



European Project Certification s.r.l.

Procedura di calcolo per la compilazione dell'ATTESTATO DI QUALIFICAZIONE ENERGETICA

Caso di una villetta unifamiliare

ing. Sara Viazzo

sara.viazzo@libero.it

Torino, 28 settembre 2007

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.Lgs 192/2005 del 19.8.2005 “Attuazione alla direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell’edilizia”
- D.Lgs. 311/2006 del 29.12.2006 “Disposizioni integrative a correttive al D.Lgs. 192/2005”
- Legge Regione Piemonte n.13 del 28.5.2007 “Disposizioni in materia di rendimento energetico nell’edilizia”
- Delibera Consiglio Regione Piemonte 98-1247 del 11.1.2007 “Aggiornamento del Piano Regionale per il risanamento ambientale – Stralcio di piano per il riscaldamento ambientale e il condizionamento”

NORME UNI

- ❖ UNI EN 832/2001 “Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento. Edifici residenziali”
- ❖ UNI EN 13790/2005 “Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento”
- ❖ UNI EN ISO 13789/1999 “Coefficiente di perdita di calore per trasmissione. Metodo di calcolo”
- ❖ UNI EN ISO 6946/2007 “Resistenza termica e trasmittanza termica. Metodi di calcolo”

NORME UNI

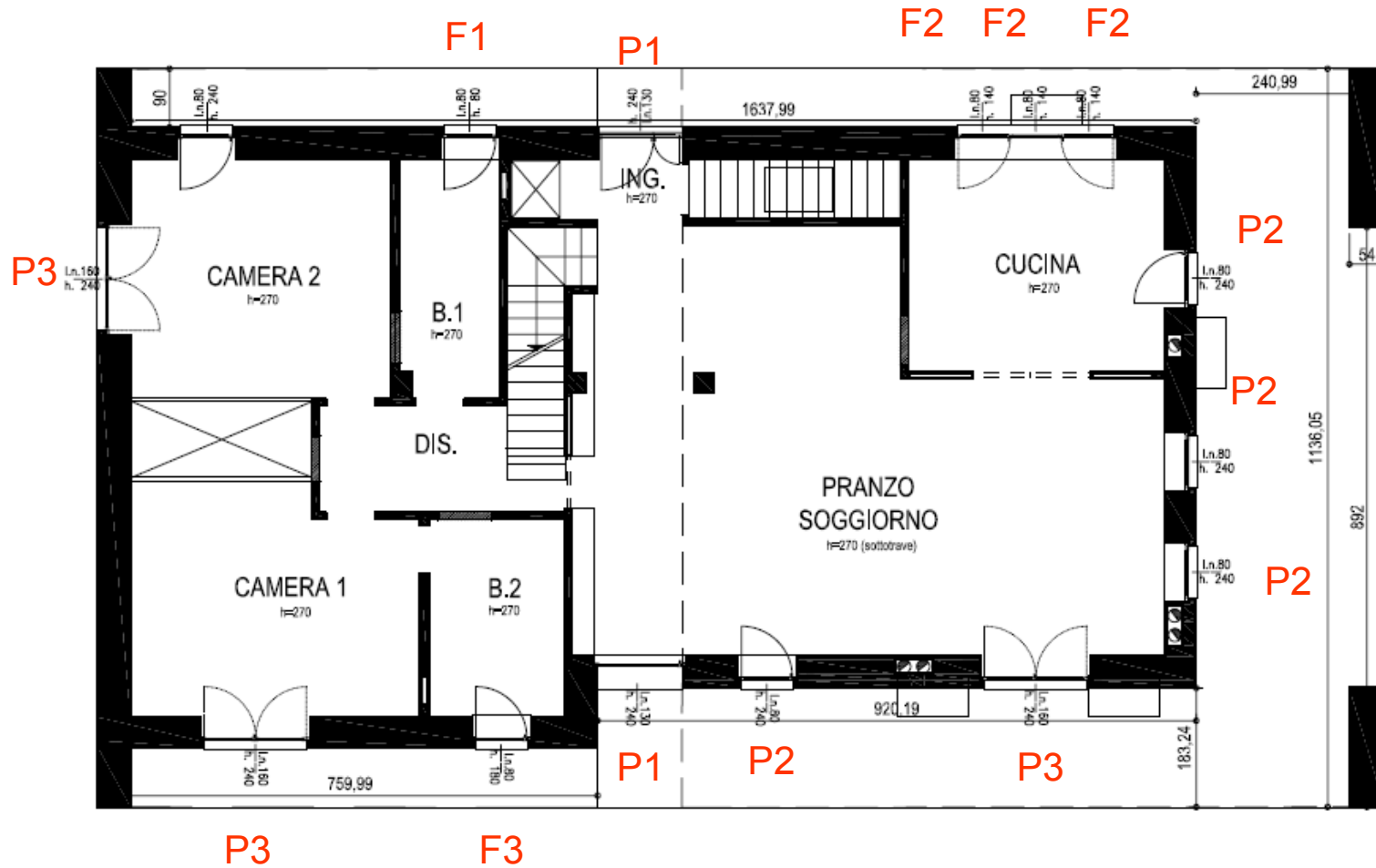
- ❖ UNI EN ISO 10077-1/2002 “Prestazione termica di finestre, porte e chiusure. Calcolo della trasmittanza termica. Metodo semplificato”
- ❖ UNI EN ISO 13370/2001 “Trasferimento di calore attraverso il terreno”
- ❖ UNI 10348/1993 “Rendimenti dei sistemi di riscaldamento”
- ❖ UNI 10349/1994 “Dati climatici”
- ❖ UNI EN 14683/2001 “Ponti termici in edilizia - Coefficiente di trasmissione termica lineica - Metodi semplificati e valori di riferimento “
- ❖ UNI 10339/1995 “Impianti aeraulici al fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura”

RACCOMANDAZIONE CTI

- ❖ Raccomandazione CTI R03/3 “Prestazioni energetiche degli edifici”

