

# Cooling & Heating DESIGN

Stima Carichi termici  
estivi e dispersioni  
invernali

*Versione 2.1 • Marzo 2020*



# Indice

<b>1. Introduzione .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Flow chart Cooling&amp;Heating Design 2.1.....</b>	<b>6</b>
<b>3. Dati di input preliminari .....</b>	<b>7</b>
3.1 – Maschera iniziale.....	7
3.2 – Archivio materiali .....	7
3.3 – Archivio opachi.....	8
3.4 – Archivio serramenti vetrati .....	9
3.5 – Archivio zone esterne.....	10
3.6 – Archivio progetti lavorati .....	11
3.7 – Condizioni di Progetto.....	12
<b>4. Definizione edificio di calcolo .....</b>	<b>13</b>
4.1 – Definizione involucro .....	13
4.2 – Opachi di progetto .....	14
4.3 – Serramenti vetrati di progetto .....	15
<b>5. Caratterizzazione scambi termici .....</b>	<b>16</b>
5.1 – Ventilazione & carichi endogeni.....	16
5.2 – Scambi termici con l’ambiente esterno.....	17
5.3 – Scambi termici con zone esterne all’edificio impianto.....	18
5.4 – Scambio con il terreno .....	19
<b>6. Calcolo finale.....</b>	<b>20</b>
6.1 – Carichi termici estivi: Ventilazione e carichi endogeni .....	20
6.2 – Carichi termici estivi: opachi-vetri.....	21
6.3 – Dispersioni invernali: Ventilazione-opachi-vetri.....	22
6.4 – Carichi termici estivi e dispersioni invernali: zone esterne .....	23
6.5 – Stampa .....	24
<b>7. Relazione di calcolo .....</b>	<b>25</b>
7.1 – Flussi termici e carico termico di raffreddamento .....	25
7.2 – Dati di riferimento per il calcolo degli impianti di climatizzazione estiva.....	27

7.3 – Flussi istantanei di calore in regime estivo.....	27
7.4 – Calcolo del carico termico estivo con metodo RTS.....	28
7.4.1 – Ipotesi e principi .....	28
7.4.2 – Procedura di calcolo .....	30
7.4.3 – Apporto termico attraverso le superfici esterne.....	31
7.4.4 – Apporto termico attraverso le superfici interne .....	34
7.4.5 – Calcolo del carico di raffreddamento .....	35
7.5 – Calcolo delle dispersioni termiche invernali.....	38
7.5.1 – Procedura di calcolo del carico termico di dispersione.....	39
<b>7. Bibliografia.....</b>	<b>41</b>

# 1. Introduzione

---

Il presente manuale illustra il programma Cooling & Heating Design 2.1. relativo al calcolo delle rientrate di calore estive attraverso il metodo RTS (ASHRAE 2009) e delle dispersioni invernali.

Il calcolo dei carichi termici estivi, rispetto a quello delle dispersioni invernali, richiede una più difficile valutazione vista la molteplicità dei fattori da considerare per la stima dei carichi ambiente. In particolare, mentre per il calcolo delle dispersioni invernali si fa riferimento a condizioni stazionarie (si assume cioè che la temperatura dell'aria esterna rimanga costante nel corso della giornata e pari al valore di progetto) nel caso delle rientrate estive tale discorso viene a cadere a seguito dell'estrema variabilità dei flussi termici legati alla radiazione solare.

Si parla, infatti, di carichi termici estivi “rotanti” estremamente variabili nel corso della giornata e strettamente influenzati dalle caratteristiche inerziali delle strutture, responsabili di fenomeni di attenuazione e sfasamento temporale del carico termico effettivo rispetto all'apporto di calore istantaneo.

