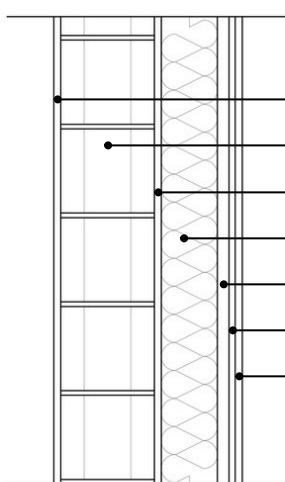


VERIFICA DEI COMPONENTI OPACHI DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

CARATTERISTICHE FISICHE STRATI DELLA PARETE



N.	Descrizione strato (dall'interno verso l'estero)	s [m]	ρ [kg/m³]	λ [W/mK]	c [kJ/kgK]	R [m²K/W]	MF [kg/m²]	CF [kJ/m²K]	δ [kg/smPa]	μ [-]	Sd [m]
	Resistenza superficiale interna, R_{si}					0,13					
1	Intonaco calce e gesso	0.015	1400	0.7	0.9	0.021	21	18.90	18×10^{-12}	10.72	0.16
2	Laterizio forato	0.2	1800	0.43	0.84	0.46	360	302.40	1.93×10^{-11}	10	2.08
3	Intonaco di malta	0.015	600	0.29	0.84	0.175	9	7.56	8.21×10^{-12}	23.5	0.36
4	Isolante lana di roccia	0.14	70	0.035	1.03	4	9.8	10.09	1.93×10^{-10}	1	0.14
5	intercapedine	0.025	113	0.025	1	0.18	2.83	2.83	1.93×10^{-12}	1	0.025
6	Acquapanel	0.013	1200	0.35	0.85	0.037	15.6	13.26	1.13×10^{-11}	17	0.16
7	intonaco	0.015	1400	0.7	0.9	0.021	21	18.90	10×10^{-12}	10.72	0.16
	Resistenza superficiale esterna, R_{se}					0,04					
tot						4.89	439.23	373.94			

$$U = \frac{1}{R_{tot}} = 0.20 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

$$U_{lim} = 0.26 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

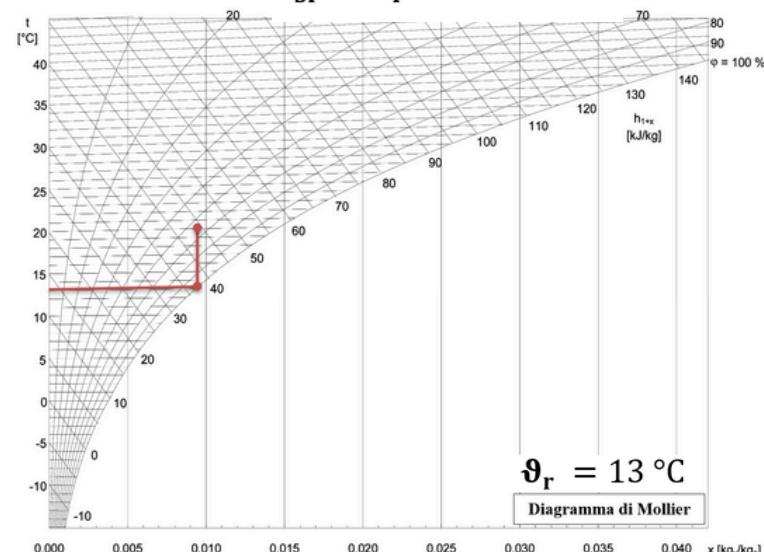
U < U_{lim} VERIFICATO

$$Y_{ie} \text{ (trasmittanza termica periodica)} = 0.021 \text{ W/m}^2\text{K} \quad f \text{ (fattore di attenuazione)} = 0.103 \quad \phi \text{ (sfasamento)} = 13.27 \text{ h}$$

CALCOLO PRESENZA CONDENSA SUPERFICIALE

$$\frac{\dot{Q}}{A} = U \cdot (\vartheta_i - \vartheta_e) = 5.60 \text{ W/m}^2 \quad \vartheta_{si} = \vartheta_i - \frac{\dot{Q}}{A} \cdot R_{si} = 19.27 \text{ }^\circ\text{C}$$