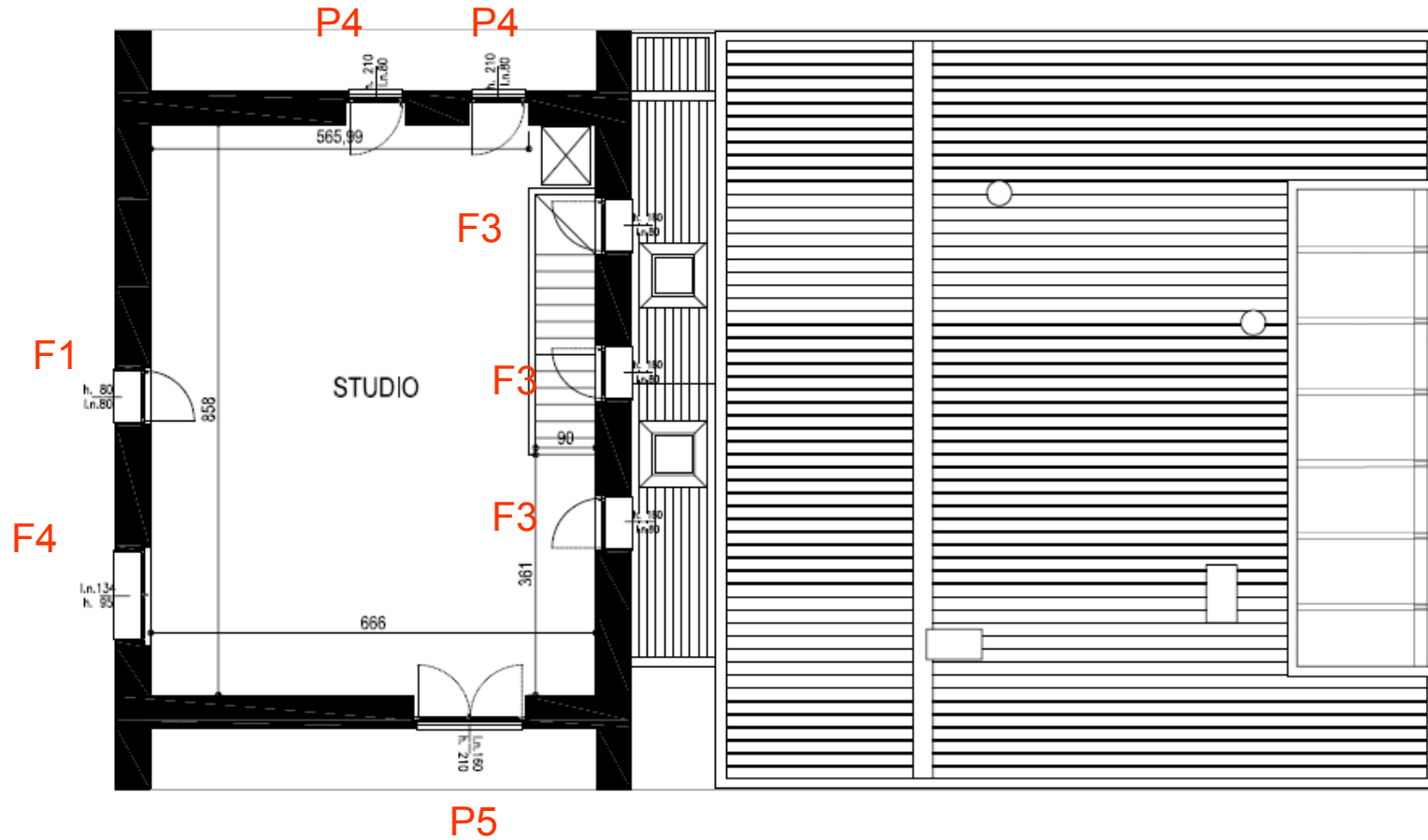
Piano terra

Scala 1:100



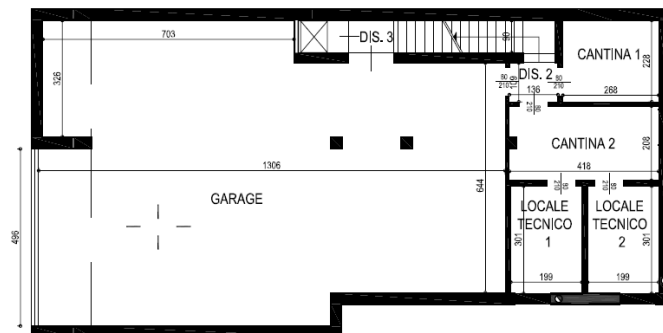
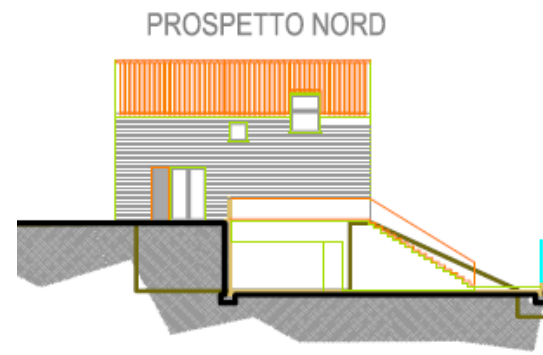
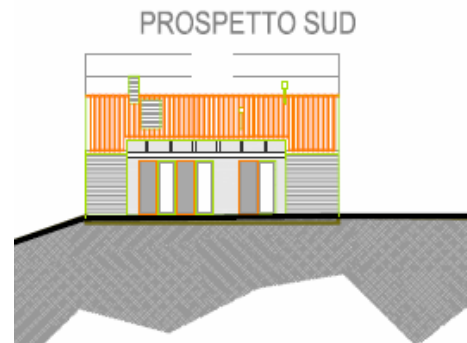
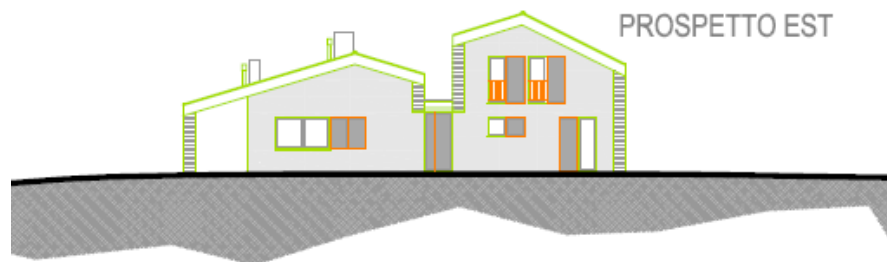
Mansarda

Scala 1:100



Prospetti e Interrato

Scala 1:200



DATI CLIMATICI

Ubicazione: TORINO

Zona climatica: E (riscaldamento dal 15 ottobre al 15 aprile = 183 giorni)

GG = 2617

 $T_i = 20^{\circ}\text{C}$ $T_{e, \text{ progetto}} = -8^{\circ}\text{C}$ $T_{me} = 5.6^{\circ}\text{C}$

$$GG = \sum_{183 \text{ giorni}} T_i - T_{me} \text{ se } T_i > T_{me}$$

Temperatura media esterna dell'aria – UNI 10349

°C	OTT	NOV	DIC	GEN	FEB	MAR	APR
Torino	12.6	6.8	2	0.4	3.2	8.2	12.7
giorni risc	17	30	31	31	28	31	15

Irradianza solare giornaliera media mensile – UNI 10349

MJ/m ²	N	E	S	O	Oriz.
Ott	2.9	7.1	11.6	7.1	9.3
Nov	1.9	4.4	9.2	4.4	5.5
Dic	1.5	4	9.6	4	4.7
Gen	1.8	4.1	9	4.1	5
Feb	2.5	6.1	10.8	6.1	7.8
Mar	3.7	8.9	11.9	8.9	12.2
Apr	5.5	11.7	11.2	11.6	16.8
TOT	2.60	6.15	10.32	6.14	8.05

Irradianza media mensile sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione (luglio) = 272 W/m²

DATI GEOMETRICI

PIANO TERRA

$$S_{\text{utile,pt}} = 127 \text{ m}^2$$

$$S_{\text{lorda,pt}} = 153 \text{ m}^2$$

$$h_{\text{utile, pt}} = 2.70 \text{ m}$$

MANSARDA

$$S_{\text{utile,1p}} = 52 \text{ m}^2$$

$$S_{\text{lorda,1p}} = 74 \text{ m}^2$$

$$h_{\text{utile, pt}} = 2.76 \text{ m}$$

valore medio

EDIFICIO

$$S_{\text{utile}} = 179 \text{ m}^2$$

$$S_{\text{lorda}} = 227 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{utile}} = 511 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{lordo}} = 726 \text{ m}^3$$

$$S_{\text{disp,lat}} = 280 \text{ m}^2$$

$$S_{\text{disp,tetto,1p}} = 69 \text{ m}^2$$

$$S_{\text{disp,tetto,piano}} = 19 \text{ m}^2$$

$$S_{\text{disp,dep}} = 68 \text{ m}^2$$

$$S_{\text{lorda,pt}} = 153 \text{ m}^2$$

$$S_{\text{disp}} = 615 \text{ m}^2$$

$$(589 \text{ m}^2)$$



Rapporto di forma dell'edificio

$$\frac{S}{V} = \frac{615}{726} = 0.85$$

(0.81)

TRASMITTANZA TERMICA INVOLUCRO OPACO

Parete esterna

$$U = 0.27 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$MS = 303.46 \text{ kg/m}^2$$