Tale apporto istantaneo (space heat gain) è definibile come la quantità di calore che entra all'interno dello spazio occupato in un dato istante. La stima dei carichi termici estivi si basa sul calcolo della quantità di calore effettivo che incide sullo spazio confinato considerando che la somma di tutti i flussi termici ad un dato istante non eguaglia il carico di raffreddamento, per l'ambiente considerato, allo stesso istante. Il calore dovuto alla radiazione solare deve essere prima assorbito dalle superfici di delimitazione del locale (pareti, porte, soffitti etc) e dagli oggetti in esso contenuti (arredi); allorché la temperatura di questi supera quella dell'aria ambiente, una parte del calore assorbito viene trasferito per convezione ed irraggiamento all'ambiente circostante. La capacità della struttura di immagazzinare il calore è responsabile quindi della differenza sostanziale che sta alla base dei concetti di apporto di calore istantaneo e carico di raffreddamento. Particolare attenzione va posta nello studio di tali fenomeni onde evitare di commettere errori grossolani che potrebbero far lievitare in modo considerevole i costi impiantistici. In Italia molti impianti presentano sovradimensionamenti rispetto alle reali esigenze estive e questo è dovuto proprio all'approccio arcaico di considerare lo scambio termico in regime estivo stazionari così come nel modello matematico in regime invernale.

Il software in questione si preoccupa di agevolare entrambi i calcoli e la peculiarità dell'applicativo sviluppato è quella di ottenere dei report facilmente verificabili, per poter analizzare incongruenze inserite ed eventualmente eseguire anche delle verifiche di calcolo a campione.

Non possiamo aspettarci calcoli congruenti nel caso di inserimento di dati errati (input), ma analizzando i report (output) è possibile effettuare una verifica, rispetto a quanto si aveva intenzione di calcolare, e questa è peculiarità dell'applicativo.

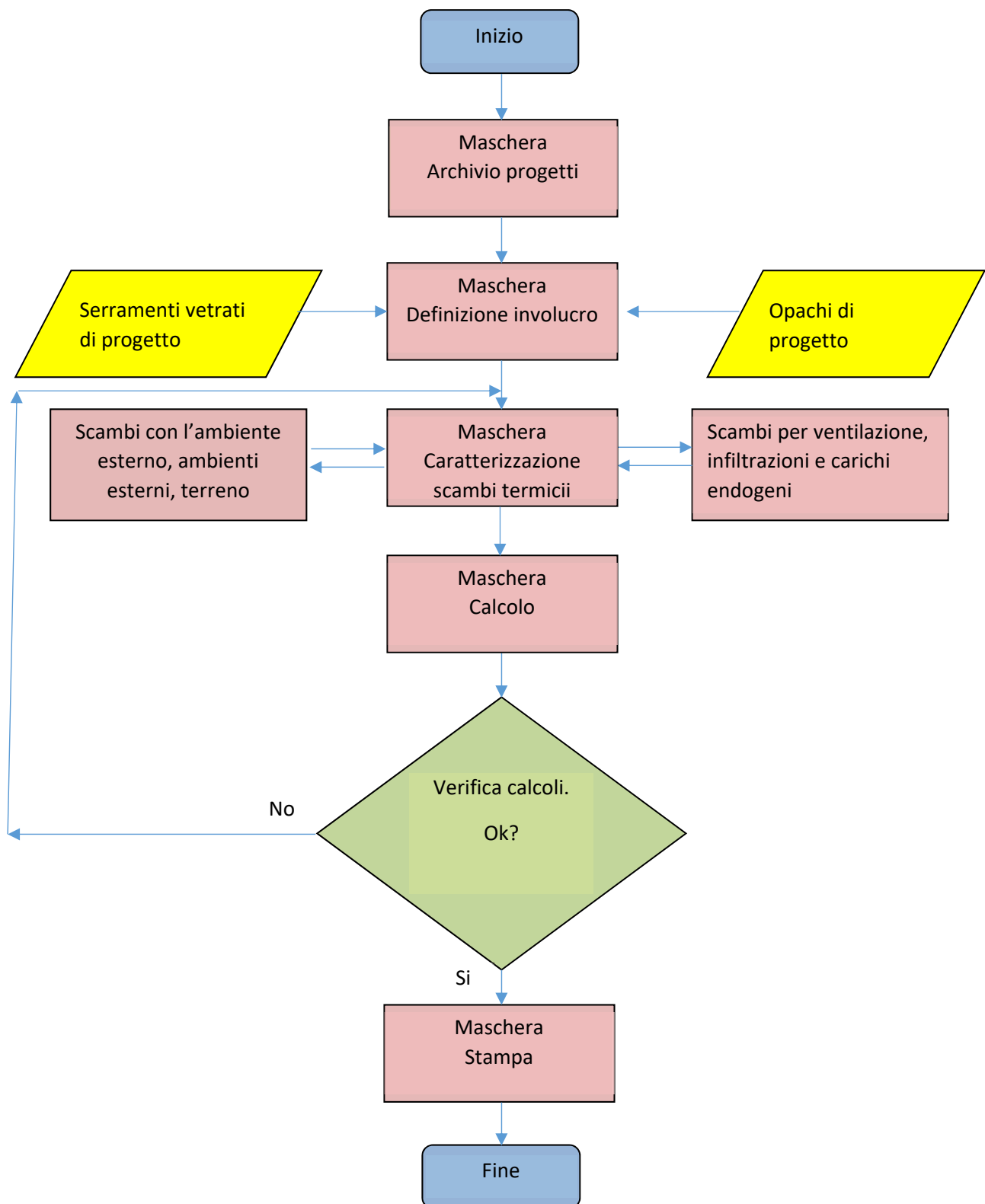
Essere in possesso di uno strumento immediato, affidabile e sicuro, ma descrittivo nel report al punto da poter verificare le fasi di calcolo, determina una condizione di maggiore velocità di calcolo.