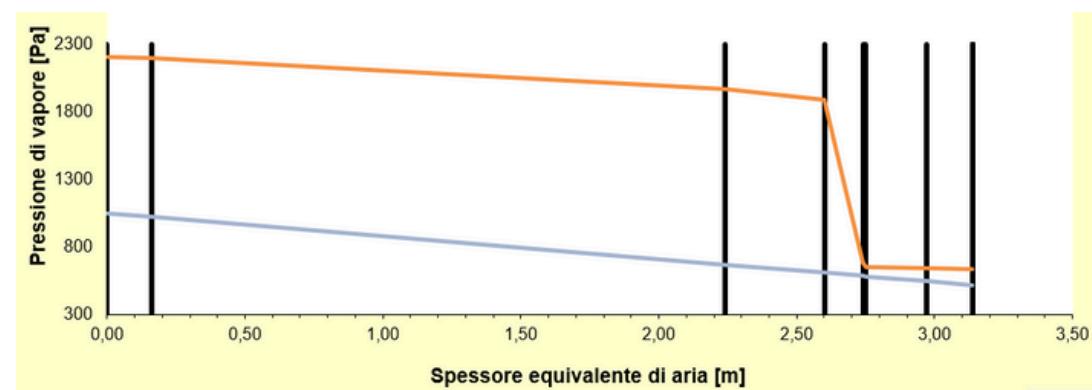
$\vartheta_{si} > \vartheta_r$ VERIFICATO



CALCOLO PRESENZA CONDENSA INTERSTIZIALE

	ϑ_j [°C]	$p_{vs,j}$ [Pa]	Sd [m]	ΣSd [m]
superficie interna	20	2202	0	0
interfaccia strati 1-2	15.15	2193	0.16	0.16
interfaccia strati 2-3	11.50	1957	2.08	2.24
interfaccia strati 3-4	-11.34	1932	0.36	2.60
interfaccia strati 4-5	-7.02	643	0.14	2.74
interfaccia strati 5-6	-7.24	637	0.025	2.97
superficie esterna	-8	636	0.16	3.13

Abbiamo verificato che anche nel mese più critico, ovvero gennaio, non si verifica condensa interstiziale in nessun strato della parete, come si può vedere nel grafico.



VERIFICA DEI COMPONENTI TRASPARENTE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO



Nel nostro progetto come elementi trasparenti dell'involturo edilizio abbiamo scelto un vetro triplo basso emissivo con telaio in legno-alluminio con polistirene (3). Questo tipo di vetro è composto da tre lastre di vetro (1) separate da due camere d'aria riempite con gas argon (2), che contribuiscono in modo significativo a ridurre le dispersioni di calore tra l'interno e l'esterno dell'edificio. Inoltre, le superfici interne delle lastre sono trattate con un rivestimento basso emissivo (low-e), ovvero uno strato microscopico di metalli nobili che riflette il calore. La scelta del vetro triplo basso emissivo è stata fatta in linea con gli obiettivi di efficienza energetica, sostenibilità ambientale e qualità costruttiva del progetto.

CARATTERISTICHE FISICHE VETRO TRIPLO BASSO EMISSIVO

s [mm]	τ_s [-]	ρ_s [-]	g [-]	U_g [W/m²K]	τ_{l**} [-]	ρ_{l**} [-]
4/12/4/12/4	54	27	0.6	0.7	74	15

CARATTERISTICHE FISICHE TELAIO

U_t [W/m²K]	Ponte termico	Ψ [W/mK]
0.85	Dovuto al distanziale tra i due vetri della vetrocamera	0.06

CALCOLO TRASMITTANZA TERMICA SISTEMA VETRATO

A_w [m²]	A_g [m²]	A_r [m²]	L_g [m]
3.70	2.85	0.85	10.16

$$U_w = \frac{U_g \times A_g + U_f \times A_f + \Psi_g \times L_g}{A_w} = 0.9 \text{ [W/m}^2\text{K}]$$