N.	Descrizione strato (interno verso l'esterno)	s (m)	λ (W/mK)	ρ (kg/m ³)	c (kJ/kgK)	R (m ² K/W)	δ (kg/smPa)
1	Intonaco di calce e gesso	0.01	0.70	1400	0.90	0.01	1.80E-11
2	Poroton	0.30	0.22	698	0.733	1.36	2.10E-11
3	Intercapedine	0.05	-	1.25	18.33	0.11	1.93E-10
4	Isolante	0.05	0.03	80	0.84	1.67	3.60E-11
5	Poroton	0.10	0.23	620	2.40	0.43	2.10E-11
6	Intonaco di calce	0.01	0.70	1400	0.90	0.01	1.80E-11

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \sum \frac{s}{\lambda} + \sum R + \frac{1}{h_e}} = \frac{1}{\frac{1}{7.7} + \frac{0.01}{0.30} + \frac{0.30}{0.22} + \frac{0.05}{0.03} + \frac{0.10}{0.23} + \frac{0.01}{0.70} + 0.11 + \frac{1}{25}} = 0.27 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

$$MS = \sum \rho \cdot s = 0.01 \cdot 1400 + 0.30 \cdot 698 + 0.05 \cdot 1.25 + 0.05 \cdot 80 + 0.10 \cdot 620 + 0.01 \cdot 1400 = 303.46 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Trasmittanza termica delle strutture opache verticali

Zona climatica	Strutture opache verticali, Valori limite della trasmittanza termica U espressa in W/m ² K		
	Dall' 1 gennaio 2006 U (W/m ² K)	Dall' 1 gennaio 2008 U (W/m ² K)	Dall' 1 gennaio 2010 U (W/m ² K)
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 INVOLUCRO OPACO

Solaio interpiano

$$U = 0.40 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$MS = 328.80 \text{ kg/m}^2$$

N.	Descrizione strato (interno verso l'esterno)	s (m)	λ (W/mK)	ρ (kg/m ³)	c (kJ/kgK)	R (m ² K/W)	δ (kg/smPa)
1	Pavimentazione in legno	0.02	0.20	800	1	0.100	1.80E-11
2	Massetto	0.09	0.30	1000	0.88	0.300	1.80E-11
3	Lana di roccia alta densità	0.06	0.035	80	0.84	1.714	3.60E-11
4	Solaio in laterocemento	0.2	0.90	1010	0.87	0.222	1.80E-11
5	Intonaco di calce e gesso	0.01	0.70	1400	0.90	0.014	1.80E-11

TABELLA 3.2 Pavimenti verso locali non riscaldati o verso l'esterno Valori limite della trasmittanza termica U espressa in W/m ² K			
Zona climatica	Dall' 1 gennaio 2006 U (W/m ² K)	Dall' 1 gennaio 2008 U (W/m ² K)	Dall' 1 gennaio 2010 U (W/m ² K)
A	0.80	0.74	0.65
B	0.60	0.55	0.49
C	0.55	0.49	0.42
D	0.48	0.41	0.36
E	0.43	0.38	0.33
F	0.41	0.36	0.32

TRASMITTANZA TERMICA INVOLUCRO OPACO

Tetto a falde

$$U = 0.40 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$MS = 29.82 \text{ kg/m}^2$$

N.	Descrizione strato (interno verso l'esterno)	s (m)	λ (W/mK)	ρ (kg/m ³)	c (kJ/kgK)	R (m ² K/W)	δ (kg/smPa)
1	Struttura portante	-					
2	Tavolato in legno	0.03	0.12	450	1.00	0.250	3.00E-13
3	Barriera al vapore	0.004	0.17	1200	1.47	0.024	9.40E-15
4	Isolante	0.06	0.035	80	0.84	1.714	3.60E-11
5	Sottocoppo isolato	0.04	0.03	48	0.84	1.429	3.60E-11
6	Guaina	0.004	0.17	1200	1.47	0.024	9.40E-15
7	Coppo	-					

Trasmittanza termica delle strutture opache orizzontali o inclinate

Zona climatica	Coperture Valori limite della trasmittanza termica U espressa in W/m ² K		
	Dall' 1 gennaio 2006 U (W/m ² K)	Dall' 1 gennaio 2008 U (W/m ² K)	Dall' 1 gennaio 2010 U (W/m ² K)
A	0.80	0.42	0.38
B	0.60	0.42	0.38
C	0.55	0.42	0.38
D	0.46	0.35	0.32
E	0.43	0.32	0.30
F	0.41	0.31	0.29

Copertura piana

$$U = 0.40 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$MS = 380.20 \text{ kg/m}^2$$

N.	Descrizione strato (interno verso l'esterno)	s (m)	λ (W/mK)	ρ (kg/m ³)	c (kJ/kgK)	R (m ² K/W)	δ (kg/smPa)
1	Intonaco di calce e gesso	0.02	0.70	1400	0.90	0.029	1.80E-11
2	Solaio in laterocemento	0.2	0.90	1010	0.87	0.222	1.80E-11
3	Lana di roccia alta densità	0.06	0.035	80	0.84	1.714	3.60E-11
4	Guaina	0.004	0.17	1200	1.47	-	9.40E-15
5	Massetto	0.08	0.33	1000	0.88	0.246	1.80E-11
6	Due guaine sovrapposte	0.008	0.17	1200	1.47	-	9.40E-15
7	Ghiaia	0.03	1.20	1700	0.84	0.025	3.70E-11

TRASMITTANZA TERMICA INVOLUCRO TRASPARENTE

PER TUTTI I SERRAMENTI:

Telaio in legno classe A2 e vetro camera chiaro + chiaro bassoemissivo 6/12/6 intercapedine in Argon 90%

Finestra F1

Larghezza: 0.80 m A_w 0.64 m² F_F 0.60
 Altezza: 0.80 m P_w 3.2 m

Descrizione	A_g (m ²)	A_f (m ²)	L_g (m)	U_g (W/m ² K)	U_f (W/m ² K)	U_l (W/mK)	U_w (W/m ² K)
Serramento singolo	0.38	0.26	3.20	1.70	1.90	0.06	2.08

TABELLA 4.a	Chiusure trasparenti Valori limite della trasmittanza termica U espressa in W/m ² K		
Zona climatica	Dall' 1 gennaio 2006 U (W/m ² K)	Dall' 1 gennaio 2008 U (W/m ² K)	Dall' 1 gennaio 2010 U (W/m ² K)
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

$$U_w = \frac{0.38 \cdot 1.70 + 0.26 \cdot 1.90 + 3.22 \cdot 0.06}{0.38 + 0.26} = 2.08 \frac{W}{m^2K}$$

TABELLA 4.b	Vetri Valori limite della trasmittanza termica U espressa in W/m ² K		
Zona climatica	Dall' 1 gennaio 2006 U (W/m ² K)	Dall' 1 luglio 2008 U (W/m ² K)	Dall' 1 gennaio 2011 U (W/m ² K)
A	5.0	4.5	3.7
B	4.0	3.4	2.7
C	3.0	2.3	2.1
D	2.6	2.1	1.9
E	2.4	1.9	1.7
F	2.2	1.7	1.3

TRASMITTANZA TERMICA INVOLUCRO TRASPARENTE

Finestra F2

Larghezza: 0.80 m A_w 1.12 m² F_F 0.69
 Altezza: 1.40 m P_w 4.4 m

Descrizione	A_g (m ²)	A_f (m ²)	L_g (m)	U_g (W/m ² K)	U_f (W/m ² K)	U_l (W/mK)	U_w (W/m ² K)
Serramento singolo	0.77	0.35	4.40	1.70	1.90	0.06	2.00

Finestra F3

Larghezza: 0.80 m A_w 1.44 m² F_F 0.71
 Altezza: 1.80 m P_w 5.2 m

Descrizione	A_g (m ²)	A_f (m ²)	L_g (m)	U_g (W/m ² K)	U_f (W/m ² K)	U_l (W/mK)	U_w (W/m ² K)
Serramento singolo	1.02	0.42	5.20	1.70	1.90	0.06	1.97