La tendenza è di utilizzare programmi che interagiscono in modo grafico per l'input dei dati, solitamente si utilizza lo stesso CAD grafico direttamente sui disegni esecutivi per rilevare, mediante opportune utilities, i dati geometrici necessari. In realtà l'evoluzione dei CAD è ben più complessa tendendo verso i BIM (Building Information Management) che dovrebbero rendere possibile una progettazione integrata e globale degli edifici (architettura e impianti).

Va tenuto presente, tuttavia, che spesso i vincoli dettati dall'utilizzo del software grafico non sono trascurabili e ciò porta spesso a impiegare molto più tempo rispetto ad un classico input manuale magari assistito dallo stesso software.

La filosofia con la quale si è concepito questo applicativo è quella di una velocità di inserimento dati, predisponendo dati di default che velocizzano le fasi di input e, come si è già evidenziato, fornire i listati finali in un formato tale da poterne poi facilmente verificarne la congruenza.

## 2. Flow chart Cooling&Heating Design 2.1



### 3. Dati di input preliminari

#### 3.1 – Maschera iniziale



Dalla maschera iniziale è possibile proseguire nella navigazione dei progetti lavorati o accedere agli archivi dell'applicativo.

#### 3.2 – Archivio materiali

Cooling & Heating Design 2.1							
Archivio materiali							
Chiudi							
Tipologia: <input type="text" value="INTO"/>							
Codice	Descrizione	s	R	$\lambda$	$\rho$	Cs	$\delta_a 10^{12}$
		(m)	(m <sup>2</sup> K/W)	(W/mK)	(Kg/m <sup>3</sup> )	(KJ/kgK)	(Kg/mPa)
INTO 1	Rinzafo a malta cementizia 2000 kg/mc per esterno			1,4	2000	0,84	6,25
INTO 2	Intonaco civile di cemento, sabbia e calce 1800 kg/mc			0,9	1800	0,84	9,38
INTO 3	Finitura con intonaco bagnato			0,9	1800	0,91	19
INTO 4	Intonaco civile con rete porta intonaco			0,9	1800	0,91	19
INTO 5	Intonaco di calce e gesso			0,7	1400	0,84	19
INTO 6	Intonaco strutturale di finitura con leganti minerali e sabbia di marmo, alta permeabilità			0,7	1400	0,84	22
INTO 7	Intonaco strutturale a granulometria e microporosità controllate			0,6	2000	0,84	13

La maschera dell'archivio materiali, non modificabile, presenta le caratteristiche termiche e dimensionali di Intonaci, Carta, Calcestruzzi, Impermeabilizzazioni, Intercapedini, Isolanti, Legnami, Metalli, Materiali di riempimento, Murature, Materie plastiche, Pavimenti, Rocce, Solette e Altri.

Da specifiche liste di valori sarà possibile successivamente modificare l'archivio Opachi o il singolo opaco di progetto che potrà essere modificato solo con materiali in questa maschera censiti.