$$U_{w,lim} = 1.4 \text{ [W/m}^2\text{K}]$$

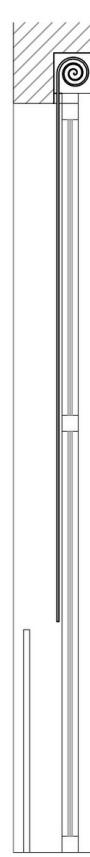
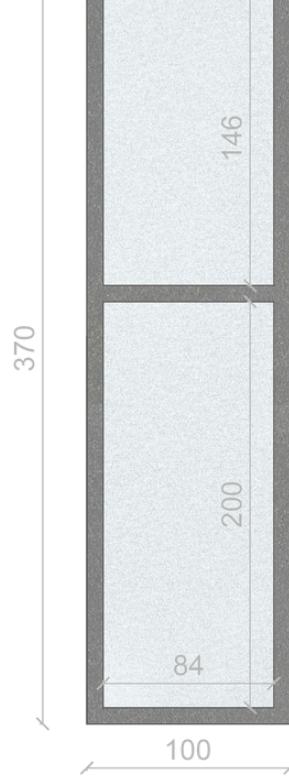
$U_w < U_{w,lim}$ VERIFICATO

CALCOLO DEL FATTORE DI TRASMISSIONE SOLARE IN PRESENZA DI TENDA ESTERNA

$$g_{gs} = \tau_{e,B} \cdot g + \alpha_{e,B} \frac{g_{ext}}{G_2} + \tau_{e,B} \cdot (1 - g) \cdot \frac{g_{ext}}{G_1} = 0.096$$

CONCLUSIONI

Dall'analisi svolta risulta che la trasmittanza termica complessiva della finestra (U_w) è pari a 0.9 W/m²K, valore nettamente inferiore al limite normativo di 1.4 W/m²K. Questo conferma l'elevata efficienza energetica del sistema finestra adottato, grazie all'impiego di un vetro triplo basso emissivo abbinato a un telaio performante in legno-alluminio con anima in polistirene. La scelta di questi componenti garantisce un ottimo isolamento termico. Inoltre, è stato calcolato il fattore di trasmissione solare in presenza di tenda esterna (g_{gs}), che risulta pari a 0.096. Questo valore molto basso dimostra l'efficacia della schermatura esterna nel limitare il guadagno solare estivo, contribuendo a migliorare il comfort interno e ridurre il fabbisogno di raffrescamento nei mesi caldi.



CALCOLO E VERIFICA DEL FATTORE DI LUCE DIURNA MEDIO E DELL'ILLUMINAMENTO MEDIO INTERNO IN CONDIZIONI INVERNALI

TIPOLOGIA DEL VETRO:

Triplo vetro basso emissivo

FATTORE DI TRASMISSIONE LUMINOSA: 74%
FATTORE DI RIFLESSIONE LUMINOSA: 15%

AREA DEL VETRO: 2,85 m²
AREA DEL TELAIO: 0,85 m²
AREA DELLA FINESTRA: 3,70 m²

COMPONENTE	AREA DEL COMPONENTE (m ²)	COLORE	FATTORE DI RIFLESSIONE LUMINOSA:	Aop,i x Fattore di riflessione luminosa
Pavimento	10,9	Beige chiaro	0,6	6,54
Soffitto	10,9	Bianco	0,7	7,63
Parete 1	8,51	Grigio	0,49	4,16
Parete 2	12,21	Grigio chiarissimo	0,49	5,98
Parete 3	10,53	Grigio chiarissimo	0,49	5,15
Parete 4	12,21	Grigio chiarissimo	0,49	5,98
Telaio Finestre	0,85	Marrone	0,3	0,26
Porte	1,68	Grigio Intermedio	0,27	0,45
Totale	67,79			36,15

CALCOLO DEL FATTORE DI RIFLESSIONE LUMINOSA MEDIO PONDERATO: PI,m

$$P_{l,m} = \frac{35,15 + 28,5 \times 0,15}{67,79 + 2,85} = 0,51\%$$

CALCOLO DEL FATTORE MEDIO DI LUCE DIURNA: FLDm

Calcolo del fattore finestra:
h: 6.95 m
H: 18.90 m
La: 10.50 m
H-h/La: 1.13
 $\epsilon = 0.11$

$$FLD_m = \frac{A_f \cdot t \cdot \epsilon \cdot \psi}{A_{tot}(1 - r_m)}$$

FLDm = 0.2 %

FLDM,prog >= 2%

NON VERIFICATO

Calcolo coefficiente di riduzione del fattore finestra:
La: 1m
h: 3.70 m
p: 0.32 m
h/p: 3.38
La/p: 3.13
 $\Psi = 0.84$