Finestra F4

Larghezza: 1.34 m A_w 1.273 m² F_F 0.71
 Altezza: 0.95 m P_w 4.58 m

Descrizione	A_g (m ²)	A_f (m ²)	L_g (m)	U_g (W/m ² K)	U_f (W/m ² K)	U_l (W/mK)	U_w (W/m ² K)
Serramento singolo	0.91	0.37	4.58	1.70	1.90	0.06	1.97

TRASMITTANZA TERMICA INVOLUCRO TRASPARENTE

Portafinestra P1

Larghezza: 1.30 m Aw 3.12 m² F_F 0.81
 Altezza: 2.40 m Pw 7.4 m

Descrizione	A _g (m ²)	A _f (m ²)	L _g (m)	U _g (W/m ² K)	U _f (W/m ² K)	U _l (W/mK)	U _w (W/m ² K)
Serramento singolo	2.53	0.59	7.40	1.70	1.90	0.06	1.88

Portafinestra P2

Larghezza: 0.80 m Aw 1.92 m² F_F 0.73
 Altezza: 2.40 m Pw 6.4 m

Descrizione	A _g (m ²)	A _f (m ²)	L _g (m)	U _g (W/m ² K)	U _f (W/m ² K)	U _l (W/mK)	U _w (W/m ² K)
Serramento singolo	1.41	0.51	6.40	1.70	1.90	0.06	1.95

Portafinestra P3

Larghezza: 1.60 m Aw 3.84 m² F_F 0.78
 Altezza: 2.40 m Pw 8 m

Descrizione	A _g (m ²)	A _f (m ²)	L _g (m)	U _g (W/m ² K)	U _f (W/m ² K)	U _l (W/mK)	U _w (W/m ² K)
Serramento singolo	3.01	0.83	8.00	1.70	1.90	0.06	1.87

TRASMITTANZA TERMICA INVOLUCRO TRASPARENTE

Portafinestra P4

Larghezza: 0.80 m Aw 1.68 m² F_F 0.72
 Altezza: 2.10 m Pw 5.8 m

Descrizione	A _g (m ²)	A _f (m ²)	L _g (m)	U _g (W/m ² K)	U _f (W/m ² K)	U _i (W/mK)	U _w (W/m ² K)
Serramento singolo	1.22	0.46	5.80	1.70	1.90	0.06	1.96

Portafinestra P5

Larghezza: 1.60 m Aw 3.36 m² F_F 0.77
 Altezza: 2.10 m Pw 7.4 m

Descrizione	A _g (m ²)	A _f (m ²)	L _g (m)	U _g (W/m ² K)	U _f (W/m ² K)	U _i (W/mK)	U _w (W/m ² K)
Serramento singolo	2.60	0.76	7.40	1.70	1.90	0.06	1.88

DISPERSIONI TERMICHE TOTALI UNI EN 832 e UNI EN ISO 13790

$$Q_l = H \cdot (T_i - T_{me}) \cdot t$$

Q_l = dispersione termica totale durante il periodo t [MJ]

T_i = temperatura interna di progetto [°C]

T_{me} = temperatura media esterna del periodo [°C] → UNI 10349

t = periodo di riscaldamento [s] → DPR 412/93

H = coefficiente di dispersione termica dell'edificio [W/K]

$$H = H_V + H_T$$

H_V = coefficiente di dispersione termica per ventilazione [W/K] → UNI 832

H_T = coefficiente di dispersione termica per trasmissione [W/K] → UNI 13789

DISPERSIONI TERMICHE PER VENTILAZIONE – UNI EN 832

$$H_v = \dot{V} \cdot \rho_a \cdot c_a$$



$$H_v = 88.71 \text{ W/K}$$

\dot{V} = portata d'aria di rinnovo [m³/h]

ρ_a = massa volumica aria = 1.25 kg/m³

c_a = calore specifico aria = 1000 J/kgK

\dot{V}_{\min} = 0.5 V per edifici residenziali con ventilazione naturale

$$\dot{V} = 0.5 \cdot 511 = 255.5 \text{ m}^3/\text{h} = 0.071 \text{ m}^3/\text{s}$$

DISPERSIONI TERMICHE PER TRASMISSIONE – UNI EN ISO 13789

$$H_T = L_D + \cancel{L_S} + H_U$$

H_T = coeff. di perdita di calore per trasmissione [W/K]

L_D = coeff. di accoppiamento diretto tra spazio riscaldato ed esterno attraverso l'involucro [W/K]

L_S = perdite di calore attraverso il terreno [W/K]

H_U = coeff. di perdita di calore per trasmissione verso ambienti non riscaldati [W/K]

Dispersioni termiche verso l'esterno

$$L_D = \sum_i A_i \cdot U_i + \sum_k I_k \cdot \psi_k + \sum_j X_j$$



Ponti termici: stimati 20% secondo CTI R03/3

Coeff perdita di calore per trasmissione attraverso spazi non riscaldati

$$H_U = L_{iu} \cdot b \quad b = \frac{H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}}$$

H_{iu} = coeff. di perdita di calore dallo spazio riscaldato a quello non riscaldato [W/K]

H_{ue} = coeff. di perdita di calore dallo spazio non riscaldato verso l'esterno [W/K]

L_{iu} = coeff. di accoppiamento tra spazio riscaldato e non riscaldato [W/K]

Dispersioni verso il garage

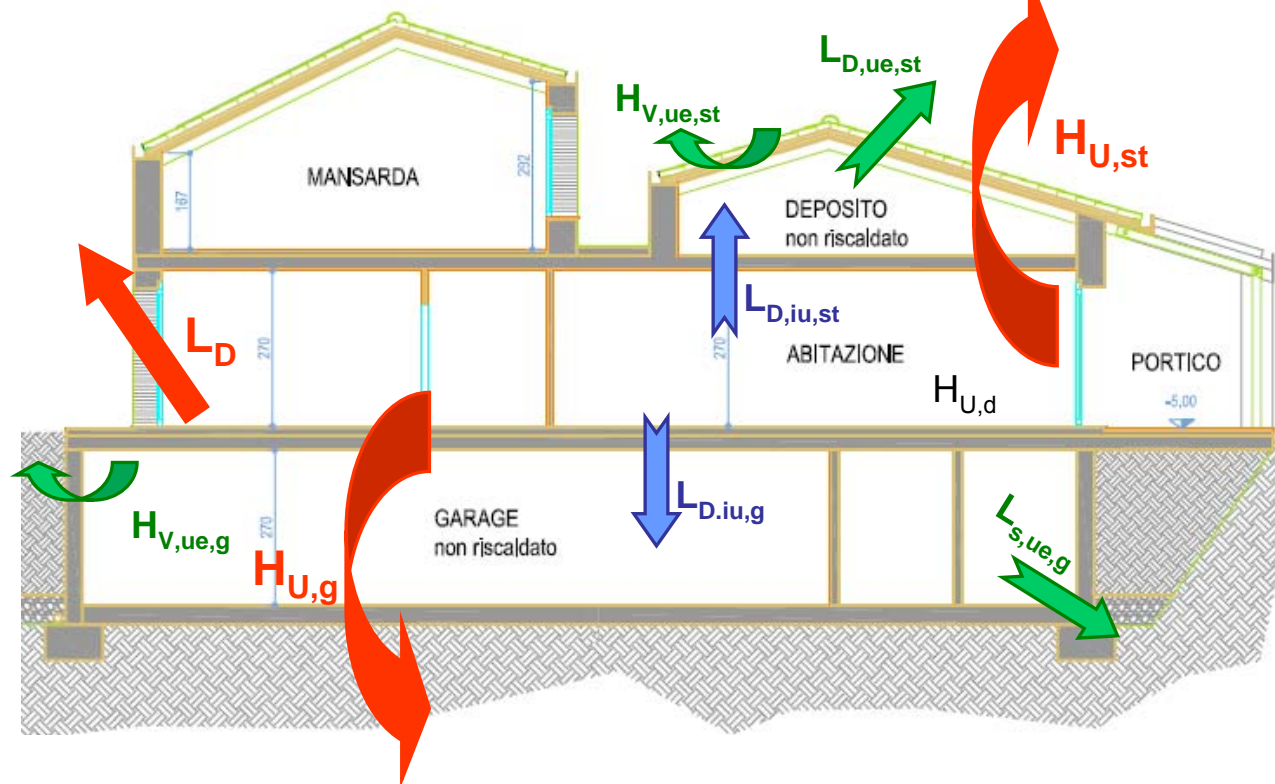
$$H_{iu,g} = L_{iu,g} + \cancel{H_{V,iu,g}} = L_{D,iu,g} + \cancel{L_{s,iu,g}} = \sum A \cdot U$$

