

Università degli studi di Roma Tre – Facoltà di Architettura

Corso di Fisica Tecnica

**Docenti: arch. Francesco Bianchi
ing. Francesco Cocco**

**DIMENSIONAMENTO DEGLI IMPIANTI PER UN EDIFICIO
RESIDENZIALE A PATIO**

Studenti: Emiliano Ricotta, Simona Verelli

LOCALIZZAZIONE (secondo i dati climatici stagionali):

ZONA CLIMATICA: D

LOCALITA' : ROMA

ALTITUDINE : 20 M

TEMPERATURA : 10,3 °C

GG : 1415

1. L'INVOLUCRO EDILIZIO

FATTORE DI FORMA S/V

Definita la localizzazione del nostro stabile si è provveduto a calcolare il fattore di forma, cioè il rapporto tra la superficie totale disperdente ed il volume totale lordo dei locali riscaldati, che servirà a calcolare il coefficiente di dispersione volumica limite, come previsto da normativa, da confrontare con il Cd di progetto calcolato in base alle dispersioni termiche a regime stazionario.

S = superficie totale disperdente dei locali riscaldati

V = volume totale locali riscaldati

$$S = S \text{ pareti} + S \text{ pavimento} + S \text{ soffitto} = \mathbf{377,384 \text{ m}^2}$$

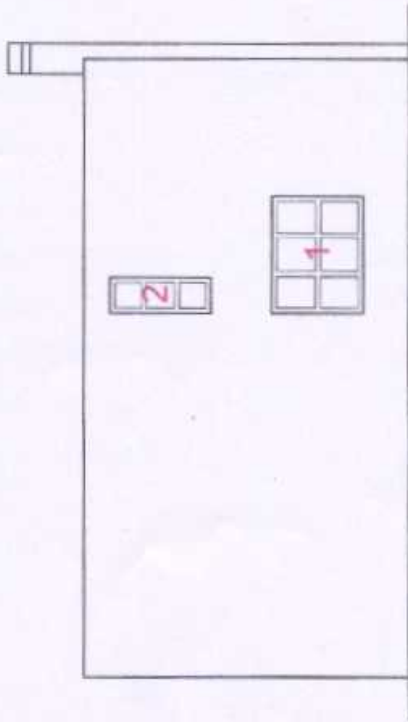
con S pareti = superficie pareti disperdenti delimitanti i locali riscaldati

$$V = \mathbf{526,013 \text{ m}^3}$$

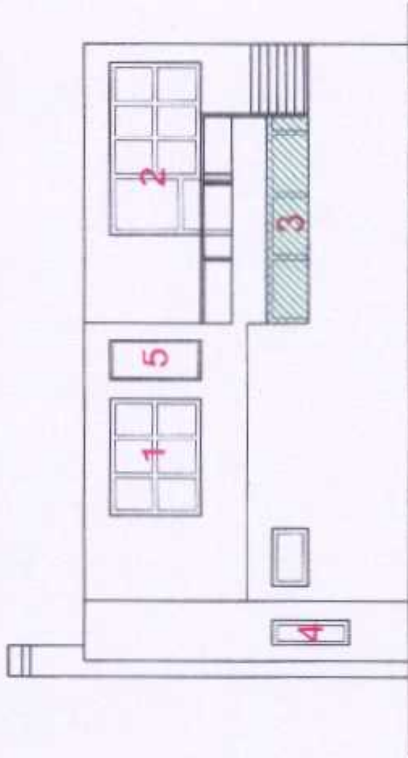
$$S/V = 377,384 / 526,013 = \mathbf{0,717 \text{ 1/m}}$$

Prospetti edificio

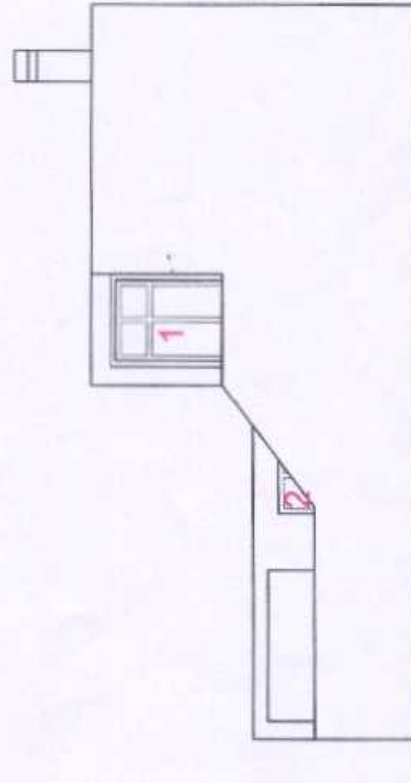
Da notare, nel prospetto Sud, la vetrata 3 del soggiorno-pranzo che è stata oggetto di analisi nell'ambito del rapporto con il sole



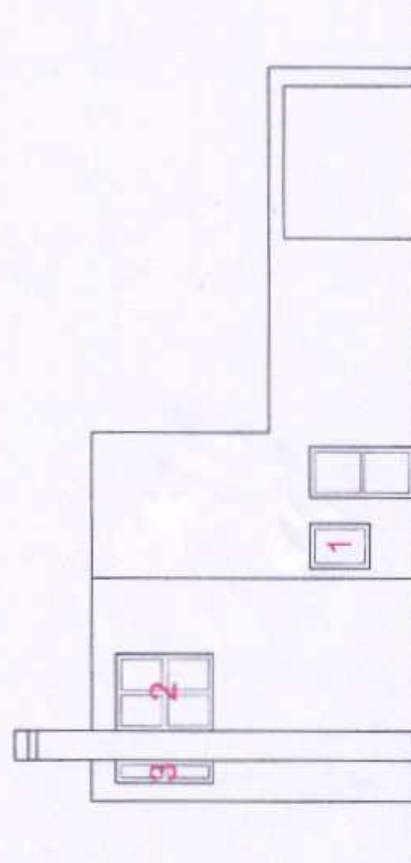
prospetto Nord



prospetto Sud



prospetto Est



prospetto Ovest

2. CALCOLO DEL C_d (coefficiente di dispersione volumica) a regime stazionario

		Zona climatica D	
		Gradi giorno	
		1401	2100
S/V	$\leq 0,2$	Cd min = 0,42	Cd min = 0,34
	$\geq 0,9$	Cd max = 0,95	Cd max = 0,78

Interpolazione per i gradi giorno 1415:

$$Cd \text{ min} = 0,34 + [(2100 - 1415) \times (0,42 - 0,34)] / (2100 - 1401) = 0,42 \text{ W/ m}^3 \text{ K}$$

$$Cd \text{ max} = 0,78 + [(2100 - 1415) \times (0,95 - 0,78)] / (2100 - 1401) = 0,95 \text{ W/ m}^3 \text{ K}$$

		Gradi giorno: 1415
S / V	$\leq 0,2$	Cd min = 0,42
	$\geq 0,9$	Cd max = 0,95

Interpolazione per $S/V = 0,717 \text{ 1/m}$:

$$Cd \text{ lim} = Cd \text{ min} + [(S/V - 0,2) \times (Cd \text{ max} - Cd \text{ min})] / (0,9 - 0,2)$$

Con $S/V = 0,717$ si ha:

$$Cd \text{ limite} = 0,42 + [(0,717 - 0,2) \times (0,95 - 0,42)] / (0,9 - 0,2) = \mathbf{0,812 \text{ W/ m}^3 \text{ K}}$$

$$Cd \text{ progetto} = Q / [V (t_i - t_e)] \quad \text{in W/ m}^3 \text{ K}$$

$Cd \text{ progetto}$ = capacità dell'edificio di perdere calore

dove: V = volume

t_e = temperatura esterna

t_i = temperatura interna

Q = dispersioni termiche

2a. CALCOLO DELLE DISPERSIONI TERMICHE, DEL Cd DI PROGETTO E VERIFICA

$$Q = Q1 + Q2 + Q3 + Q4 + Q5$$

Q1 : DISPERSIONI TERMICHE ATTRAVERSO PARETI OPACHE VERSO L'ESTERNO

$$Q1 = \sum U_j \times A_j \times p \times (t_i - t_e)$$

U_j = trasmittanza termica W/ m²K (capacità della struttura di far passare il flusso di calore , in condizioni di regime stazionario)

$t_i - t_e = 20 - 0 = 20^\circ\text{C}$ dove $t_i = 20^\circ\text{C}$ è la temperatura interna di progetto assunta e $t_e = 0^\circ\text{C}$ è la temperatura esterna media assunta

A_j = area pareti

p = coefficiente di esposizione

STRUTTURA PARETI OPACHE ESTERNE

Descrizione	S (m)	λ (W/mK)	ρ (Kg/m ³)	C (W/m ² K)	δa (Kg/msPa)	R (m ² K/W)
Intonaco interno cm 1	0,01	0,774	1400	77,52	18	0,0129
Mattone forato cm 8	0,08	0,43	1400	5,38	20,57	0,186
Intercapedine aria cm 9	0,09	0,42	1	4,666	193	0.2143
Lastra polistirene cm 4	0,04	0,03	30	0,75	2,08	1,333
Mattone semipieno cm 12	0,12	0,62	1800	5,15	20,57	0,194
Intonaco esterno cm 2	0,02	0,89	1600	44,45	8,5	0,0225

$$U = 1/ \sum R \quad (R = \text{resistenze strati della struttura})$$

$$U = 1/ (*0,129 + 0,0129 + 0,186 + 0,2143 + 1,3333 + 0,194 + 0,0225 + **0,04)$$

* resistenza liminare interna = 0,129 m²K/W ; ** resistenza liminare esterna = 0,04 m²K/W

$$U = 1/ 2,2481 = \mathbf{0,469 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