Av=2.85 m²

tI= 0.74

Atot= 70.64 m²

Pl,m= 0.0051

CALCOLO DELL'ILLUMINAMENTO DA LUCE NATURALE IN CONDIZIONI INVERNALI ED ESTIVE: Ei,m

$$Ei,m = FLDm \times Ee,h$$

Periodo invernale:

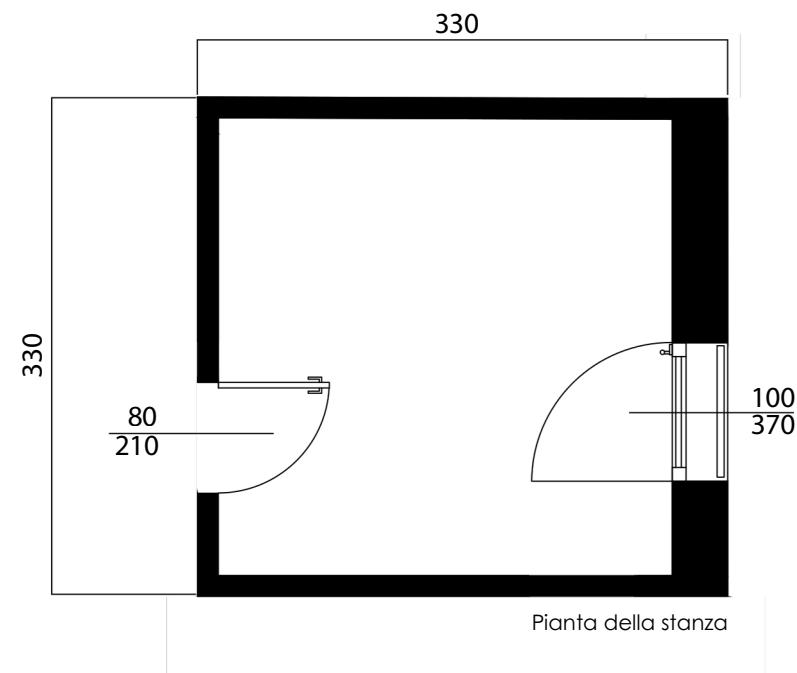
Ee,h=5000 lx

$$Ei,m = 10 \text{ lx} = 0,1 \%$$

Periodo estivo:

Ee,h= 100000 lx

$$Ei,m = 200 \text{ lx} = 2 \%$$



VERIFICA DEL FATTORE MEDIO DI LUCE DIURNA: VALORE INFERIORE AL LIMITE NORMATIVO DEL 2%

Proposte di adeguamento

A seguito delle verifiche illuminotecniche condotte, è emerso che il Fattore Medio di Luce Diurna (FLDm) risulta inferiore al valore minimo del 2%, limite stabilito dalla normativa vigente per tutti i **locali principali ad uso abitativo**, quali soggiorni, camere da letto e cucine.

Il mancato raggiungimento di tale soglia indica un'**insufficiente illuminazione naturale** degli ambienti.

Interventi migliorativi :