$$H_{ue,g} = L_{ue,g} + H_{V,ue,g} = L_{D,ue,g} + L_{s,ue,g} + H_{V,ue,g}$$

Dispersioni verso il sottotetto

$$H_{iu,st} = L_{iu,st} + \cancel{H_{V,iu,st}} = L_{D,iu,st} + \cancel{L_{s,iu,st}} = \sum A \cdot U$$

$$H_{ue,st} = L_{ue,st} + H_{V,ue,st} = L_{D,ue,st} + \cancel{L_{s,ue,st}} + H_{V,ue,st} = \sum A \cdot U + H_{V,ue,st}$$



$L_{D,ue,g}$ = dispersioni attraverso ingresso garage

Dispersioni termiche verso l'esterno

$$L_D = \sum_i A_i \cdot U_i + \sum_k I_k \cdot \psi_k + \sum_j X_j = 1.2 \cdot \sum_i A_i \cdot U_i$$

$$A_{\text{lat opaca}} = 234.23 \text{ m}^2$$

$$U_{\text{muro}} = 0.27 \text{ W/m}^2\text{K}$$

+

$$A_{\text{tetto, mans}} = 69.21 \text{ m}^2$$

$$U_{\text{tetto}} = 0.28 \text{ W/m}^2\text{K}$$

+

$$A_{\text{tetto piano}} = 19.08 \text{ m}^2$$

$$U_{\text{tetto piano}} = 0.40 \text{ W/m}^2\text{K}$$

+

$$\Sigma A_w U_w = 88.16 \text{ W/K}$$

=

$$178.96 \text{ W/K} \times 1.2$$



$$L_D = 214.76 \text{ W/K}$$

Prospetto A.9: Maggiorazioni percentuali relative alla presenza dei ponti termici [%].

Descrizione della struttura	Maggiorazione ⁹
Parete con isolamento dall'esterno (a cappotto senza aggetti/balconi)	0
Parete con isolamento dall'esterno (a cappotto con aggetti/balconi)	5
Parete omogenea in mattoni pieni o in pietra	5
Parete a cassa vuota con mattoni forati	10
Struttura isolata	20
Pannello prefabbricato in cls	30

Dispersioni termiche verso ambienti non riscaldati – GARAGE

Dispersioni tra ambiente interno e garage

$$H_{iu,g} = L_{iu,g} + H_{V,iu,g} = L_{D,iu,g} + L_{s,iu,g} = \sum A \cdot U$$

$$H_{V,iu,g} = 0 \text{ UNI 13789}$$

$$\begin{array}{l} A_{\text{lorda pav pt}} = 153 \text{ m}^2 \\ U_{\text{pav}} = 0.40 \text{ W/m}^2\text{K} \end{array} \Rightarrow H_{iu,g} = 60.70 \text{ W/K}$$

Dispersioni tra garage e ambiente esterno

$$H_{ue,g} = L_{ue,g} + H_{V,ue,g} = L_{D,ue,g} + L_{s,ue,g} + H_{V,ue,g}$$

$$H_{V,ue,g} = n_{ue,g} \cdot V_g \cdot \rho_a \cdot c_a$$

$$\begin{array}{l} n_{ue,g} = 0.3 \text{ vol/h} \quad \text{UNI 13370} \\ V_g = 413 \text{ m}^3 \end{array} \Rightarrow H_{V,ue,g} = 43.03 \text{ W/K}$$

= Ventilazione

$$L_{D,ue,g} = A_{\text{porta}} \cdot U_{\text{porta}}$$

$$\begin{array}{l} A_{\text{porta}} = 10.91 \text{ m}^2 \\ U_{\text{porta}} = 2.70 \text{ W/m}^2\text{K} \end{array} \Rightarrow L_{D,ue,g} = 29.46 \text{ W/K}$$

= Trasmissione

Dispersioni termiche verso ambienti non riscaldati – GARAGE

Dispersioni tra garage e ambiente esterno

$$L_{s,ue,g} = A_{\text{netta pav pt}} \cdot U_{\text{eq}}$$

DATI DI INGRESSO – UNI 13370

$$A_{\text{netta pav pt}} = 127 \text{ m}^2$$

$$P_{\text{netto pt}} = 48.8 \text{ m}$$

$$w = 0.52 \text{ m}$$

$$\lambda_{\text{terreno}} = 1.5 \text{ W/mK} \quad \text{terreno argilloso}$$

$$z = 3 \text{ m}$$

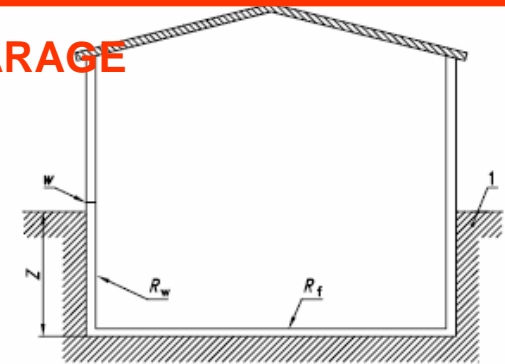
$$R_f = 0.27 \text{ m}^2\text{K/W} \quad \text{soletta cls 30 cm}$$

$$R_w = 0.27 \text{ m}^2\text{K/W} \quad \text{parete controterra cls 30 cm}$$

$$R_{si} = 0.17 \text{ m}^2\text{K/W} \quad \text{flusso discendente (pavimento)}$$

$$R_{si} = 0.13 \text{ m}^2\text{K/W} \quad \text{flusso orizzontale (parete)}$$

$$R_{se} = 0.04 \text{ m}^2\text{K/W} \quad \text{flusso discendente}$$



Dimensione caratteristica pavimento

$$B' = \frac{A}{0.5 \cdot P} = 5.20 \text{ m}$$

Spessore equivalente totale – pavimento

$$d_t = w + \lambda \cdot (R_{si} + R_f + R_{se}) = 1.24 \text{ m}$$

Spessore equivalente totale – parete

$$d_w = \lambda \cdot (R_{si} + R_w + R_{se}) = 0.66 \text{ m}$$

$$\text{Trasmittanza termica pavimento interrato se } (d_t + 0.5z) < B' \quad U_{bf} = \frac{2\lambda}{\pi B' + d_t + 0.5z} \cdot \ln\left(\frac{\pi B'}{d_t + 0.5z} + 1\right) = 0.30 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

$$\text{Trasmittanza termica parete interrata se } d_w < d_t \quad U_{bw} = \frac{2\lambda}{\pi z} \cdot \left(1 + \frac{0.5d_w}{d_w + z}\right) \cdot \ln\left(\frac{z}{d_w} + 1\right) = 0.59 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

$$\frac{1}{U_{\text{eq}}} = \frac{1}{U_f} + \frac{A_{\text{pav}}}{A_{\text{pav}} U_{bf} + z P U_{bw}} \rightarrow U_{\text{eq}} = 0.28 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$



$$L_{s,ue,g} = 35.95 \text{ W/K}$$

Dispersioni termiche verso ambienti non riscaldati – GARAGE

Dispersioni tra garage e ambiente esterno

$$L_{ue,g} = L_{D,ue,g} + L_{s,ue,g} \quad \Rightarrow \quad L_{ue,g} = 65.41 \text{ W/K}$$

$$H_{ue,g} = L_{ue,g} + H_{V,ue,g} \quad \Rightarrow \quad H_{ue,g} = 108.45 \text{ W/K}$$

$$b_g = \frac{H_{ue,g}}{H_{ue,g} + H_{iu,g}} \quad \Rightarrow \quad b_g = 0.64$$

$$H_{u,g} = b_g \cdot L_{iu,g} \quad \Rightarrow \quad H_{u,g} = 39.92 \text{ W/K}$$

