≤ Classe D acs < 21 kWh/m ² anno | | |
| 21 kWh/m ² anno ≤ Classe E acs < 24 kWh/m ² anno | | |
| 24 kWh/m ² anno ≤ Classe F acs < 30 kWh/m ² anno | | |
| Classe G acs ≥ 30 kWh/m ² anno | | |

Tabella 1.18 Classificazione della prestazione energetica per la preparazione dell'acqua calda per usi igienici e sanitari

| | | | |
|-------------|---|-------------|-------------------------|
| Aacs | < | 9,0 | kWh/m ² anno |
| Bacs | < | 12,0 | kWh/m ² anno |
| Cacs | < | 18,0 | kWh/m ² anno |
| Dacs | < | 21,0 | kWh/m ² anno |
| Eacs | < | 24,0 | kWh/m ² anno |
| Facs | < | 30,0 | kWh/m ² anno |
| Gacs | > | 30,0 | kWh/m ² anno |

Ricordando che il valore trovato dell'indice di prestazione energetica per la preparazione dell'acqua calda sanitaria è **EPacs=25,15 kWh/m² anno**, l'appartamento ricade in **CLASSE Facs**.

Si riporta la scala di classi energetiche espressione della **prestazione energetica globale dell'edificio EPgl**.

| | |
|---|--|
| Classe A_{gl} + < 0,25 EP _{iL} (2010) + 9 kWh/m ² anno | |
| 0,25 EP _{iL} (2010) + 9 kWh/m ² anno ≤ | Classe A_{gl} < 0,50 EP _{iL} (2010) + 9 kWh/m ² anno |
| 0,50 EP _{iL} (2010) + 9 kWh/m ² anno ≤ | Classe B_{gl} < 0,75 EP _{iL} (2010) + 12 kWh/m ² anno |
| 0,75 EP _{iL} (2010) + 12 kWh/m ² anno ≤ | Classe C_{gl} < 1,00 EP _{iL} (2010) + 18 kWh/m ² anno |
| 1,00 EP _{iL} (2010) + 18 kWh/m ² anno ≤ | Classe D_{gl} < 1,25 EP _{iL} (2010) + 21 kWh/m ² anno |
| 1,25 EP _{iL} (2010) + 21 kWh/m ² anno ≤ | Classe E_{gl} < 1,75 EP _{iL} (2010) + 24 kWh/m ² anno |
| 1,75 EP _{iL} (2010) + 24 kWh/m ² anno ≤ | Classe F_{gl} < 2,50 EP _{iL} (2010) + 30 kWh/m ² anno |
| Classe G_{gl} ≥ 2,50 EP _{iL} (2010) + 30 kWh/m ² anno | |

Tabella 1.19 Classificazione della prestazione energetica globale dell'edificio

| | | | |
|------------------------|---|-------------|-------------------------|
| A_{gl}+ | < | 14,6 | kWh/m ² anno |
| A_{gl} | < | 20,2 | kWh/m ² anno |
| B_{gl} | < | 28,8 | kWh/m ² anno |
| C_{gl} | < | 40,4 | kWh/m ² anno |
| D_{gl} | < | 48,9 | kWh/m ² anno |
| E_{gl} | < | 63,1 | kWh/m ² anno |
| F_{gl} | < | 85,9 | kWh/m ² anno |
| G_{gl} | > | 85,9 | kWh/m ² anno |

Sommando i valori riportati nelle *tabelle 1.19 e 1.20* relativi all'indice di prestazione energetica per il riscaldamento invernale e per la preparazione dell'acqua calda sanitaria l'appartamento ricade in **CLASSE G_{gl}**.

- **Metodo basato sulla determinazione della prestazione energetica estiva dell'edificio per il raffrescamento EP_e – D.M. 26/06/2009**

L'indicazione della qualità termica estiva dell'involucro edilizio deve essere riportata negli attestati di qualificazione e certificazione energetica.

In assenza di un quadro di normativa tecnica sperimentato e consolidato, in materia di climatizzazione estiva degli edifici, che, al momento, rende difficile la definizione di specifici metodi semplificati si è ritenuto che il calcolo dell'indice di prestazione termica per il raffrescamento (EP_e), applicabile agli edifici residenziali esistenti con superficie utile fino a 1000 m², si determina con la definizione di due indicatori quali: lo **sfasamento (S)**, espresso in ore, ed il **fattore di attenuazione (fa)**, coefficiente adimensionale. Il riferimento nazionale per il calcolo dei predetti indicatori è la norma tecnica **UNI EN ISO 13786**, dove i predetti parametri rispondono rispettivamente alle seguenti definizioni:

a) fattore di attenuazione o fattore di decremento è il rapporto tra il modulo della trasmittanza termica dinamica e la trasmittanza termica in condizioni stazionarie;

b) sfasamento è il ritardo temporale tra il massimo del flusso termico entrante nell'ambiente interno ed il massimo della temperatura dell'ambiente esterno.

Sulla base dei valori assunti da tali parametri si definisce la seguente classificazione valida per tutte le destinazioni d'uso:

| Sfasamento (ore) | Attenuazione | Prestazioni | Qualità prestazionale |
|------------------|-----------------------|-------------|-----------------------|
| $S > 12$ | $Fa < 0,15$ | ottime | I |
| $12 \geq S > 10$ | $0,15 \leq fa < 0,30$ | buone | II |
| $10 \geq S > 8$ | $0,30 \leq fa < 0,40$ | medie | III |
| $8 \geq S > 6$ | $0,40 \leq fa < 0,60$ | sufficienti | IV |
| $6 \geq S$ | $0,60 \leq fa$ | mediocri | V |

In ogni caso, la certificazione di singole unità immobiliari ad uso residenziale è resa facoltativa nel caso di superficie utile inferiore o uguale a 200 m².

In assenza della predetta valutazione, all'unità immobiliare viene attribuita una qualità prestazionale corrispondente al livello "V".

Tabella 1.20 Calcolo della prestazione energetica estiva

| Tipologia costruttiva | Prestazioni | Qualità prestazionale |
|---------------------------|-------------|-----------------------|
| Muratura in mattoni pieni | BUONE | II |
| Parete in Cemento Armato | MEDIE | III |