### 3.3 – Archivio opachi

Cooling & Heating Design 2.1

## Archivio opachi

**Chiudi**      **Archivio materiali**

Tipologia: Parete Esterna

Codice	Descrizione
PARE 1	Pannello prefabbricato in calcestruzzo da 1800 kg/mc, porzione interamente in CLS (senza isolamento)
PARE 2	Pannello prefabbricato in calcestruzzo da 1800 kg/mc con interposto isolante in polistirolo espanso da 8 cm
PARE 3	Pannello prefabbricato in calcestruzzo da 2400 kg/mc, porzione interamente in CLS (senza isolamento)
PARE 4	Pannello prefabbricato in calcestruzzo da 1800 con interposto isolante in polistirolo espanso da 8 cm

Categoria	Codice	Descrizione	s (m)	$\lambda$ (W/mK)	$R_{\text{note}}$ (m <sup>2</sup> K/W)	s note (m)	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	Cs (kJ/kg K)	$\delta \cdot 10^{12}$ (Kg/maPa)	C (W/m <sup>2</sup> K)	R (m <sup>2</sup> K/W)
Spessore totale:			0,160	Strato liminare della superficie verticale interna						hi= 7,69	0,130
CLS	CLS 7	Calcestruzzo di sabbia e ghiaia	0,16	1,16			2000	0,88	2,9	7,25	0,138
Strato liminare della superficie verticale esterna (vento < 4m/s)										he= 25,00	0,040
N° strati: 1			Massa [kg/m <sup>3</sup> ]: 320,0		Capacità [kJ/m <sup>2</sup> K]: 281,6		Termotrasmittanza [W/m <sup>2</sup> K]: 3,247		Resistenza termica totale: 0,308		

La maschera dell'archivio opachi, modificabile, presenta le caratteristiche termiche e dimensionali di 92 Pareti esterne, 70 Coperture, 12 Pavimenti esterni, 24 Pareti interne, 23 Solali intermedi interni, 7 Serramenti opachi esterni, 6 Serramenti interni. Particolare attenzione andrà riposta nel numero degli strati di cui consta l'opaco di archivio, per poter successivamente importarlo nel progetto corrente, e anche modificarlo nei componenti singoli, nella consistenza ma non nel numero degli strati.