COEFFICIENTI DI ESPOSIZIONE (p)

N	S	E	O
1,20	1	1,15	1,10

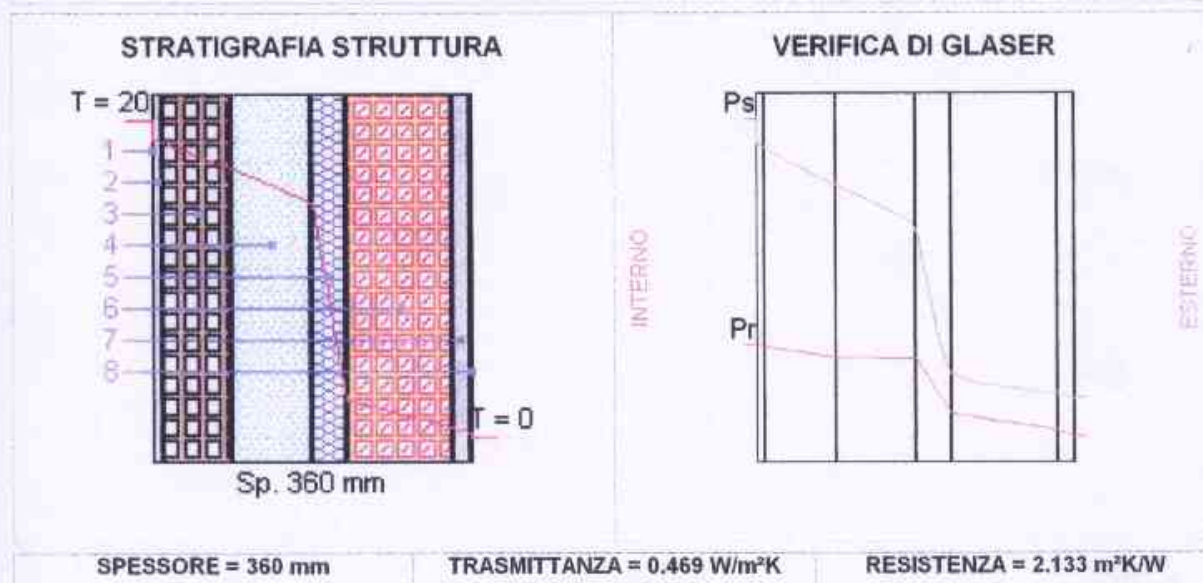
CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI

Codice Struttura: MR.01.002

Descrizione Struttura: Muri perimetrali

N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno all'esterno)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.V. [Kg/m³]	P<50°10¹² [Kg/msPa]	R [m²K/W]
1	Adduttanza Interna	0		7.700			0.130
2	Intonaco di calce e gesso.	10	0.774	77.400	1.400	18.000	0.013
3	Mattone forato di laterizio (250*80*250) spessore 80	80		5.376	1.400	20.570	0.186
4	Strato d' aria verticale - spessore tra 2 cm. e 10 cm.	90	0.420	4.667	1	193.000	0.214
5	Polistirene espanso estruso (senza pelle) - mv.30	40	0.030	0.750	30	2.080	1.333
6	Mattone semipieno di laterizio (250*120*120) spessore 120	120		5.155	1.800	20.570	0.194
7	Malta di calce o di calce e cemento.	20	0.890	44.500	1.800	8.500	0.022
8	Adduttanza Esterna	0		25.000			0.040

s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.V. = Massa Volumica; P<50°10¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; R = Resistenza termica dei singoli strati



VERIFICA IGROMETRICA

CONDIZIONE	Ti [°C]	Psi [Pa]	Pri [Pa]	Te [°C]	Pse [Pa]	Pre [Pa]
SITUAZIONE LIMITE (vedi grafico)	20.0	2.339	936	0.0	611	367
CONVENZIONALE INVERNALE (60 gg)	20.0	2.339	1.170	0.0	611	550
CONVENZIONALE ESTIVA (90 gg)	18.0	2.065	1.446	18.0	2.065	1.446

Dalla Verifica Convenzionale risulta che la struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.

Nella situazione limite la struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.

Ti = Temperatura interna; Psi = Pressione di saturazione interna; Pri = Pressione relativa interna; Te = Temperatura esterna; Pse = Pressione di saturazione esterna; Pre = Pressione relativa esterna.

Calcolo area pareti opache Nord

$$p = 1,20$$

$$A_{\text{tot}} = 73,868 \text{ m}^2$$

Calcolo area pareti opache Sud

$$p = 1$$

$$A_{\text{tot}} = 45,15 \text{ m}^2$$

Calcolo area pareti opache Est

$$p = 1,15$$

$$A_{\text{tot}} = 45,05 \text{ m}^2$$

Calcolo area pareti opache Ovest

$$p = 1,10$$

$$A_{\text{tot}} = 50,378 \text{ m}^2$$

Calcolo area copertura

$$p = 1$$

$$A_{\text{tot}} = 91,26 \text{ m}^2$$

$$Q1_{\text{nord}} = 0,469 * 73,868 * 1,20 * 20 +$$

$$\text{sud} = 0,469 * 45,15 * 1 * 20 +$$

$$\text{est} = 0,469 * 45,05 * 1,15 * 20 +$$

$$\text{ovest} = 0,469 * 50,378 * 1,10 * 20 +$$

$$\text{copertura} = 0,671 * 91,26 * 1 * 20 =$$

$$\mathbf{Q1_{\text{tot}} = 3485,039 \text{ W}}$$

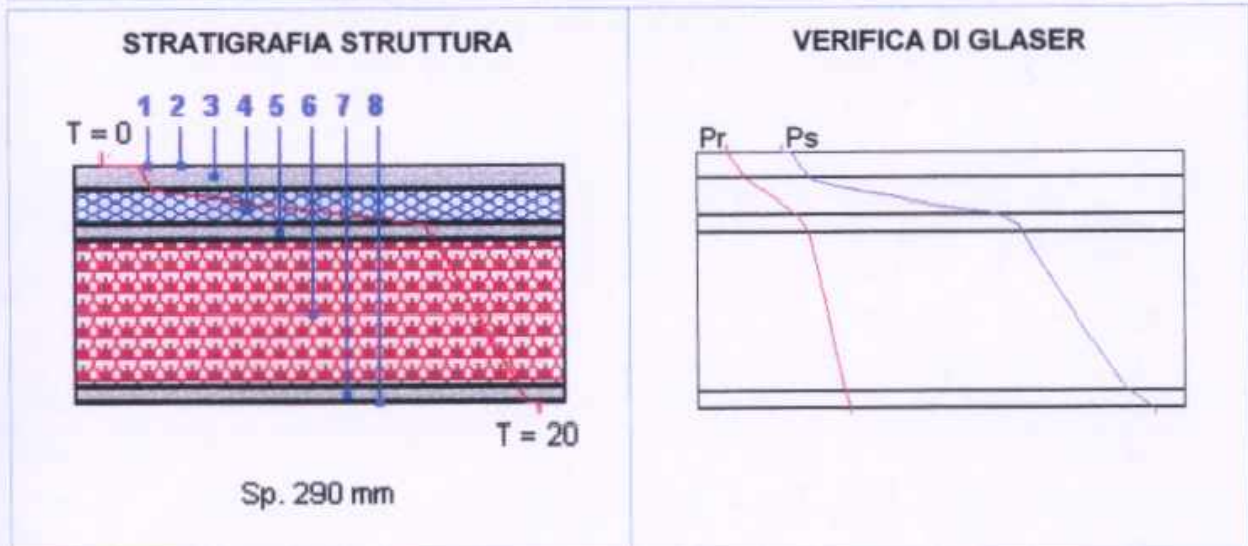
CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI

Codice Struttura: SL.03.001

Descrizione Struttura: Solaio di copertura, con isolamento termico.

N.	DESCRIZIONE STRATO (da superiore a inferiore)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.V. [Kg/m³]	P<50*10¹² [Kg/m³Pa]	R [m²K/W]
1	Adduttanza Superiore	0		7.700			0.130
2	Piastrelle.	0	0.774		2 500	7.000	0.000
3	Malta di allettamento.	30	0.774	25.800	2 000	7.000	0.039
4	Polistirene espanso sinterizzato, in lastre ricavate da blocchi - mv. 30	40	0.042	1.045	30	3.150	0.957
5	Malta di allettamento.	20	0.774	38.700	2 000	7.000	0.026
6	Blocco da solaio di laterizio (495*160*250) spessore 180	180		3.333	1 800	19.000	0.300
7	Intonaco di calce e gesso.	20	0.774	38.700	1 400	18.000	0.026
8	Adduttanza Inferiore	0		25.000			0.040

s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.V. = Massa Volumica; P<50*10¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; R = Resistenza termica dei singoli strati



SPESSORE = 290 mm

TRASMITTANZA = 0.659 W/m²K

RESISTENZA = 1.517 m²K/W

VERIFICA IGROMETRICA

CONDIZIONE	Ts [°C]	Pss [Pa]	Prs [Pa]	Ti [°C]	Psi [Pa]	Pri [Pa]
SITUAZIONE LIMITE (vedi grafico)	0.0	611	367	20.0	2 339	936
CONVENZIONALE INVERNALE (60 gg)	0.0	611	550	20.0	2 339	1 170
CONVENZIONALE ESTIVA (90 gg)	18.0	2 065	1 446	18.0	2 065	1 446

Dalla Verifica Convenzionale risulta che la struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.

Nella situazione limite la struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.