Dispersioni termiche verso ambienti non riscaldati – SOTTOTETTO

Dispersioni tra ambiente interno e sottotetto

$$H_{iu,st} = L_{iu,st} + \cancel{H_{V,iu,st}} = L_{D,iu,st} + \cancel{L_{s,iu,st}} = \sum A \cdot U$$

$$H_{V,iu,g} = 0 \text{ UNI 13789}$$

$$A_{\text{lorda st}} = 68 \text{ m}^2$$

$$U_{\text{st}} = 0.52 \text{ W/m}^2\text{K}$$



$$H_{iu,st} = 35.61 \text{ W/K}$$

Dispersioni tra sottotetto e ambiente esterno

$$H_{ue,st} = L_{ue,st} + \cancel{H_{V,ue,st}} = L_{D,ue,st} + \cancel{L_{s,ue,st}} + H_{V,ue,st}$$

$$H_{V,ue,st} = n_{ue,st} \cdot V_{st} \cdot \rho_a \cdot c_a$$

$$n_{ue,st} = 0.5 \text{ vol/h} \quad \text{UNI 13789}$$

$$V_{st} = 108.8 \text{ m}^3$$



$$H_{V,ue,st} = 18.89 \text{ W/K}$$

$$L_{D,ue,st} = A_{\text{tetto}} \cdot U_{\text{tetto}}$$

$$A_{\text{tetto}} = 81.82 \text{ m}^2$$

$$U_{\text{tetto}} = 0.28 \text{ W/m}^2\text{K}$$



$$L_{D,ue,st} = 22.67 \text{ W/K}$$

$$H_{ue,st} = L_{D,ue,st} + H_{V,ue,st}$$



$$H_{ue,st} = 41.56 \text{ W/K}$$

Dispersioni termiche verso ambienti non riscaldati – SOTTOTETTO

Dispersioni tra garage e ambiente esterno

$$b_{st} = \frac{H_{ue,st}}{H_{ue,st} + H_{iu,st}} \quad \Rightarrow \quad b_{st} = 0.54$$

$$H_{u,st} = b_{st} \cdot L_{iu,st} \quad \Rightarrow \quad H_{u,st} = 19.18 \text{ W/K}$$

COEFFICIENTE DI DISPERSIONE TERMICA DELL'EDIFICIO

$$H = H_V + H_T = H_V + H_D + H_{u,g} + H_{u,st} \quad \Rightarrow \quad H = 361.56 \text{ W/K}$$

DISPERSIONE TERMICA TOTALE DELL'EDIFICIO

~~$$Q_I = H \cdot (T_i - T_{me}) \cdot t \quad \Rightarrow \quad H = 361.56 \text{ W/K}$$~~

DISPERSIONE TERMICA TOTALE DELL'EDIFICIO

$$Q_l = H \cdot (T_i - T_{me}) \cdot t$$



$$Q_l = 82255 \text{ MJ}$$

$$T_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{me} = 5.6 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t = 183 \text{ giorni} = 183 \times 86400 \text{ s}$$

APPORTI DI CALORE INTERNI E SOLARI

$$Q_g = Q_i + Q_s$$

APPORTI DI CALORE INTERNI (CTI RO3/3)

Prospetto B.2: Valori globali degli apporti interni.

Utilizzazione	Apporti globali	Unità di misura
Appartamenti di superficie lorda in pianta S fino a 200 m ²	6,25 - 0,02.S	W/m ²
Appartamenti di superficie lorda in pianta S maggiore di 200 m ²	450	W
Edifici adibiti ad uffici	6	W/m ²
Edifici adibiti ad attività commerciali	8	W/m ²

$$Q_i = 450\text{W} \times 183\text{g} \times 86400\text{s}$$



$$Q_i = 7115 \text{ MJ}$$

APPORTI SOLARI SU SUPERFICI VETRATE (UNI EN 832)

$$Q_s = \sum_j I_{s,j} \sum_n A_{s,n,j}$$

$I_{s,j}$ = radiazione solare globale su superficie unitaria di esposizione j

$A_{s,n,j}$ = area effettiva della superficie di raccolta n con esposizione j

Calcolo della superficie di raccolta

$$A_s = A \cdot F_s \cdot F_c \cdot F_F \cdot g$$

A = area della finestra [m²] → dato di progetto

F_s = coefficiente di correzione dovuto all'ombreggiatura [-]

F_c = coefficiente di riduzione dovuto ai tendaggi [-] → tipologia di schermatura

F_F = coefficiente di riduzione dovuto al telaio [-]

g = coefficiente di trasmissione solare totale (T_{SET} o fattore solare) [-] → dato di produzione

APPORTI SOLARI SU SUPERFICI VETRATE (UNI EN 832)

Calcolo della superficie di raccolta

Calcolo F_c

Fattori dovuti a tendaggi, installato all'interno o all'esterno della finestra

Tipo di tendaggio	Proprietà ottiche del tendaggio		Fattore dovuto a tendaggi con tendaggi	
	Assorbimento	Trasmissione	Interno	Esterno
Tendaggi alla veneziana di colore bianco	0,1	0,05	0,25	0,10
		0,1	0,30	0,15
		0,3	0,45	0,35
Tendaggi bianchi	0,1	0,5	0,65	0,55
		0,7	0,80	0,75
		0,9	0,95	0,95
Tessuti colorati	0,3	0,1	0,42	0,17
		0,3	0,57	0,37
		0,5	0,77	0,57
Tessuti con lamina di alluminio	0,2	0,05	0,20	0,08

Tendaggi bianchi posti all'interno, con coefficiente di trasmissione = 0.7

$$\rightarrow F_c = 0.8$$

CTI R03/3: se i tendaggi non sono noti assumere $F_c=0.8$

Calcolo F_F

Rapporto tra area trasparente A_g e l' area totale della finestra A_w

Esempio: finestra P2, spessore telaio 8 cm

$$A_w = 0.8 \times 2.4 = 1.92 \text{ m}^2$$

$$A_F = 2 \times 0.8 \times 0.08 + 2 \times 2.4 \times 0.08 = 0.51 \text{ m}^2$$

$$A_g = A_w - A_F = 1.92 - 0.51 = 1.41 \text{ m}^2$$

$$F_F = \frac{A_g}{A_w} = \frac{1.41}{1.92} = 0.73$$

Fattore di riduzione dovuto al telaio F_F per ogni tipologia di finestra

Tipologia	A_w m^2	F_F	N	E	S	O
-	-	-	-	-	-	-
F1	0.64	0.60	1	1	0	0
F2	1.12	0.69	0	3	0	0
F3	1.44	0.71	0	0	3	1
F4	1.27	0.71	1	0	0	0
P1	3.12	0.81	0	1	0	1
P2	1.92	0.73	0	1	3	1
P3	3.84	0.78	1	0	0	2
P4	1.68	0.72	0	2	0	0
P5	3.36	0.77	0	0	0	1

APPORTI SOLARI SU SUPERFICI VETRATE (UNI EN 832)

Calcolo della superficie di raccolta

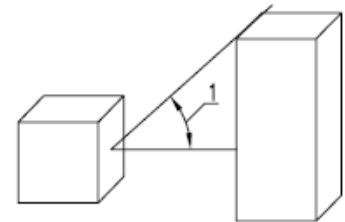
Calcolo F_s

$$F_s = F_h \cdot F_o \cdot F_f$$

F_h = fattore di ombreggiatura parziale dovuto ad ostruzioni esterne = 1 ostruzioni assenti