## 3.4 – Archivio serramenti vetrati

Cooling & Heating Design 2.1

**Archivio serramenti vetrati**

Chiudi

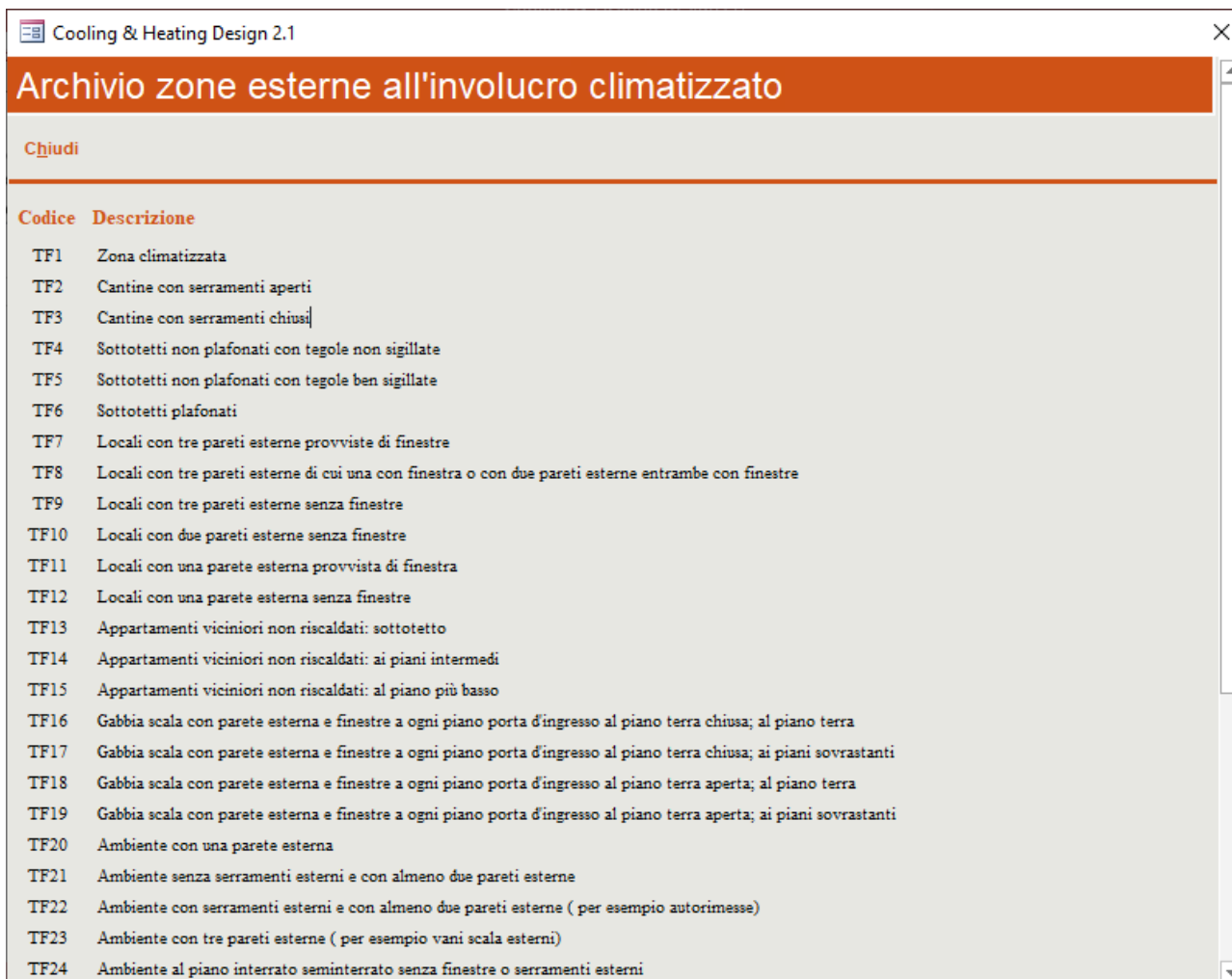
Vetro singolo Doppio Vetro Triplo Vetro

Codice	Larghezza (m)	Altezza (m)	Area $A_g$ (m <sup>2</sup> )	Perimetro $I_p$ (m)	Tipo	Descrizione della superficie vetrata	SHGC (FS)	Shading (SC)	Spessore vetro (mm)	Fc	Telaio $A_g$ (m <sup>2</sup> )	Tipo	Trasmittanze (W/m <sup>2</sup> K)
													$U_g$ $U_f$ $U_w$
▶ SERV	Serramento apribile ad una anta, telaio in PVC 2 camere. SC = 0,99												
1	0,60	1,20	0,55	3,0	1a	Singolo vetro non trattato, Chia	0,86	0,99	3	1,00	0,17	Metall. 36	5,79 2,13 4,93
SERV	Serramento vetrato in vetro semplice, telaio in PVC 3 camere. SC = 0,93												
2	0,60	1,20	0,55	3,0	1b	Singolo vetro non trattato, Chia	0,81	0,93	6	1,00	0,17	PVC 3	5,71 2,00 4,83
SERV	Serramento vetrato in vetro semplice, telaio in Larice s= 50 mm. SC = 0,84												
3	0,70	1,20	0,60	3,2	1c	Singolo vetro non trattato, Bror	0,73	0,84	3	1,00	0,24	Legn 1	5,79 2,00 4,71
SERV	Serramento vetrato in vetro semplice, telaio in Douglas s= 60 mm. SC = 0,71												
4	0,90	1,20	0,75	3,4	1d	Singolo vetro non trattato, Bror	0,62	0,71	6	1,00	0,33	Legn 2	5,71 1,90 4,54
SERV	Serramento vetrato in vetro semplice, telaio in Hemlock s= 70 mm. SC = 0,80												
5	0,90	1,20	0,75	3,4	1e	Singolo vetro non trattato, Veri	0,70	0,80	3	1,00	0,33	Legn 3	5,79 1,80 4,57
SERV	Serramento vetrato in vetro semplice, telaio in Rovere s= 50 mm. SC = 0,69												
6	1,20	1,40	0,68	4,4	1f	Singolo vetro non trattato, Veri	0,60	0,69	6	1,00	1,00	Legn 4	5,71 2,40 3,74
SERV	Serramento vetrato in vetro semplice, telaio in Mogano s= 60 mm. SC = 0,80												
7	1,20	1,40	0,68	4,4	1g	Singolo vetro non trattato, Grig	0,70	0,80	3	1,00	1,00	Legn 5	5,79 2,20 3,65
SERV	Serramento vetrato in vetro semplice, telaio in Iroko s= 70 mm. SC = 0,68												
8	1,20	1,40	0,68	4,4	1h	Singolo vetro non trattato, Grig	0,59	0,68	6	1,00	1,00	Legn 6	5,71 2,10 3,56
SERV	Serramento vetrato in vetro semplice, telaio in Alluminio taglio freddo. SC = 0,71												
9	1,20	1,40	0,68	4,4	1i	Singolo vetro non trattato, Blu	0,62	0,71	6	1,00	1,00	Metall. NO	5,71 5,88 5,81
SERV	Serramento vetrato in vetro semplice, telaio in alluminio taglio termico (Dist. tra le sezioni taglio 8 mm). Vetro riflettente SC = 0,22												
10	1,20	1,40	0,68	4,4	1j	Singolo vetro riflettente, Acciai	0,19	0,22	10	1,00	1,00	Metall. 8	5,60 3,27 4,21