Ts = Temperatura superiore; Pss = Pressione di saturazione superiore; Prs = Pressione relativa superiore; Ti = Temperatura inferiore; Psi = Pressione di saturazione inferiore; Pri = Pressione relativa inferiore.

Q2: DISPERSIONI TERMICHE PARETI OPACHE VERSO AMBIENTI NON RISCALDATI

$$Q2 = 0$$

Stiamo effettuando i calcoli di dispersione termica di tutta la casa, prevedendo un impianto di climatizzazione in tutti i locali eccetto la cucina ed il piccolo antibagno al piano primo, elementi trascurabili che hanno permesso di considerare nullo Q2 (abbiamo assunto che sia comunque riscaldata uniformemente tutta l'abitazione).

Q3: DISPERSIONI TERMICHE ATTRAVERSO PARETI OPACHE VERSO IL TERRENO

$$Q3 = [(U_0 * A) + (\Delta\psi * P)] * (t_i - t_e)$$

U_0 = trasmittanza struttura piano di appoggio in W/m^2K

A = area pavimento

$\Delta\psi$ = fattore di correzione che dipende dalla tipologia dell'isolamento di bordo se presente (W/mK)

P = porzione di perimetro di pavimento esposto alle dispersioni (m)

Struttura del disperdente pavimento: si ipotizza la struttura priva di isolamento di bordo ($\Delta\psi = 0$) e priva dello strato di isolamento posto fra il massetto ripartitore e la caldaia. In questo caso bisogna verificare la condizione $dt < B'$.

$$U_0 = (2\lambda) / [(\pi B') + dt] \times \ln [(\pi B') / dt + 1]$$

λ = conduttività del terreno dedotta dalla tabella UNI 10346 ($\lambda = 2,0$ per sabbia o ghiaia in W/mK)

B' = dimensione caratteristica del pavimento che dipende dal rapporto fra l'area del pavimento a contatto con il terreno e la porzione di perimetro P dello stesso esposto a dispersioni.

$$B' = A / (0,5 \times P) \quad \text{in m}$$

A = area del pavimento

$$A = 80,067 \text{ m}^2$$

P = perimetro del pavimento

$$P = 43,934 \text{ m}$$

dt = spessore equivalente totale = $w + \lambda (rsi + R_p + rse)$ da calcolare

w = spessore delle pareti perimetrali

$$w = 0,36 \text{ m}$$

rsi = resistenza termica superficiale interna

$$rsi = 0,13 \text{ m}^2K/W$$

rse = resistenza termica superficiale esterna

$$rse = 0,04 \text{ m}^2K/W$$

R_p = resistenza termica della struttura pavimento

$R_p = 1/\sum\lambda = 0,255$ per la sezione su solaio

$R_p = 1/\sum\lambda = 0,28$ per la sezione su trave

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI

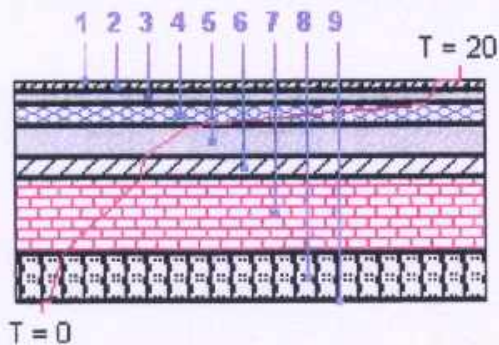
Codice Struttura: PIGNATTE

Descrizione Struttura: Solaio piano terra: sezione sulle pignatte

N.	DESCRIZIONE STRATO (da superiore a inferiore)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.V. [Kg/m³]	P<50*10 ¹² [Kg/msPa]	R [m²K/W]
1	Adduttanza Superiore	0		7.700			0.130
2	marmo	20	0.860	43.000	2 500	0.010	0.023
3	Malta di allettamento.	30	0.774	25.800	2 000	7.000	0.039
4	Polistirene espanso in lastre stampate - mv.20	40	0.030	0.750	30	150.000	1.333
5	Malta di calce o di calce e cemento.	70	0.279	3.986	1 800	2.000	0.251
6	soletta	40	1.642	41.050	1 800	1.800	0.024
7	Mattoni: pieni/forati/leggeri/alta resistenza meccanica - umidità 1,5%- mv.1600.	160	0.370	2.312	1 200	1.800	0.432
8	Ghiaia grossa senza argilla.	100	1.200	12.000	1 700	37.500	0.083
9	Adduttanza Inferiore	0		25.000			0.040

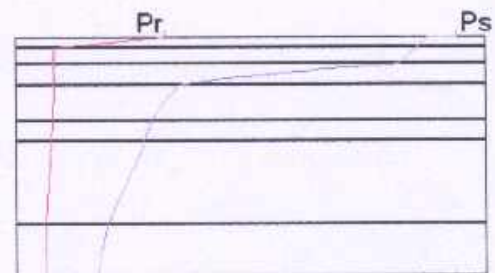
s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.V. = Massa Volumica; P<50*10¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; R = Resistenza termica dei singoli strati

STRATIGRAFIA STRUTTURA



Sp. 460 mm

VERIFICA DI GLASER



SPESSORE = 460 mm

TRASMITTANZA = 0.424 W/m²K

RESISTENZA = 2.356 m²K/W

VERIFICA IGROMETRICA

CONDIZIONE	Ts [°C]	Pss [Pa]	Prs [Pa]	Ti [°C]	Psi [Pa]	Pri [Pa]
SITUAZIONE LIMITE (vedi grafico)	20.0	2 339	936	0.0	611	367
CONVENZIONALE INVERNALE (60 gg)	20.0	2 339	1 170	0.0	611	550
CONVENZIONALE ESTIVA (90 gg)	18.0	2 065	1 446	18.0	2 065	1 446

Dalla Verifica Convenzionale risulta che la struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.

Nella situazione limite la struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.

Ts = Temperatura superiore; Pss = Pressione di saturazione superiore; Prs = Pressione relativa superiore; Ti = Temperatura inferiore; Psi = Pressione di saturazione inferiore; Pri = Pressione relativa inferiore.

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI

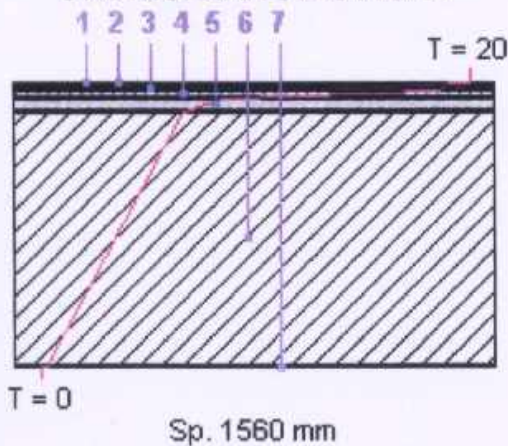
Codice Struttura: TRAVI FONDAZIONE

Descrizione Struttura: Solaio piano terra: sezione sulle travi di fondazione

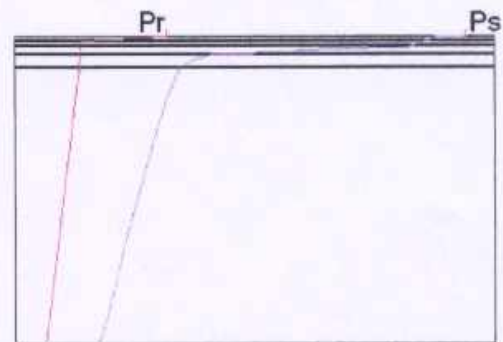
N.	DESCRIZIONE STRATO (da superiore a inferiore)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.V. [Kg/m³]	P<50*10 ¹² [Kg/msPa]	R [m²K/W]
1	Adduttanza Superiore	0		7.700			0.130
2	marmo	20	0.860	43.000	2 500	0.010	0.023
3	Malta di allettamento.	30	0.774	25.800	2 000	7.000	0.039
4	Polistirene espanso in lastre stampate - mv.20	40	0.030	0.750	30	150.000	1.333
5	Malta di calce o di calce e cemento.	70	0.279	3.986	1 800	2.000	0.251
6	struttura in cemento armato	1 400	1.642	1.173	1 800	1.800	0.853
7	Adduttanza Inferiore	0		25.000			0.040

s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.V. = Massa Volumica; P<50*10¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; R = Resistenza termica dei singoli strati

STRATIGRAFIA STRUTTURA



VERIFICA DI GLASER



SPESSORE = 1 560 mm

TRASMITTANZA = 0.375 W/m²K

RESISTENZA = 2.669 m²K/W

VERIFICA IGROMETRICA

CONDIZIONE	Ts [°C]	Pss [Pa]	Prs [Pa]	Ti [°C]	Psi [Pa]	Pri [Pa]
SITUAZIONE LIMITE (vedi grafico)	20.0	2 339	936	0.0	611	367
CONVENZIONALE INVERNALE (60 gg)	20.0	2 339	1 170	0.0	611	550
CONVENZIONALE ESTIVA (90 gg)	18.0	2 065	1 446	18.0	2 065	1 446

Dalla Verifica Convenzionale risulta che la struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.

Nella situazione limite la struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.

Ts = Temperatura superiore; Pss = Pressione di saturazione superiore; Prs = Pressione relativa superiore; Ti = Temperatura inferiore; Psi = Pressione di saturazione inferiore; Pri = Pressione relativa inferiore.