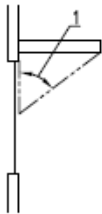
F_o = fattore di ombreggiatura parziale dovuto ad aggetti verticali

F_f = fattore di ombreggiatura parziale dovuto ad aggetti orizzontali



Legenda

- 1 Angolo formato dall'aggetto orizz: Fattore di riduzione parziale dovuto ad aggetti orizzontali, F_f
- 2 Sezione verticale
- 3 Sezione orizzontale
- 4 Angolo formato dall'aggetto vert



3

Angolo formato dall'aggetto orizzonte	45° N latitudine			55° N latitudine			65° N latitudine		
	S	E/O	N	S	E/O	N	S	E/O	N
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,94	0,92	1,00	0,94	0,91	0,99	0,94	0,90	0,98
45°	0,84	0,84	1,00	0,86	0,83	0,99	0,85	0,82	0,98
60°	0,72	0,75	1,00	0,74	0,75	0,99	0,73	0,73	0,98



4

Fattore di riduzione parziale dovuto ad aggetti verticali, F_o

Angolo formato dall'aggetto verticale	45° N latitudine			55° N latitudine			65° N latitudine		
	S	E/O	N	S	E/O	N	S	E/O	N
0°	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30°	0,90	0,89	0,91	0,93	0,91	0,91	0,95	0,92	0,90
45°	0,74	0,76	0,80	0,80	0,79	0,80	0,85	0,81	0,80
60°	0,50	0,58	0,66	0,60	0,61	0,65	0,66	0,65	0,66

→ $F_o = 1$

APPORTI SOLARI SU SUPERFICI VETRATE (UNI EN 832)

Calcolo della superficie di raccolta

Calcolo F_s

Fattore di riduzione dovuto all'ombreggiatura per ogni esposizione

Orientam	F_c	g	F_s	F_h	F_o	F_f
-	-	-	-	-	-	-
N	0.8	0.63	1	1	1	1
E	0.8	0.63	0.967	1	1	0.967
S	0.8	0.63	0.72	1	1	0.72
O	0.8	0.63	0.969	1	1	0.969

$$A_s = A \cdot F_s \cdot F_c \cdot F_f \cdot g$$

Orientam	A_s [m ²]	Q_s MJ
-	-	-
N	2.17	1031
E	4.41	4970
S	2.65	5002
O	6.13	6893



$$Q_s = 17895 \text{ MJ}$$

$$Q_{s,N} = 2.17 \text{ m}^2 \cdot 183 \text{ g} \cdot 2.60 \text{ MJ/m}^2 = 1031 \text{ MJ}$$

APPORTI DI CALORE TOTALI DELL'EDIFICIO

$$Q_g = Q_i + Q_s$$



$$Q_g = 25010 \text{ MJ}$$

BILANCIO TERMICO DELL'INVOLUCRO (UNI EN 832)

$$Q_h = Q_l - \eta Q_g \quad \text{Fabbisogno di energia termica dello spazio riscaldato}$$

Fattore di utilizzazione degli apporti termici

$$\eta = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a-1}} \quad \text{se } \gamma \neq 1 \quad \gamma = \frac{Q_g}{Q_l} \quad \rightarrow \quad \boxed{\gamma = 0.304}$$

Calcolo della effettiva capacità termica interna

$$C = \sum_j \chi_j \cdot A_j = \sum_j \sum_i \rho_{ij} \cdot c_{ij} \cdot s_{ij} \cdot A_j \quad [\text{J/K}]$$

χ = capacità termica interna della struttura [kJ/m²K]

A = superficie elemento [m²]

s = 10 cm (la sommatoria si fa per i primi 10 cm interni di involucro)

OPPURE: METODO CTI R03/3

χ = 130 kJ/m³K per pareti in mattoni forati o assimilabili

V = 726 m³ volume lordo riscaldato

$$C = \chi \cdot V \quad \rightarrow \quad \boxed{C = 94.41 \text{ MJ/K}}$$

Prospetto A.7: Capacità termica volumica della zona termica.

Tipologia costruttiva dell'edificio	Capacità termica volumica [kJ/(m ³ ·K)]
Edifici con muri in pietra o assimilabili	290
Edifici con muri in mattoni pieni o assimilabili	240
Edifici con muri in mattoni forati o assimilabili	130
Edifici con pareti leggere o isolati dall'interno	70

BILANCIO TERMICO DELL'INVOLUCRO (UNI EN 832)**Fattore di utilizzazione degli apporti termici****Calcolo della costante di tempo**

$$\tau = \frac{C}{H} \quad \rightarrow \quad \tau = 72.5 \text{ h}$$

$$a = a_0 + \frac{\tau}{\tau_0} = 0.8 + \frac{72.5}{28} = 3.39$$

Per calcolo su base stagionale

$$a_0 = 0.8$$

$$\tau_0 = 28 \text{ h}$$

$$\eta = \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a-1}} \quad \rightarrow \quad \eta = 0.988$$

$$Q_h = Q_l - \eta Q_g \quad \rightarrow$$

$$Q_h = 57559 \text{ MJ}$$

Fabbisogno utile ideale in regime continuo

$$Q_h = 89 \text{ kWh/m}^2$$

Cfr. "Stralcio di piano" Regione Piemonte

RENDIMENTO DEGLI IMPIANTI (UNI 10348)

Rendimento di regolazione $\eta_c = 0.95$

Sistema di regolazione	Tipologia di prodotto	Impianto di riscaldamento		
		radiatori e convettori	pannelli radianti isolati dalla struttura	pannelli radianti annegati nella struttura
Regolazione manuale	Termostato di caldaia	$0,96 - (0,6 \cdot \eta_u \cdot \gamma)$	$0,94 - (0,6 \cdot \eta_u \cdot \gamma)$	$0,90 - (0,6 \cdot \eta_u \cdot \gamma)$
Climatico centralizzato	Regolatore climatico e/o ottimizzatore	$1 - (0,6 \cdot \eta_u \cdot \gamma)$	$0,98 - (0,6 \cdot \eta_u \cdot \gamma)$	$0,94 - (0,6 \cdot \eta_u \cdot \gamma)$
Solo per singolo ambiente	Regolatore si/no a differenziale	0,94	0,92	0,88
	Regolatore modulante (banda proporzionale 1°C)	0,98	0,96	0,92
	Regolatore modulante (banda proporzionale 2°C)	0,96	0,94	0,90
Climatico + singolo ambiente	Regolatore si/no a differenziale	0,97	0,95	0,93
	Regolatore modulante (banda proporzionale 1°C)	0,99	0,98	0,96
	Regolatore modulante (banda proporzionale 2°C)	0,98	0,97	0,95
Solo di zona	Regolatore si/no a differenziale	0,93	0,91	0,87
	Regolatore modulante (banda proporzionale 1°C)	0,97	0,96	0,92
	Regolatore modulante (banda proporzionale 2°C)	0,95	0,93	0,89
Climatico + zona	Regolatore si/no a differenziale	0,96	0,94	0,92
	Regolatore modulante (banda proporzionale 1°C)	0,98	0,97	0,95
	Regolatore modulante (banda proporzionale 2°C)	0,97	0,96	0,94

I dati del prospetto si riferiscono al funzionamento continuo dell'impianto in regime di temperatura interna costante od attenuata. In regime intermittente ed in assenza di ottimizzatore (spegnimento notturno dell'impianto) i valori devono essere ridotti di 0,02. Tale riduzione non si applica in presenza di un ottimizzatore.