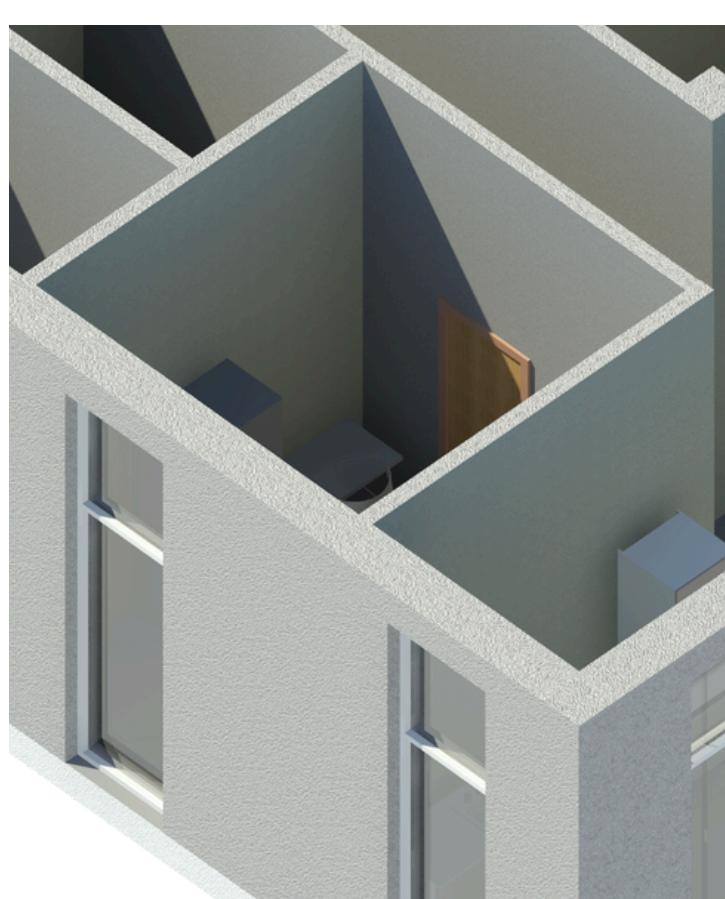
- **Aumento della superficie vetrata**

1. Per incrementare l'apporto di luce naturale, è opportuno valutare l'ampliamento delle superfici finestrate, compatibilmente con le caratteristiche strutturali e architettoniche dell'edificio. L'inserimento di nuove aperture o l'ampliamento di quelle esistenti permette una maggiore penetrazione della luce solare negli ambienti interni, contribuendo al raggiungimento del valore minimo richiesto.

- **Utilizzo di superfici interne chiare e ad alta riflessione**

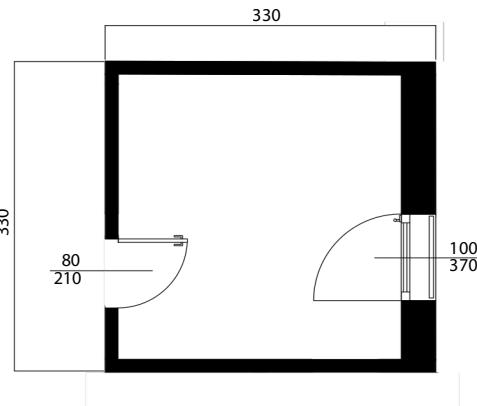
2. L'applicazione di finiture interne di colore chiaro (in particolare bianco o tinte pastello con elevata riflettanza) su pareti, soffitti e arredi, contribuisce a riflettere e diffondere meglio la luce naturale all'interno del locale. Questo intervento, semplice ma efficace, può migliorare sensibilmente il livello medio di illuminamento senza modifiche invasive all'involucro edilizio.

In conclusione, l'adozione nel nostro progetto, combinata di questi interventi consente non solo di riportare i locali entro i limiti normativi di legge, ma anche di migliorare la qualità abitativa complessiva e ridurre il fabbisogno energetico per l'illuminazione artificiale.

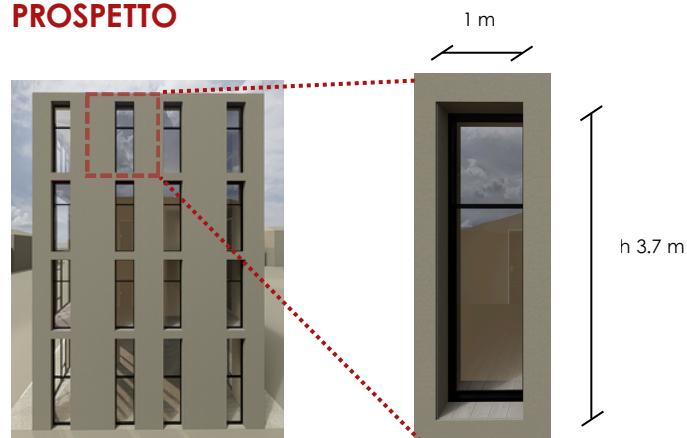


CARICO TERMICO INVERNALE E CALCOLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

PIANTA CAMERA IN ANALISI:



PROSPETTO



La camera analizzata si trova all'**ultimo piano dell'edificio**, è pensata per uno studente singolo. Presenta una finestra a tutta parete e confina con l'esterno tramite il soffitto e la parete verticale.