DESCRIZIONE DEL PAVIMENTO : SEZIONE SU SOLAIO

	S (m)	λ (W/mK)	ρ (Kg/m³)	C (W/m²K)	δa (Kg/ms PA)	R (m²K/W)
Pavimento marmo cm2	0,02	0,860	2500	42,92	0,010	0,0233
Malta di allettamento cm3	0,03	0,774	2000	25,77	7,000	0,0388
Lastra polistirene cm4	0,04	0,03	30	0,75	150	1,3333
Massetto cm7	0,07	0,279	1800	3,98	2,000	0,2509
Soletta di cemento cm4	0,04	1,642	1800	40,98	1,800	0,0244
Laterizio cm16	0,16	0,370	1200	2,32	1,800	0,4320

DESCRIZIONE DEL PAVIMENTO : SEZIONE SU TRAVE

	S (m)	λ (W/mK)	ρ (Kg/m³)	C (W/m²K)	δa (Kg/ms PA)	R (m²K/W)
Pavimento marmo cm2	0,02	0,860	2500	42,92	0,010	0,0233
Malta di allettamento cm3	0,03	0,774	2000	25,77	7,000	0,0388
Lastra polistirene cm4	0,04	0,03	30	0,75	150	1,3333
Massetto cm7	0,07	0,279	1800	3,98	2,000	0,2509
Struttura di cemento armato cm140	1,40	1,642	1800	1,17	1,800	0,8526

Calcolo del dt:

$$dt = w + \lambda (rsi + R_p + rse)$$

- per la sezione sul solaio

$$dt = 0,36 + 2 (0,04 + 0,255 + 0,13)$$

$$dt = 1,21$$

- per la sezione sulla trave

$$dt = 0,36 + 2 * (0,04 + 0,28 + 0,13)$$

$$dt = 1,26$$

$$B' = A / 0,5 \times P \quad (\text{in m})$$

- per la sezione su solaio

$$B' = (80,0673 * 80\%) / [0,5 * (43,9336 * 80\%)]$$

$$B' = 3,644923 \text{ m}$$

- per la sezione sulla trave

$$B' = (80,0673 * 20\%) / [0,5 * (43,9336 * 20\%)]$$

$$B' = 3,645 \text{ m}$$

dt < B' verificato

$$U_0 \text{ solaio} = (2 \times 2) / [(3,14 * 3,644923) + 1,21] * \ln [(3,14 * 3,644923 / 1,21) + 1]$$

$$U_0 = [4 / 12,655058] * \ln 10,458726$$

$$U_0 = 0,741975 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_0 \text{ trave} = (2 \times 2) / [(3,14 * 3,644923) + 1,26] * \ln [(3,14 * 3,644923 / 1,26) + 1]$$

$$U_0 = [4 / 12,705058] * \ln 10,08338$$

$$U_0 = 0,727 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Se $\Delta\psi = 0$, nell'ipotesi che la struttura del pavimento sia priva di isolamento di bordo si ha:

$$Q_3 \text{ solaio} = [0,741975 * (80,0673 * 80\%)] * 20$$

$$Q_3 = 950,527 \text{ W}$$

$$Q_3 \text{ trave} = [0,727549 * (80,0673 * 20\%)] * 20$$

$$Q_3 = 233,011 \text{ W}$$

$$Q_3 \text{ tot} = 1183,538 \text{ W}$$

Q4: DISPERSIONI TERMICHE ATTRAVERSO SUPERFICI TRASPARENTI

$$Q4 = \Sigma UF \times A \times p (t_i - t_e)$$

UF = trasmittanza termica del disperdente finestrato W/m^2K

A = area del disperdente finestrato m^2

p = coefficiente di esposizione

Caso : serramento singolo

$$UF = [(Ag Ug) + (Af Uf) + (Lg \Psi_1)] / (Ag + Af)$$

Ug = trasmittanza termica dell'elemento vetro W/m^2K

Ag = area dell'elemento vetro m^2

Uf = trasmittanza termica del telaio del serramento = 3,7 W/m^2K nel caso di telaio di 6mm

Af = area del telaio m^2

Lg = perimetro dell'elemento vetro m

Ψ_1 = trasmittanza lineare, da considerare solo in presenza di vetrocamera, dovuta al distanziatore posto tra i due vetri = 0,05 W/mK

Calcoliamo ora la trasmittanza termica del vetro:

$$Ug = 1 / (Re + \Sigma rd + \Sigma Rs + Ri)$$

Re = resistenza superficiale esterna = $1/25 = 0,04 m^2K/W$

Ri = resistenza superficiale interna = $1 / [3,6 + (4,4 \times 0,837/0,837)] = 0,125 m^2K/W$

Rs = resistenza dello spazio racchiuso tra le lastre di vetro m^2K/W

r = resistività della lastra di vetro mK/W

d = spessore della lastra di vetro = 0,004 m

$$Ug = 1 / (0,04 + 0,1393 + 0,125) = 3,286231 W/m^2K$$

Descrizione	d (m)	λ (W/mK)	ρ (Kg/ m ³)	R (m ² K/W)
vetro	0,004	0,860	2500	0,00465
aria	0,006	0,046	1,3	0,13
vetro	0,004	0,860	2500	0,00465

ESPOSIZIONE A SUD

con p = 1

Finestra 1

$A1 = 4,56 \text{ m}^2$	Area apertura
$A_g = 3,36 \text{ m}^2$	sup. tot. vetro
$A_f = A1 - A_g = 1,2 \text{ m}^2$	sup. tot. infissi
$L_g = 18 \text{ m}$	perimetro vetro

$$UF = [(A_g U_g) + (A_f U_f) + (L_g \Psi_1)] / (A_g + A_f)$$

$$UF = [(3,36 \times 3,286231) + (1,2 \times 3,7) + (18 \times 0,01)] / (3,36 + 1,2)$$

$$UF = 3,434 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$Q_4 (\text{finestra 1}) = (3,434591 \times 4,56 \times 1) \times (20 - 0) = 313,235 \text{ W}$$

Finestra 2

$A2 = 7,2 \text{ m}^2$	Area apertura
$A_g = 5,7 \text{ m}^2$	sup. tot. vetro
$A_f = A2 - A_g = 1,5 \text{ m}^2$	sup. tot. infissi
$L_g = 23,4 \text{ m}$	perimetro vetro

$$UF = [(A_g U_g) + (A_f U_f) + (L_g \Psi_1)] / (A_g + A_f)$$

$$UF = [(5,7 \times 3,286231) + (1,5 \times 3,7) + (23,4 \times 0,01)] / (5,7 + 1,5)$$

$$UF = 3,405 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$Q_4 (\text{finestra 2}) = (3,404933 \times 7,2 \times 1) \times (20 - 0) = 490,31 \text{ W}$$

Finestra 3

$A3 = 15,37 \text{ m}^2$	Area apertura
$A_g = 12,48 \text{ m}^2$	sup. tot. vetro
$A_f = A3 - A_g = 2,89 \text{ m}^2$	sup. tot. infissi
$L_g = 40 \text{ m}$	perimetro vetro

$$UF = [(A_g U_g) + (A_f U_f) + (L_g \Psi_1)] / (A_g + A_f)$$

$$UF = [(12,48 \times 3,286231) + (2,89 \times 3,7) + (40 \times 0,01)] / (12,48 + 2,89)$$

$$UF = 3,39 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$Q4 \text{ (finestra 3)} = (3,390056 \times 15,37 \times 1) \times (20 - 0) = 1042,103 \text{ W}$$

Finestra 4

$$A4 = 0,8 \text{ m}^2 \quad \text{Area apertura}$$

$$A_g = 0,405 \text{ m}^2 \quad \text{sup. tot. vetro}$$

$$A_f = A4 - A_g = 0,395 \text{ m}^2 \quad \text{sup. tot. infissi}$$

$$L_g = 3,3 \text{ m} \quad \text{perimetro vetro}$$

$$UF = [(A_g U_g) + (A_f U_f) + (L_g \Psi_1)] / (A_g + A_f)$$

$$UF = [(0,405 \times 3,286231) + (0,395 \times 3,7) + (3,3 \times 0,01)] / (0,405 + 0,395)$$

$$UF = 3,532 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$Q4 \text{ (finestra 4)} = (3,53178 \times 0,8 \times 1) \times (20 - 0) = 56,50848 \text{ W}$$

Finestra 5

$$A4 = 1,9 \text{ m}^2 \quad \text{Area apertura}$$

$$A_g = 1,19 \text{ m}^2 \quad \text{sup. tot. vetro}$$

$$A_f = A4 - A_g = 0,71 \text{ m}^2 \quad \text{sup. tot. infissi}$$

$$L_g = 5,8 \text{ m} \quad \text{perimetro vetro}$$

$$UF = [(A_g U_g) + (A_f U_f) + (L_g \Psi_1)] / (A_g + A_f)$$

$$UF = [(1,19 \times 3,286231) + (0,71 \times 3,7) + (5,8 \times 0,01)] / (1,19 + 0,71)$$

$$UF = 3,471 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$Q4 \text{ (finestra 5)} = (3,471 \times 1,9 \times 1) \times (20 - 0) = 131,912 \text{ W}$$

ESPOSIZIONE A NORD con p = 1,20

Finestra 1

$$A2 = 4,14 \text{ m}^2 \quad \text{Area apertura}$$

$$A_g = 3,36 \text{ m}^2 \quad \text{sup. tot. vetro}$$

$$A_f = 0,78 \text{ m}^2 \quad \text{sup. tot. infissi}$$

$$L_g = 18 \text{ m} \quad \text{perimetro vetro}$$

$$UF = [(Ag Ug) + (Af Uf) + (Lg \Psi_1)] / (Ag + Af)$$

$$UF = [(3,36 \times 3,286231) + (0,78 \times 3,7) + (18 \times 0,01)] / (3,36 + 0,78)$$

$$UF = 3,408 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$Q_4 (\text{finestra 1}) = (3,407666 \times 4,14 \times 1,2) \times (20-0) = 338,585 \text{ W}$$