RENDIMENTO DEGLI IMPIANTI (UNI 10348)Rendimento di emissione $\eta_e = 0.95$

Terminale di erogazione	η_e
termoconvettori	0,99
ventilconvettori	0,98
bocchette aria calda	0,97
radiatori (*)	0,96
pannelli radianti isolati dalle strutture (**)	0,97
pannelli radianti annegati nella struttura (**)	0,95

Fabbisogno utile reale:

$$Q_{hr} = \frac{Q_h}{\eta_e \cdot \eta_c} = 63777 \text{ MJ}$$

Rendimento di distribuzione $\eta_d = 0.96$

Tipo di edificio	Volume (m ³)	Altezza edificio (m)		
		5	15	25
a , c	1000	0,96	0,95	0,94
	5000	0,96	0,95	0,94
	10000	0,97	0,96	0,95
	15000	0,97	0,96	0,95
	20000	0,98	0,97	0,96
b	1000	0,95	0,94	0,94
	5000	0,93	0,93	0,93
	10000	0,91	0,92	0,93
	15000	0,89	0,90	0,91
	20000	0,86	0,87	0,88

C) Edifici nei quali le colonne montanti sono isolate con gli spessori di isolante previste dalla specifica normativa ed ubicate all'interno dell'isolamento termico delle pareti.

Energia termica fornita dal sistema di produzione:

$$Q_p = \frac{Q_{hr}}{\eta_d} = 66434 \text{ MJ}$$

RENDIMENTO DEGLI IMPIANTI (UNI 10348)**Dati tecnici del generatore di calore**

$\Phi_{un} = 20 \text{ kW}$	Potenza nominale utile del generatore
$\Phi_{cn} = 19.32 \text{ kW}$	Potenza nominale del focolare del generatore
$\eta_{u(100)} = 96.6\%$	Rendimento termico utile alla potenza nominale
$\eta_{u(30)} = 108\%$	Rendimento termico utile al 30% della potenza nominale
$Pf = 1.7\%$	Perdite al camino con bruciatore funzionante
$Pf,bs = 0\%$	Perdite al camino con bruciatore spento
$W_{po} = 140 \text{ W}$	Potenza elettrica assorbita pompe di circolazione $\rightarrow Q_{po} = 2214 \text{ MJ}$
$\eta_{po} = 0.85$	Frazione utile dell'energia elett. assorbita dalle pompe e trasferita al fluido
$W_{br} = 0 \text{ W}$	Potenza elettrica assorbita bruciatore (0 se sconosciuto CTI R03/3)
$\Delta T = 30^\circ\text{C}$	Differenza tra temperatura media acqua e temperatura ambiente

Energia termica utile prodotta dal generatore:

$$Q_u = Q_p - Q_{aux} = 64553 \text{ MJ}$$

Q_p = energia termica fornita dal sistema di generazione [MJ]

Q_{aux} = energia termica fornita dagli ausiliari al fluido termovettore [MJ]

$$= Q_{po} \cdot \eta_{po} = 2214 \cdot 0.85 = 1882 \text{ MJ}$$

RENDIMENTO DEGLI IMPIANTI (UNI 10348)

Energia primaria richiesta per la combustione:

$$Q_c = \frac{Q_p - Q_{aux}}{\eta_{u(100)}} = 66825 \text{ MJ}$$

Energia primaria richiesta per il funzionamento degli ausiliari:

$$Q_e = \frac{Q_{br} + Q_{po}}{\eta_{sen}} = 6149 \text{ MJ} \quad \eta_{sen} = 0.36 \text{ da UNI 10348}$$

Fabbisogno di energia primaria richiesta dal sistema di produzione:

$$Q_s = Q_c + Q_e = 72974 \text{ MJ}$$

Rendimento di produzione medio stagionale:

$$\eta_p = \frac{Q_p}{Q_s} = 0.91 \text{ MJ}$$

Rendimento globale medio stagionale:

$$\eta_g = \frac{Q_h}{Q_s} = 79\%$$



$$\eta_{g,lim} = 65 + 3 \cdot \log(\Phi_{un}) = 69\% \text{ nuove costruzioni}$$

RENDIMENTO DEGLI IMPIANTI (UNI 10348 – UNI 10379)

Dispersioni nel sottosistema di emissione:

$$Q_{l,e} = Q_h \frac{1 - \eta_e}{\eta_e} = 3029 \text{ MJ}$$

Dispersioni nel sottosistema di regolazione:

$$Q_{l,c} = (Q_h + Q_e) \frac{1 - \eta_c}{\eta_c} = 3189 \text{ MJ}$$

$$Q_{hr} = Q_h + Q_{l,e} + Q_{l,c} = 63777 \text{ MJ} \quad \text{Fabbisogno utile reale}$$

Dispersioni nel sottosistema di distribuzione:

$$Q_{l,d} = Q_{hr} \frac{1 - \eta_d}{\eta_d} = 2657 \text{ MJ}$$

Dispersioni nel sottosistema di produzione:

$$Q_{l,p} = Q_p \frac{1}{\eta_p} = 6539 \text{ MJ}$$

Dispersioni nel sistema di riscaldamento:

$$Q_t = Q_{l,e} + Q_{l,c} + Q_{l,d} + Q_{l,p} \quad \rightarrow \quad Q_t = 15415 \text{ MJ}$$

FABBISOGNO ENERGETICO PER PRODUZIONE DI ACS (CTI R03/3)

$$Q_{h,w} = V_w \cdot \rho \cdot c \cdot t \cdot (T_w - T_0) \quad \rightarrow \quad Q_{hw} = 8635 \text{ MJ}$$

$Q_{h,w}$ = fabbisogno di energia utile per la produzione di acs [MJ]

V_w = portata giornaliera di acs durante il periodo di calcolo [m^3/giorno]

T_w = temperatura di erogazione acs = 40°C

T_0 = temperatura di rete dell'acqua fredda = 15°C

$$V_w = m_w \cdot S \cdot f_{\text{bagni}} = 450 \text{ l/giorno}$$

$$m_w = 1.5 \text{ l/m}^2\text{giorno} \quad (S \geq 200 \text{ m}^2)$$

$$f_{\text{bagni}} = 1.33 \text{ (2 bagni)}$$

FABBISOGNO ENERGETICO PER IL RISCALDAMENTO (UNI 10379-UNI 832-UNI 13790)

$$Q_{R+ACS} = Q_h + Q_w + Q_t$$



$$Q = 81608 \text{ MJ}$$

UNI EN 832

$$Q = Q_h + Q_t$$



$$Q = 72947 \text{ MJ}$$

UNI EN 1370 (senza acs)

Indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale

$$EP_i = \frac{Q}{3.6 \cdot S_{netta}}$$



$$EPI = 113.2 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$$

Fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale

$$FEP = \frac{Q}{3.6}$$



$$FEP = 20270 \text{ kWh/anno}$$

CALCOLO EPI LIMITE (D.Lgs. 192/2005 come modificato D.Lgs 311/2006)

TABELLA 1.2		EP _i limite dal 1 gennaio 2008								
		Valori limite per la climatizzazione invernale espressi in kWh/m ² anno								
S/V	Zona climatica									
	A	B		C		D		E		F
	<600 GG	601 GG	900 GG	901 GG	1400 GG	1401 GG	2100 GG	2101 GG	3000 GG	>3000 GG
≤0.2	9.5	9.5	14	14	23	23	37	37	52	52
≥0.9	41	41	55	55	78	78	100	100	133	133

Rapporto S/V = 0.85 → EP_ilimite = 123.9 kWh/m²anno > 113.2 kWh/m²anno = EPI
(119.8 m²)

TABELLA 1.1		EP _i limite								
		Valori limite per la climatizzazione invernale espressi in kWh/m ² anno								
S/V	Zona climatica									
	A	B		C		D		E		F
	<600 GG	601 GG	900 GG	901 GG	1400 GG	1401 GG	2100 GG	2101 GG	3000 GG	>3000 GG
≤0.2	10	10	15	15	25	25	40	40	55	55
≥0.9	45	45	60	60	85	85	110	110	145	145



Attestato di qualificazione energetica