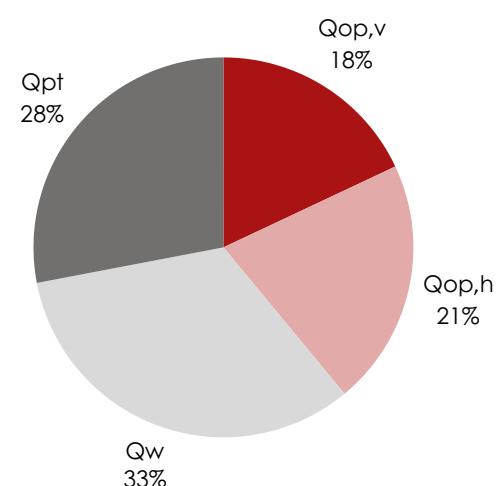
Superfici disperdenti:

- superficie verticale opaca: 10.98 m²
- superficie trasparente: 3.7 m²
- TOTALE: 23.19 m²
- Superficie utile in pianta: 10.98 m²
- Volume netto riscaldato: 40.29 m³
- Tai: 20 °C
- Tae: -9 °C
- e = 1.15

GRAFICO A TORTA DELLE DISPERSIONI

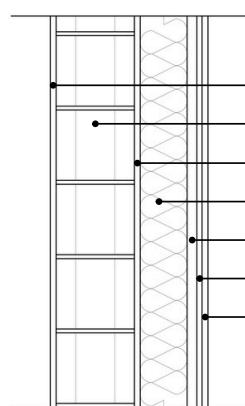
$$Qt = Qop + Qw + Q_{pt}$$

$$Qt = 322.25 \text{ W}$$



SUPERFICI DISPERDENTI

OPACA VERTICALE



1. Intonaco
2. Blocco di laterizio forato
3. Intonaco
4. Isolante in lana di roccia
5. Intercapedine d'aria
6. Pannello di Acquaonnel
7. Intonaco

$$U_{op,v} = 0.21 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_{op,h} = 0.22 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$Q_{op,v} = U_{op} \times A_{op} \times e \times (tai - tae)$$

$$A_{op,v} = 8.51 \text{ m}^2$$

$$A_{op,h} = 10.98 \text{ m}^2$$

$$Q_{op,v} = 57.54 \text{ W}$$

$$Q_{op,h} = 67.64 \text{ W}$$

TRASPARENTE VERTICALE



- Tripla vetro basso emissivo,
Telaio in legno e alluminio con polistirene
Uso tenda verticale esterna

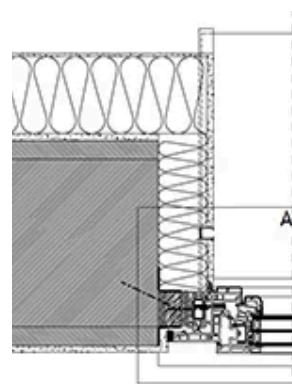
$$U_w = 0.9 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$Q_w = U_w \times A_w \times e \times (tai - tae)$$

$$A_w = 3.7 \text{ m}^2$$

$$Q_w = 107.23 \text{ W}$$

PONTE TERMICO



- Serramento a filo interno della facciata con risvolto dell'isolante
Tipologia= W18

$$\Psi = 0.20$$

$$Q_{pt} = \Psi \times L \times e \times (tai - tae)$$

$$L = 9.4 \text{ m}$$

$$Q_{pt} = 60.54 \text{ W}$$

CALCOLO CARICO TERMICO INVERNALE

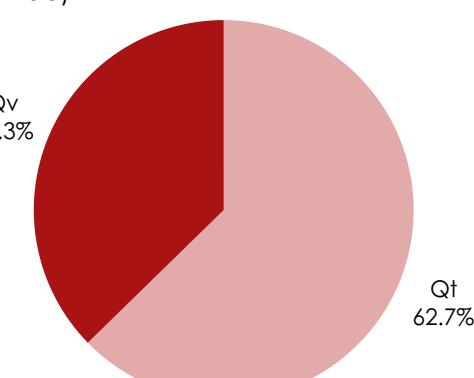
$$Q_v = 0.34 \times n \times V \times (Tai - Tae)$$