Finestra 2

$$A_3 = 1,33 \text{ m}^2 \quad \text{Area apertura}$$

$$A_g = 0,75 \text{ m}^2 \quad \text{sup. tot. vetro}$$

$$A_f = 0,58 \text{ m}^2 \quad \text{sup. tot. infissi}$$

$$L_g = 6 \text{ m} \quad \text{perimetro vetro}$$

$$UF = [(Ag Ug) + (Af Uf) + (Lg \Psi_1)] / (Ag + Af)$$

$$UF = [(0,75 \times 3,286231) + (0,58 \times 3,7) + (6 \times 0,01)] / (0,75 + 0,58)$$

$$UF = 3,512 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$Q_4 (\text{finestra 2}) = (3,511784 \times 1,33 \times 1,2) \times (20 - 0) = 112,096 \text{ W}$$

ESPOSIZIONE A OVEST con p = 1,10

Finestra 1

$$A_1 = 1,08 \text{ m}^2 \quad \text{Area apertura}$$

$$A_g = 0,7 \text{ m}^2 \quad \text{sup. tot. vetro}$$

$$A_f = 0,38 \text{ m}^2 \quad \text{sup. tot. infissi}$$

$$L_g = 3,4 \text{ m} \quad \text{perimetro vetro}$$

$$UF = [(Ag Ug) + (Af Uf) + (Lg \Psi_1)] / (Ag + Af)$$

$$UF = [(0,7 \times 3,286231) + (0,38 \times 3,7) + (3,4 \times 0,01)] / (0,7 + 0,38)$$

$$UF = 3,463 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$Q_4 (\text{finestra 1}) = (3,463298 \times 1,08 \times 1,10) \times (20-0) = 82,288 \text{ W}$$

Finestra 2

$$A_3 = 2,85 \text{ m}^2 \quad \text{Area apertura}$$

$$A_g = 1,92 \text{ m}^2 \quad \text{sup. tot. vetro}$$

$$A_f = 0,93 \text{ m}^2 \quad \text{sup. tot. infissi}$$

$$L_g = 11,2 \text{ m} \quad \text{perimetro vetro}$$

$$UF = [(Ag Ug) + (Af Uf) + (Lg \Psi_1)] / (Ag + Af)$$

$$UF = [(1,92 \times 3,286231) + (0,93 \times 3,7) + (11,2 \times 0,01)] / (1,92 + 0,93)$$

$$UF = 3,460 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$Q_4 (\text{finestra2}) = (3,460549 \times 2,85 \times 1,10) \times (20-0) = 216,976 \text{ W}$$

Finestra 3

$$A_4 = 0,925 \text{ m}^2 \quad \text{Area apertura}$$

$$A_g = 0,48 \text{ m}^2 \quad \text{sup. tot. vetro}$$

$$A_f = 0,445 \text{ m}^2 \quad \text{sup. tot. infissi}$$

$$L_g = 4,4 \text{ m} \quad \text{perimetro vetro}$$

$$UF = [(Ag Ug) + (Af Uf) + (Lg \Psi_1)] / (Ag + Af)$$

$$UF = [(0,48 \times 3,286231) + (0,445 \times 3,7) + (4,4 \times 0,01)] / (0,48 + 0,445)$$

$$UF = 3,533 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$Q_4 (\text{finestra 4}) = (3,532855 \times 0,925 \times 1,10) \times (20-0) = 71,893 \text{ W}$$

Porta

$$A = 2,10 \text{ m}^2 \quad \text{Area apertura}$$

$$A_g = 1,571 \text{ m}^2 \quad \text{sup. tot. vetro}$$

$$A_f = 0,529 \text{ m}^2 \quad \text{sup. tot. infissi}$$

$$L_g = 7,1 \text{ m} \quad \text{perimetro vetro}$$

$$UF = [(Ag Ug) + (Af Uf) + (Lg \Psi_1)] / (Ag + Af)$$

$$UF = [(1,571 * 3,286231) + (0,529 * 3,7) + (7,1 * 0,05)] / (1,571 + 0,529)$$

$$UF = 3,57 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$Q_4 (\text{porta}) = (3,57 * 2,10 * 1,10) * (20-0) = 164,925 \text{ W}$$

ESPOSIZIONE A EST

con p = 1,10

Finestra 1

$$A_1 = 4,48 \text{ m}^2 \quad \text{Area apertura}$$

$$A_g = 3,12 \text{ m}^2 \quad \text{sup. Tot. vetro}$$

$$A_f = 1,36 \text{ m}^2 \quad \text{sup. Tot. infissi}$$

$$L_g = 14 \text{ m} \quad \text{perimetro vetro}$$

$$UF = [(Ag Ug) + (Af Uf) + (Lg \Psi1)] / (Ag + Af)$$

$$UF = [(3,12 \times 3,286231) + (1,36 \times 3,7) + (14 \times 0,01)] / (3,12 + 1,36)$$

$$UF = 3,443 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$Q4 (\text{finestra 1}) = (3,44309 \times 4,48 \times 1,15) \times (20-0) = 339,351 \text{ W}$$

Finestra 2

$$A3 = 2,85 \text{ m}^2 \quad \text{Area apertura}$$

$$Ag = 1,92 \text{ m}^2 \quad \text{sup. tot. vetro}$$

$$Af = 0,93 \text{ m}^2 \quad \text{sup. tot. infissi}$$

$$Lg = 11,2 \text{ m} \quad \text{perimetro vetro}$$

$$UF = [(Ag Ug) + (Af Uf) + (Lg \Psi1)] / (Ag + Af)$$

$$UF = [(1,92 \times 3,286231) + (0,93 \times 3,7) + (11,2 \times 0,01)] / (1,92 + 0,93)$$

$$UF = 3,460 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$Q4 (\text{finestra2}) = (3,460549 \times 2,85 \times 1,15) \times (20-0) = 226,839 \text{ W}$$

Porta

$$A = 2,10 \text{ m}^2 \quad \text{Area apertura}$$

$$Ag = 1,571 \text{ m}^2 \quad \text{sup. tot. vetro}$$

$$Af = 0,529 \text{ m}^2 \quad \text{sup. tot. infissi}$$

$$Lg = 7,1 \text{ m} \quad \text{perimetro vetro}$$

$$UF = [(Ag Ug) + (Af Uf) + (Lg \Psi1)] / (Ag + Af)$$

$$UF = [(1,571 * 3,286231) + (0,529 * 3,7) + (7,1 * 0,05)] / (1,571 + 0,529)$$

$$UF = 3,57 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$Q4 (\text{porta}) = (3,57 * 2,10 * 1,15) * (20-0) = 172,422 \text{ W}$$

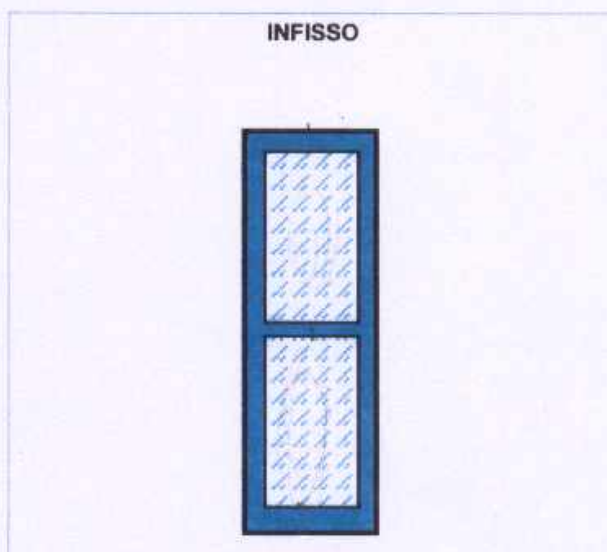
$$Q4 \text{ tot} = 3741,446 \text{ W}$$

CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINESTRATI

Descrizione Struttura: Porta-finestra con telaio singolo in metallo ad una anta e vetrocamera a due intercapedini.

SERRAMENTO SINGOLO							
DESCRIZIONE	Ag [m ²]	Af [m ²]	Lg [m]	Ug [W/m ² K]	Uf [W/m ² K]	kl [W/mK]	Uw [W/m ² K]
INFISSO	1.571	0.529	7.100	3.300	3.700	0.050	3.570

Ag = Area vetro; Af = Area telaio; Lg = Lunghezza superficie vetrata; Ug = Trasmittanza termica elemento vetrato; Uf = Trasmittanza termica telaio; kl = Trasmittanza lineica (nulla se singolo vetro); Uw = Trasmittanza termica totale serramento.



RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	0.125 m ² K/W
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	0.040 m ² K/W
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA	8.000 W/m ² K
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA	25.000 W/m ² K
RESISTENZA TERMICA TOTALE	0.280 m²K/W
TRASMITTANZA TOTALE	3.570 W/m²K

Q5:DISPERSIONI TERMICHE PER ETEROGENEITÀ E PONTI TERMICI

$$Q5 = \sum \Psi L (t_i - t_e)$$

Ψ = trasmittanza termica lineare del generico ponte termico, desunta dalle tabelle dettate dalla norma UNI-CTI 7357-74

L = lunghezza del generico ponte termico

LISTA DISPERDENTI

Numero di disperdenti termici	Ponte termico	L (m)	p	U (Ψ lin) (W/mK)	Q5 = $\sum \Psi L (t_i - t_e)$ (W)
5	Pilastri pareti Sud (3 sono ad angolo)	23,3	1	0,098	45,668
3	Giunti fra pareti divisorie interne e pareti esterne Sud	8,4	1	0,028	4,704
2	Giunti fra pareti Sud e terrazzo ultimo piano	10,4	1	0,150	31,2
2	Giunti fra pareti Sud e solaio intermedio	7	1	0,093	13,02
4	Giunti telaio-finestra e pareti Sud	49,5	1	0,134	132,66
1	Giunti fra pareti Sud e pavimento su terreno	5	1	0,26	26

Numero di disperdenti termici	Ponte termico	L (m)	p	U (Ψ lin) (W/mK)	Q5 = $\Sigma \Psi L$ (tite) (W)
3	Pilastri parete Nord (1 è ad angolo)	17,7	1,20	0,098	34,692
2	Giunti fra pareti divisorie interne e parete esterna Nord	5,6	1,20	0,028	3,136
2	Giunti fra parete Nord e terrazzo ultimo piano	11,1	1,20	0,150	33,3
1	Giunti fra parete Nord e solaio intermedio	11,7	1,20	0,093	21,762
2	Giunti telaio-finestra e parete Nord	10,2	1,20	0,134	27,336
1	Giunti fra parete Nord e pavimento su terreno	11,7	1,20	0,26	60,84

Numero di disperdenti termici	Ponte termico	L (m)	p	U (Ψ lin) (W/mK)	Q5 = $\Sigma \Psi L$ (tite) (W)
4	Pilastri pareti Ovest (3 sono ad angolo)	20,5	1,10	0,098	40,18
4	Giunti fra pareti divisorie interne e pareti esterne Ovest	11,2	1,10	0,028	6,272

2	Giunti fra pareti Ovest e terrazzo ultimo piano	4,1	1,10	0,150	12,3
2	Giunti fra pareti Ovest e solaio intermedio	6,7	1,10	0,093	12,462
3	Giunti telaio-finestra e pareti Ovest	15,6	1,10	0,134	41,808
3	Giunti fra pareti Ovest e pavimento su terreno	9,3	1,10	0,26	48,36

Numero di disperdenti termici	Ponte termico	L (m)	p	U (Ψ lin) (W/mK)	Q5 = $\Sigma \Psi L$ (tite) (W)
5	Pilastrini pareti Est (4 sono ad angolo)	20,2	1,15	0,098	39,592
2	Giunti fra pareti divisorie interne e pareti esterne Est	5,6	1,15	0,028	3,136
3	Giunti fra pareti Est e terrazzo ultimo piano	4,9	1,15	0,150	14,7
3	Giunti fra pareti Est e solaio intermedio	4,9	1,15	0,093	9,114
3	Giunti telaio-finestra e pareti Est	9,2	1,15	0,134	24,656
2	Giunti fra pareti Est e pavimento su terreno	10,4	1,15	0,26	54,08

Q5tot = 740,978 W

VERIFICA DEL CD

Con : $Q = Q1 + Q2 + Q3 + Q4 + Q5 = 7570,623 \text{ W}$

il coefficiente di dispersione volumica di progetto $Cd \text{ prog.} = Q / (V \times \Delta t)$ sarà:

$$Cd \text{ prog} = 7570,623 / (526 * 20) = 0,72 \text{ W/ m}^3 \text{ K}$$

$$Cd \text{ prog} < Cd \text{ lim} = 0,72 < 0,812 \text{ W/ m}^3 \text{ K} \quad \underline{\text{VERIFICATO}}$$

Qv: DISPERSIONE TERMICA DOVUTA ALLA VENTILAZIONE

La dispersione termica dovuta alla ventilazione è:

$$Qv = 0,34 * n * V * \Delta t \quad \text{con } n = \text{coefficiente di riduzione}$$

$$Qv = 0,34 * 0,5 * 526 * 20 = 1788,444 \text{ W}$$

Quindi la **dispersione termica totale a regime invernale** sarà:

$$\underline{Pi = Qv + Q1 + Q2 + Q3 + Q4 + Q5 = 9359,067 \text{ W}}$$

3. CALCOLO DEL CARICO TERMICO ESTIVO (A REGIME VARIABILE)

Q6 : CALCOLO DEI CARICHI TERMICI ESTIVI ATTRAVERSO LE PARETI OPACHE

$$Q6 = \Sigma (U * S * \Delta t_{eq})$$

Δt_{eq} = differenza di temperatura alle varie ore del giorno (come da tabella)

U = trasmittanza parete

S = superficie delle pareti

Scelta muri: colore medio

Parete esposta a Sud:

Δt_{eq} = (tabellato)

U = 0,469043 W/ m²K

S = 45,15 m²

Peso specifico superficiale del muro = 300 kg / m²

ORE	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00
Peso	300	300	300	300	300	300	300	300
S	45,15	45,15	45,15	45,15	45,15	45,15	45,15	45,15
U	0,469	0,469	0,469	0,469	0,469	0,469	0,469	0,469
Δt_{eq}	-2,50	-1,40	4,8	10,7	12,1	9,8	6,4	4,2
Q6	-53,295	-29,648	101,65	226,597	256,245	207,537	135,535	88,945

Parete esposta a Nord:

Δt_{eq} = (tabellato)

U = 0,469043 W/ m²K

S = 73,868 m²

Peso del muro = 300 kg/ m²

ORE	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00
Peso	300	300	300	300	300	300	300	300
S	73,868	73,868	73,868	73,868	73,868	73,868	73,868	73,868
U	0,469	0,469	0,469	0,469	0,469	0,469	0,469	0,469
Δt_{eq}	-2,50	-1,40	-0,3	3	5,3	6,4	6,4	4,2
Q6	-86,618	-48,506	-10,394	103,942	183,63	221,742	221,742	145,518

Parete esposta a Ovest:

Δt_{eq} = (tabellato)

$U = 0,469043 \text{ W/ m}^2\text{K}$

$S = 50,3785 \text{ m}^2$

Peso del muro = 300 kg/ m^2

ORE	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00
Peso	300	300	300	300	300	300	300	300
S	50,3785	50,3785	50,3785	50,3785	50,3785	50,3785	50,3785	50,3785
U	0,469	0,469	0,469	0,469	0,469	0,469	0,469	0,469
Δt_{eq}	-0,80	-0,6	1,4	4,8	12,1	18,3	19,8	7,5
Q6	-18,904	-14,178	33,081	113,422	285,919	432,423	467,867	177,223

Parete esposta a Est:

Δt_{eq} = (tabellato)

$U = 0,469043 \text{ W m}^2\text{/K}$

$$S = 45,0506 \text{ m}^2$$

$$\text{Peso del muro} = 300 \text{ kg/m}^2$$

ORE	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00
Peso	300	300	300	300	300	300	300	300
S	45,0506	45,0506	45,0506	45,0506	45,0506	45,0506	45,0506	45,0506
U	0,469	0,469	0,469	0,469	0,469	0,469	0,469	0,469
Δt_{eq}	-0,80	12,3	12,9	6,4	6,1	7,2	6,4	5
Q6	-16,904	259,907	272,586	135,236	128,897	152,14	135,236	105,653

Copertura:

$$\Delta t_{eq} = (\text{tabellato})$$

$$U = 0,6 \text{ W/ m}^2\text{K}$$

$$S = 91,26 \text{ m}^2$$

$$\text{Peso della superficie} = 200 \text{ kg/ m}^2$$

Scelta: colore medio

ORE	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00
Peso	200	200	200	200	200	200	200	200
S	91,26	91,26	91,26	91,26	91,26	91,26	91,26	91,26
U	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Δt_{eq}	0,1	2	6,8	12,7	17,6	18,9	16,1	12,5
Q6	5,476	109,512	372,341	695,401	963,706	1035	881,572	684,45

Q7: CALCOLO DEI CARICHI TERMICI ESTIVI ATTRAVERSO LE SUPERFICI VETRATE

$$Q7 = \Sigma (C * S * w * Y)$$

Q7 = calore delle superfici vetrate (W)

C = fattore di correzione dovuto alla natura del vetro e della sua schermatura

S = area delle superfici vetrate (m²)

w = carico dovuto alle radiazioni solari che dipende dalle ore del giorno (Kcal/h m²)

Y = fattore di trasmissione dovuto al tipo di vetro

Parete vetrata esposta a Sud:

Y = 0,72 (vetrocamera)

C = 0,45 (vetro ordinario con tenda interna chiara)

S = 23,135 m²

ORE	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00
Y	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
S	23,135	23,135	23,135	23,135	23,135	23,135
w	37	140	218	140	37	15
C	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Q7	277,342	1049,404	1634,07	1049,404	277,342	112,436

Parete vetrata esposta a Nord:

Y = 0,72 (vetrocamera)

C = 0,45 (vetro ordinario con tenda interna chiara)

S = 4,11 m²

ORE	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00
Y	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
S	4,11	4,11	4,11	4,11	4,11	4,11
w	32	38	38	38	32	65
C	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Q7	42,612	50,602	50,602	50,602	42,612	86,557

Parete vetrata esposta a Est:

Y = 0,72 (vetrocamera)

C = 0,45 (vetro ordinario con tenda interna chiara)

S = 5,04 m²

ORE	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00
Y	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
S	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04
w	520	310	44	44	37	15
C	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Q7	849,139	506,218	71,85	71,85	60,419	24,494

Parete vetrata esposta a Ovest:

Y = 0,72 (vetrocamera)

C = 0,45 (vetro ordinario con tenda interna chiara)

S = 3,12 m²

ORE	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00
Y	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
S	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12
w	37	44	44	310	520	375
C	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Q7	37,402	44,479	44,479	313,373	525,657	379,08

QP: CALCOLO DEI CARICHI TERMICI APPORTATI DALLE PERSONE

All'interno dell'appartamento è stato considerato un numero di inquilini pari a tre.