La maschera dell'archivio serramenti vetrati, modificabile, presenta le caratteristiche termiche e dimensionali di 15 serramenti dotati di vetro singolo, 60 dotati di doppio vetro, 24 dotati di triplo vetro.

Particolare attenzione andrà riposta nella tipologia di serramento, per poter successivamente importarlo nel progetto corrente, e anche modificarlo nei componenti singoli, nella consistenza ma non nella tipologia del tipo di vetro.

### 3.5 – Archivio zone esterne



Cooling & Heating Design 2.1

Archivio zone esterne all'involucro climatizzato

Chiudi

Codice	Descrizione
TF1	Zona climatizzata
TF2	Cantine con serramenti aperti
TF3	Cantine con serramenti chiusi
TF4	Sottotetti non plafonati con tegole non sigillate
TF5	Sottotetti non plafonati con tegole ben sigillate
TF6	Sottotetti plafonati
TF7	Locali con tre pareti esterne provviste di finestre
TF8	Locali con tre pareti esterne di cui una con finestra o con due pareti esterne entrambe con finestre
TF9	Locali con tre pareti esterne senza finestre
TF10	Locali con due pareti esterne senza finestre
TF11	Locali con una parete esterna provvista di finestra
TF12	Locali con una parete esterna senza finestre
TF13	Appartamenti vicini non riscaldati: sottotetto
TF14	Appartamenti vicini non riscaldati: ai piani intermedi
TF15	Appartamenti vicini non riscaldati: al piano più basso
TF16	Gabbia scala con parete esterna e finestre a ogni piano porta d'ingresso al piano terra chiusa; al piano terra
TF17	Gabbia scala con parete esterna e finestre a ogni piano porta d'ingresso al piano terra chiusa; ai piani sovrastanti
TF18	Gabbia scala con parete esterna e finestre a ogni piano porta d'ingresso al piano terra aperta; al piano terra
TF19	Gabbia scala con parete esterna e finestre a ogni piano porta d'ingresso al piano terra aperta; ai piani sovrastanti
TF20	Ambiente con una parete esterna
TF21	Ambiente senza serramenti esterni e con almeno due pareti esterne
TF22	Ambiente con serramenti esterni e con almeno due pareti esterne ( per esempio autorimesse)
TF23	Ambiente con tre pareti esterne ( per esempio vani scala esterni)
TF24	Ambiente al piano interrato seminterrato senza finestre o serramenti esterni

La maschera specifica descrive l'archivio delle zone interne all'involucro edilizio ma esterne all'impianto che è possibile utilizzare nell'applicativo. La maschera non è modificabile e fa riferimento ad entrambe le Norme UNI 7357 e le più recenti UNI 11300.