$$Q_v = 191.78 \text{ W}$$

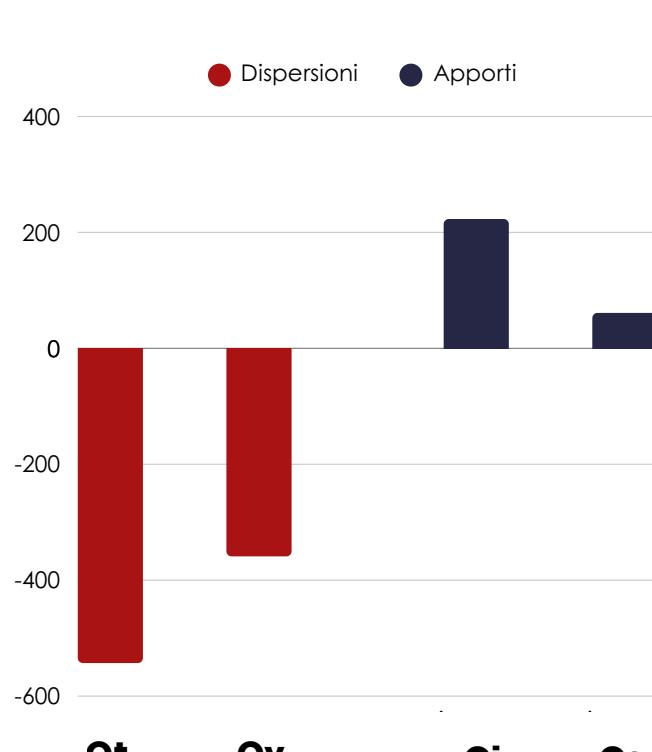
$$Q_h = Qt + Q_v$$

$$Q_h = 514.03 \text{ W}$$

Sono necessari **2 radiatori** per soddisfare il carico termico



CALCOLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO INVERNALE



Le dispersioni (in rosso) aumentano il fabbisogno, mentre gli apporti (in blu) lo riducono

- Superficie utile riscaldata: 10.98 m²
- Irradianza solare media (gennaio, TO): 231,4 W/m²
- Durata del mese: 31 giorni (2678400 s)
- tai=20 °C
- tae= 0.4 °C

Dispersioni per trasmissione (**Qt**): 543,55 MJ
Dispersioni per ventilazione (**Qv**): 359,58 MJ
Apporti interni (**Qi**): 223,48 MJ
Apporti solari (**Qs**): 61,97 MJ

Bilancio finale

$$Q_h = Qt + Q_v - \eta (Qi + Qs)$$

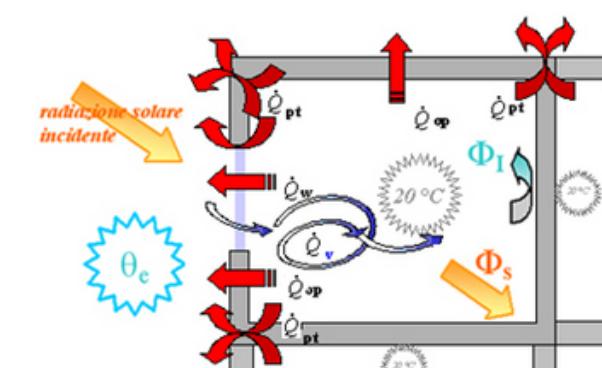
$$\text{dove } \eta = 0,95$$

$$\text{Risultato finale: } \approx 631,95 \text{ MJ} \approx 175,54 \text{ kWh}$$

Fattore di ombreggiamento

$$F_{sh} = F_{hor} \cdot F_{ov} \cdot F_{fin} \Rightarrow F_{sh} = 0,615$$

calcolato secondo la normativa UNI TS 11300-1, come prodotto dei tre fattori:
Fhor (ostruzioni esterne)
Fov (aggetti orizzontali)
Ffin (vista della finestra)



Il fabbisogno energetico per gennaio è pari a 175,54 kWh.

Questo evidenzia la necessità di interventi mirati per migliorare l'efficienza. Azioni come migliorare l'isolamento termico delle pareti, l'installazione di infissi a bassa dispersione e l'utilizzo di impianti più efficienti (es. pompe di calore o pannelli radianti) possono ridurre significativamente i consumi, migliorando il comfort abitativo e contribuendo alla sostenibilità energetica.

Distribuzione delle dispersioni per trasmissione