Carico termico sensibile:

$$Q_{ps} = N * 60W = 3 * 60W = \mathbf{180 W}$$

Carico termico latente:

$$Q_{pl} = N * 80W = 3 * 80W = \mathbf{240 W}$$

Quindi:

$$Q_P = \text{carico termico totale utenti} = Q_{ps} + Q_{pl} = \mathbf{420 W}$$

Qi: CALCOLO DEI CARICHI TERMICI APPORTATI DALL'ILLUMINAZIONE

Considero 10W al m² :

con S = 128,42 m² (la superficie tot. netta appartamento) ho 10W/m² * S = 10*128,42 = 1284,197 W

Il carico termico relativo all'illuminazione è quindi : **Qi** = (1284,197 W)*0,8 = **1027,357 W** dove 0,8 è il coefficiente di riduzione.

CALCOLO DEL CARICO TERMICO ESTIVO COMPLESSIVO

ORE	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00
PARETE OPACA NORD	-86,618	-48,506	-10,394	103,942	183,63	221,742	221,742	145,518
PARETE OPACA SUD	-53,295	-29,648	101,65	226,597	256,245	207,537	135,535	88,945
PARETE OPACA EST	-16,904	259,907	272,586	135,236	128,897	152,14	135,236	105,653
PARETE OPACA OVEST	-18,904	-14,178	33,081	113,422	285,919	432,423	467,867	177,223
COPERTURA	5,476	109,512	372,341	695,401	963,706	1035	881,572	684,45
VETRATE NORD	42,612	50,602	50,602	50,602	42,612	86,557		
VETRATE SUD	277,342	1049,404	1634,07	1049,404	277,342	112,436		
VETRATE EST	849,139	506,218	71,85	71,85	60,419	24,494		
VETRATE OVEST	37,402	44,479	44,479	313,373	525,657	379,08		
PERSONE	420	420	420	420	420	420	420	420
ILLUMINAZIONE	1027,357	1027,357	1027,357	1027,357	1027,357	1027,357	1027,357	1027,357
TOTALE	2483,607	3375,147	4017,622	4207,184	4171,784	4098,766	3289,309	2649,146

Carico termico estivo totale: 4207,184 W

I carichi evidenziati rappresentano lo scambio di calore più elevato con l'esterno.

Da questi calcoli si evince che la fascia oraria critica è quella delle ore 14:00.

Ora, essendo superiore il totale delle dispersioni termiche a regime invernale (regime stazionario) sarà scelto quest'ultimo per il dimensionamento delle unità di climatizzazione, ovvero **9359,067 W**.

4. CALCOLO DISPERSIONI TERMICHE SOGGIORNO-PRANZO

$$Q = Q1 + Q2 + Q3 + Q4 + Q5$$

Q1 : DISPERSIONI TERMICHE ATTRAVERSO PARETI OPACHE VERSO L'ESTERNO

$$Q1 = \sum U_j * A_j * p * (t_i - t_e)$$

U = Trasmittanza termica W/ m²K (capacità della struttura di far passare il flusso di calore , in condizioni di regime stazionario)

$$t_e - t_i = 20^\circ - 0^\circ = 20^\circ\text{C}$$

STRUTTURA

Descrizione	S (m)	λ (W/ mK)	ρ (Kg/m ³)	C (W/ m ² K)	δa (Kg/msPa)	R (m ² K/W)
Intonaco interno cm 1	0,01	0,774	1400	77,52	10	0,0129
Mattone forato cm 8	0,08	0,43	1400	5,38	18	0,1860
Intercapedine aria cm 9	0,09	0,420	1	4.666	193	0.2143
Lastra polistirene cm 4	0,04	0,03	30	0,75	150	1,3333
Mattone semipieno cm 12	0,12	0,62	1800	5,15	20	0,1940
Intonaco esterno cm 2	0,02	0,89	1600	44,45	10	0,0225

U = 1/ \sum resistenze strati della struttura

$$U = 1/ (*0,129+0,0129+0,1860+0,2143+1,3333+0,1940+0,0225+**0,04)$$

* resistenza liminare interna = 0,129 ; **resistenza liminare esterna = 0,04

$$U = 1/ 2,2481 = 0,469043 \text{ W/ m}^2\text{K}$$

$$U = 0,469 \text{ W/ m}^2 \text{ K}$$

COEFFICIENTI DI ESPOSIZIONE (p)

N	S	E	O
1,20	1	1,15	1,10

Calcolo area pareti opache Nord

$$p = 1,20$$

$$A_{\text{tot}} = 20,16 \text{ m}^2$$

Calcolo area pareti opache Est

$$p = 1,15$$

$$A_{\text{tot}} = 14 \text{ m}^2$$

$$Q1_{\text{nord}} = 0,469 * 20,16 * 1,20 * 20 +$$

$$\text{est} = 0,469 * 14 * 1,15 * 20 = 377,974 \text{ W}$$

$$Q1 = 377,974 \text{ W}$$

Q2: DISPERSIONI TERMICHE PARETI OPACHE VERSO AMBIENTI NON RISCALDATI

$$Q2 = 0$$

Q3: DISPERSIONI TERMICHE ATTRAVERSO PARETI OPACHE VERSO IL TERRENO

$$Q3 = [(U_0 * A) + (\Delta\psi * P)] * (t_i - t_e)$$

U_0 = trasmittanza struttura piano di appoggio W/m^2K

A = area pavimento

$\Delta\psi$ = fattore di correzione che dipende dalla tipologia dell'isolamento di bordo se presente (W/m^2K)

P = porzione di perimetro di pavimento esposto alle dispersioni (m)

Struttura del disperdente pavimento: si ipotizza la struttura priva di isolamento

$$U_0 = (2\lambda) / [(\pi B') + dt] * \ln [(\pi B') / dt + 1]$$

λ = conduttività del terreno dedotta dalla tabella UNI 10346 ($\lambda = 2,0 \text{ W/mk}$ per sabbia o ghiaia)

B' = dimensione caratteristica del pavimento che dipende dal rapporto fra l'area del pavimento a contatto con il terreno e la porzione di perimetro P dello stesso esposto a dispersioni.

$$B' = A / (0,5 * P) \text{ (m)}$$

$$B' = 2,714 \text{ m}$$

A = area del pavimento

$$A = 30,9375 \text{ m}^2$$

P = perimetro

$$P = 22,80 \text{ m}$$

dt = spessore equivalente totale = $w + \lambda (rsi + R_p + rse)$

da calcolare

w = spessore delle pareti perimetrali

$$w = 0,36 \text{ m}$$

rsi = resistenza termica superficiale interna

$$rsi = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

rse = resistenza termica superficiale esterna

$$rse = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

R_p = resistenza termica della struttura pavimento

$$R_p = 1/\sum\lambda = 0,255 \text{ per la sezione su solaio}$$

$$R_p = 1/\sum\lambda = 0,28 \text{ per la sezione su trave}$$

DESCRIZIONE DEL PAVIMENTO : SEZIONE SU SOLAIO

	S (m)	λ (W/mK)	ρ (Kg/m ³)	C (W/m ² K)	δa (Kg/ms PA)	R (m ² K/W)
Pavimento marmo cm2	0,02	0,860	2500	42,92	0,010	0,0233
Malta allett. nto cm3	0,03	0,774	2000	25,77	7,000	0,0380
Lastra polistirene cm4	0,04	0,03	30	0,75	150	1,3333
Massetto cm7	0,07	0,279	1800	3,98	2,000	0,2509
Soletta di cemento cm4	0,04	1,642	1800	40,98	1,800	0,0244
Laterizio cm16	0,16	0,370	1200	2,32	1,800	0,4320

DESCRIZIONE DEL PAVIMENTO : SEZIONE SU TRAVE

	S (m)	λ (W/mK)	ρ (Kg/m³)	C (W/m²K)	δa (Kg/ms PA)	R (m²K/W)
Pavimento marmo cm2	0,02	0,860	2500	42,92	0,010	0,0233
Malta allett. nto cm3	0,03	0,774	2000	25,77	7,000	0,0388
Lastra polistirene cm4	0,04	0,03	30	0,75	150	1,3333
Massetto cm7	0,07	0,279	1800	3,98	2,000	0,2509
Struttura di cemento armato cm140	1,40	1,642	1800	1,17	1,800	0,8526

dt = w + λ (rsi + Rp + rse)

- per la sezione sul solaio

$$dt = 0,36 + 2 (0,04 + 0,255 + 0,13)$$

$$dt = 1,21$$

- per la sezione sulla trave

$$dt = 0,36 + 2 (0,04 + 0,28 + 0,13)$$

$$dt = 1,26$$

B' = A / 0,5 x P (m)