### 3.6 – Archivio progetti lavorati

Cooling & Heating Design 2.1				
Archivio progetti				
Chiudi	Nuovo	Modifica	Elimina	Condizioni di progetto
Definizione dell'involucro				
Progetto	Oggetto	Indirizzo	Città	Data
Uffici	Ristrutturazione impianti	Via Roma 15	Napoli	20/01/2020
AICARR	Esempio di calcolo 1	Via Roma, 185	Milano	10/02/2020
Galatina	Ristrutturazione Impianto CDZ	Piazza Dante Alighieri	Galatina	20/02/2020
Prova	Prova	Via Roma	Milano	24/02/2020
Progetto 14 1 di 4 Nessun filtro Cerca				

Da questo punto del programma in poi per proseguire nel calcolo e nella navigazione è necessario individuare la dicitura in alto a destra delle maschere (in grassetto) mentre, per ritornare alla schermata precedente, il riferimento è sempre in alto ma a sinistra.

Nella specifica maschera a destra si presenta la funzione “Definizione dell’involucro” e a sinistra “Chiudi”. L’archivio progetti presenta anche le funzionalità di Nuovo/Modifica/Elimina di facile intuizione.

Ultimo ramo di navigazione è quello delle Condizioni di progetto di seguito illustrato.

### 3.7 – Condizioni di Progetto

Cooling & Heating Design 2.1 - Condizioni di progetto

## Progetto: Prova1

**Chiud**

Località: <b>Milano (MI)</b> Altitudine= 122 m Zona climatica= E Gradi-Giorno= 2404	Contesto ambientale: <b>Metropoli</b> Relazione con altri edifici : <b>Altezza similare</b>
Pressione barometrica: <b>99,868 kPa</b>	Altitudine di progetto : <b>122 (m)</b>
Località climatica di riferimento per il condizionamento estivo: <b>Milano Linate</b>	Località climatica di riferimento per il riscaldamento invernale: <b>Milano</b>
Altitudine (m): <b>103</b> Latitudine Nord: <b>45°26'</b> Temperatura b.s. (°C): <b>32</b> Umidità Relativa (%): <b>47,6</b> Temperatura b.u. (°C): <b>23,1</b> Entalpia (kJ/kg): <b>69,0</b> Escursione termica giornaliera (°C): <b>12,0</b> Escursione termica annuale (°C): <b>37,0</b> Mese più caldo: <b>Luglio-Agosto</b>	Altitudine (m): <b>122</b> Latitudine Nord: <b>47°27'</b> Temperatura b.s. (°C): <b>-5</b> Umidità Relativa (%): <b>85,4</b> Temperatura b.u. (°C): <b>-5,6</b> Entalpia (kJ/kg): <b>0,3</b> Zona di vento: <b>1</b> Direzione prevalente: <b>SW</b> Velocità media annuale (m/s): <b>1,1</b>
<b>Correzioni</b> Tbse : <b>34,0</b> °C URe : <b>42,4</b> % Tbue : <b>23,7</b> °C Entalpia : <b>71,1</b> kJ/kg	<b>Dati di progetto</b> Tbse : <b>34,0</b> °C URe : <b>42,4</b> % Tbue : <b>23,6</b> °C Entalpia : <b>71,1</b> kJ/kg
<b>Correzioni</b> Tbse : <b>-5,0</b> °C URe : <b>85,4</b> % Tbue : <b>-5,6</b> °C Entalpia : <b>0,3</b> kJ/kg	<b>Dati di progetto</b> Tbse : <b>-5,0</b> °C URe : <b>85,3</b> % Tbue : <b>-5,6</b> °C Entalpia : <b>0,3</b> kJ/kg
Coefficiente di limpidezza atmosferico (CN): <b>1,00</b> Coefficiente di riflessione del terreno (Albedo p): <b>0,20</b> Giorno di calcolo: <b>21</b> Mese di calcolo: <b>Luglio</b> Ora legale: <b>No</b>	Zona climatica= E Gradi-Giorno= 2404 Periodo di riscaldamento= dal 15-10 al 15-04 Durata del riscaldamento= 183 gg 14 ore al giorno

I dati delle condizioni esterne di progetto in questa maschera sono suddivisi in due colonne, Lato raffrescamento e lato riscaldamento.