- per la sezione su solaio

$$B' = (30,937 * 80\%) / [0,5 * (22,8 * 80\%)]$$

B' = 2,714 m

- Per la sezione sulla trave

$$B' = (30,937 * 20\%) / [0,5 * (22,8 * 20\%)]$$

B' = 2,714 m

dt < B' verificato

$$U_0 \text{ solaio} = (2 * 2) / [(3,14 * 3,644923) + 1,21] * \ln [(3,14 * 3,644923 / 1,21) + 1]$$

$$U_0 = [4 / 12,655058] * \ln 10,458726$$

U₀ = 0,741975 W/m²K

$$U_0 \text{ trave} = (2 * 2) / [(3,14 * 3,644923) + 1,26] * \ln [(3,14 * 3,644923 / 1,26) + 1]$$

$$U_0 = [4 / 12,705058] * \ln 10,08338$$

$$U_0 = 0,727549 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\text{Se } \Delta\psi = 0$$

$$Q_3 \text{ solaio} = [0,741975 * (30,937 * 80\%)] * 20$$

$$Q_3 = 367,278 \text{ W}$$

$$Q_3 \text{ trave} = [0,727549 * (30,937 * 20\%)] * 20$$

$$Q_3 = 90,034 \text{ W}$$

$$Q_3 \text{ tot} = 457,312 \text{ W}$$

Q4: DISPERSIONI TERMICHE ATTRAVERSO SUPERFICI TRASPARENTI

$$Q_4 = \Sigma UF * A * p (t_i - t_e)$$

UF = trasmittanza termica del disperdente finestrato W/m²K

A = area del disperdente finestrato m²

p = coefficiente di esposizione

Caso : serramento singolo

$$UF = [(Ag Ug) + (Af Uf) + (Lg \Psi_1)] / (Ag + Af)$$

Ug = trasmittanza termica dell'elemento vetro W/m²K

Ag = area dell'elemento vetro m²

Uf = trasmittanza termica del telaio del serramento (Uf=3,7 W/m²K nel caso di telaio da 6mm)

Af = area del telaio m²

Lg = perimetro dell'elemento vetro m

Ψ_1 = trasmittanza lineare, da considerare solo in presenza di vetrocamera, dovuta al distanziatore posto tra i due vetri ($\Psi = 0,01$)

$$Ug = 1 / (R_e + \Sigma r * s + \Sigma R_s + R_i)$$

R_e = resistenza superficiale esterna = 1/25 = 0,04 m²K/W

R_i = resistenza superficiale interna = 1/ [3,6 + (4,4 * 0,837 / 0,837)] = 0,125 m²K/W

R_s = resistenza dello spazio racchiuso tra le lastre di vetro m²K/W

r = resistività della lastra di vetro mK/W

s = spessore della lastra di vetro = 0,004 m

$$U_g = 1 / (0,04 + 0,1393 + 0,125) = 3,286231 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Descrizione	s (m)	λ (W/mK)	ρ (Kg/ m ³)	R (m ² K/W)
vetro	0,004	0,860	2500	0,00465
aria	0,006	0,046	1,3	0,13
vetro	0,004	0,860	2500	0,00465

ESPOSIZIONE A SUD con p = 1

Vetrata

A3 = 15,37 m² Area apertura
 Ag = 12,48 m² sup. Tot. vetro
 Af = A3 – Ag = 2,89 m² sup. Tot. infissi
 Lg = 40 m perimetro vetro

$$U_F = [(A_g U_g) + (A_f U_f) + (L_g \Psi_1)] / (A_g + A_f)$$

$$U_F = [(12,48 * 3,286231) + (2,89 * 3,7) + (40 * 0,01)] / (12,48 + 2,89)$$

$$U_F = 3,390056 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$Q_4 = (3,390056 * 15,37 * 1) * (20 - 0) = 1042,103 \text{ W}$$

Q5: DISPERSIONI TERMICHE PER ETEROGENEITÀ E PONTI TERMICI **Q5 = Σ Ψ L (ti - te)**

Ψ = trasmittanza termica lineare del generico ponte termico, desunta dalle tabelle dettate dalla norma UNI-CTI 7357-74

L = lunghezza del generico ponte termico

LISTA DISPERDENTI

Numero di disperdenti termici	Ponte termico	L (m)	p	U (Ψ lin) (W/mK)	Q5 = Σ Ψ L (ti - te) (W)
2	Pilastri parete Nord (1 è ad angolo)	5,6	1,20	0,098	10,976

1	Giunti fra pareti divisorie interne e parete esterna Nord	2,8	1,20	0,028	1,568
1	Giunti fra parete Nord e solaio intermedio	6,8	1,20	0,093	12,648
1	Giunti fra parete Nord e pavimento su terreno	6,8	1,20	0,26	35,36

Numero di disperdenti termici	Ponte termico	L (m)	ρ	U (Ψ lin) (W/mK)	Q5 = $\Sigma \Psi L$ (tite) (W)
2	Pilastrini parete Sud (tutti e due ad angolo)	5,6	1	0,098	109,76
1	Giunti telaio-finestra e parete Sud	16,6	1	0,134	44,488

Numero di disperdenti termici	Ponte termico	L (m)	ρ	U (Ψ lin) (W/mK)	Q5 = $\Sigma \Psi L$ (tite) (W)
2	Pilastrini parete Est (tutti e due ad angolo)	5,6	1,15	0,098	10,976
1	Giunti fra parete Est e solaio intermedio	4,5	1,15	0,093	8,37
1	Giunti fra parete Est e pavimento su terreno	4,5	1,15	0,26	23,4

Q5 tot = 257,546 W

Q_v: DISPERSIONE TERMICA DOVUTA ALLA VENTILAZIONE

La dispersione termica dovuta alla ventilazione è: $Q_v = 0,34 \times n \times V \times \Delta t$

$$Q_v = 0,34 \times 0,5 \times 86,625 \times 20 = \mathbf{294,525 \text{ W}}$$

Quindi la **dispersione termica totale $P_i = Q_v + Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$** , relativa al soggiorno-pranzo, sarà :

$$\mathbf{P_i = 294,525 + 2134,935 = 2429,46 \text{ W}}$$

5. CALCOLO DEL CARICO TERMICO ESTIVO DEL SOGGIORNO-PRANZO

Q6: CALCOLO DEI CARICHI TERMICI ESTIVI ATTRAVERSO LE PARETI OPACHE

$$Q6 = \Sigma (U * S * \Delta t_{eq})$$

Δt_{eq} = differenza di temperatura alle varie ore del giorno (come da tabella)

U = trasmittanza parete

S = superficie delle pareti

Scelta muro: colore medio

Parete esposta a Nord:

Δt_{eq} = (tabellato)

U = 0,469043 W/ m²K

S = 20,16 m²

Peso del muro = 300 kg / m²

ORE	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00
Peso	300	300	300	300	300	300	300	300
S	20,16	20,16	20,16	20,16	20,16	20,16	20,16	20,16
U	0,469	0,469	0,469	0,469	0,469	0,469	0,469	0,469
Δt_{eq}	-2,50	-1,40	-0,30	3,00	5,30	6,40	6,40	4,20
Qa	-23,64	-13,238	-2,837	28,368	50,116	60,518	60,518	39,715

Parete esposta a Est:

Δt_{eq} = (tabellato)

U = 0,469043 W/ m²K

S = 14,00 m²

Peso del muro = 300 kg/ m²

ORE	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00
Peso	300	300	300	300	300	300	300	300
S	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00
U	0,469	0,469	0,469	0,469	0,469	0,469	0,469	0,469
Δt_{eq}	-0,80	12,3	12,9	6,4	6,1	7,2	6,4	5
Q6	-5,253	80,769	84,709	42,026	40,056	47,279	42,026	32,833

Q7: CALCOLO DEI CARICHI TERMICI ESTIVI ATTRAVERSO LE SUPERFICI VETRATE

$$Q7 = \Sigma (C * S * w * Y)$$

Q7 = calore delle superfici vetrate (W/ m²)

C = fattore di correzione dovuto alla natura del vetro e della sua schermatura

S = area delle superfici vetrate

w = carico dovuto alle radiazioni solari che dipende dalle ore del giorno (tabellato)

Y = fattore di trasmissione dovuto dal tipo di vetro

Parete vetrata esposta a Sud:

Y = 0,72 (vetrocamera)

C = 0,45 (vetro ordinario con tenda interna chiara)

S = 12,48 m²

ORE	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00
Y	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
S	12,48	12,48	12,48	12,48	12,48	12,48
w	32	38	38	38	32	65
C	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Q7	129,393	153,654	153,654	153,654	129,393	262,829

QP: CALCOLO DEI CARICHI TERMICI APPORTATI DALLE PERSONE

All'interno dell'appartamento è stato considerato un numero di inquilini pari a tre..

Carico termico sensibile:

$$Q_{ps} = N * 60W = 3 * 60W = 180 W$$

Carico termico latente:

$$Q_{pl} = N * 80W = 3 * 80W = 240 W$$

Quindi:

$$QP = Q_{ps} + Q_{pl} = 420 W$$

QI: CALCOLO DEI CARICHI TERMICI APPORTATI DALL'ILLUMINAZIONE

Considerando 10W al m² e con S = 30,937 m² (la superficie del soggiorno-pranzo) ho:

$$Q_i = 10W/mq * S = 10 * 30,937 = 309,375 W$$

Il carico termico relativo all'illuminazione è di 309,375 * 0,8 = 247,5 W

CALCOLO DEL CARICO TERMICO ESTIVO COMPLESSIVO

ORE	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00
PARETE OPACA NORD	-23,64	-13,238	-2,837	28,368	50,116	60,518	60,518	39,715
PARETE OPACA EST	-5,253	80,769	84,709	42,026	40,056	47,279	42,026	32,833
VETRATA SUD	129,393	153,654	153,654	153,654	129,393	262,829		
PERSONE	420	420	420	420	420	420	420	420
ILLUMINAZIONE	247,5	247,5	247,5	247,5	247,5	247,5	247,5	247,5
TOTALE	768	888,685	903,026	891,548	887,065	1038,126	770,044	740,048

Carico termico estivo totale: 1038,126 W

I carichi evidenziati rappresentano lo scambio di calore più elevato con l'esterno.

Da questi calcoli si evince che la fascia oraria critica è quella delle ore 18:00.

Le dispersioni termiche totali invernali risultano le più gravose (2429,46 W).