In caso di modifica della località di progetto, le due località di riferimento (Estate/Inverno) si aggiornano automaticamente, il programma individua le località più vicine in termini di distanza chilometrica tabellate dalle Norme. Le correzioni in base alle specificità della località sono riportate a video e le stesse possono essere importate come dati di progetto attraverso le due frecce dedicate. Completano la maschera i dati specifici per solo calcolo estivo da valorizzare in basso a sx. Per velocizzare il calcolo nel caso di sole stime preliminari, il programma popola tutti i campi con la località di default indicata in fase di acquisto della licenza.

Il progettista potrà successivamente inserire la località di progetto per consentire di effettuare i calcoli di irraggiamento specifico.

## 4. Definizione edificio di calcolo

### 4.1 – Definizione involucro

Cooling & Heating Design 2.1 - Definizione dell' involucro

**Progetto: Prova1**

Archivio progetti   Inserisci   Cancella   Opachi di progetto   Chiusure trasparenti di progetto   **Caratterizzazione scambi termici**

Oggetto: Prova

**Fabbricati (involucro edilizi)**

► Unico

Secondo

**Piani (dall'alto in basso)**

► Unico

\*

**Zone termiche**

► Unico

\*

**Località**

Milano

Regione= Lombardia

Contesto ambientale= Metropoli

Altezza similare ad altri edifici

Altitudine= 122 s.l.m.

Ambienti	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Volume [m <sup>3</sup> ]	Alt. media [m]	Codice	Trattamento	T <sub>int</sub> Raffr. [°C]	UR Raffr.	T <sub>int</sub> Risc. [°C]	Tipologia
► Unico	20,00	60	3,00	00000	Clima	26,0	50%	21,0	M-50
*									

La descrizione del progetto passa per la definizione obbligatoria dell'alberatura delle strutture partendo dai fabbricati di progetto, piani, etc., fino ad arrivare ad indicare la consistenza e la tipologia del singolo ambiente, con valori di default per le condizioni estive & invernali. Anche in questo caso il programma inserisce dati di default per un rapido calcolo in caso di sola stima come ad esempio il peso a mq dell'ambiente, fermo restando che poi, a calcolo ultimato, si potrà verificare se la valutazione preliminare è stata centrata oppure è necessario correggere il dato per applicare le serie temporali di trasferimento più adeguate allo specifico ambiente.

Cooling & Heating Design 2.1

Opachi di progetto

Chiudi

Cancella

Archivio materiali

Tipologia:

Parete Esterna

Importa da Archivio strutture opache

Duplica opaco

Codice

Descrizione

PARE

1

Pannello prefabbricato in calcestruzzo da 1800 kg/mc, porzione interamente in CLS (senza isolamento)

Categoria	Codice	Descrizione	s (m)	$\lambda$ (W/mK)	$R_{\text{note}}$ (m <sup>2</sup> K/W)	s note (m)	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	Cs (kJ/kg K)	$\delta \cdot 10^{12}$ (Kg/msPa)	C (W/m <sup>2</sup> K)	R (m <sup>2</sup> K/W)		
(Strati dall'interno verso l'esterno)													
Spessore totale:			0,160	Strato liminare della superficie verticale interna								hi= 7,69	0,130
PARE	CLS	CLS 7	Calcestruzzo di sabbia e ghiaia	0,16	1,16			2000	0,88	2,9	7,25	0,138	

Strato liminare della superficie verticale esterna (vento < 4m/s)

he= 25,00

0,040

N° strati:

1

Massa [kg/m<sup>3</sup>]:

320,0

Capacità [kJ/m<sup>2</sup>K]:

281,6

Termotrasmittanza [W/m<sup>2</sup>K]:

3,247

Resistenza termica totale:

0,308

## 4.3 – Serramenti vetrati di progetto

Dalla maschera Definizione dell'involucro è necessario importare dall'archivio dei serramenti vetrati quelli da abbinare allo specifico progetto e, nel caso differiscano da quelli presenti in archivio, importarli e poi modificarli. La modifica può riguardare la tipologia e la consistenza del serramento ma non la tipologia (vetro singolo/doppio/triplo). È possibile duplicare un serramento vetrato nel caso che le differenze tra quelli da riportare nel progetto siano minime, magari solo nelle dimensioni, e quindi apportare le lievi modifiche a partire da un serramento già importato/modificato.

Cooling & Heating Design 2.1

### Serramenti vetrati di progetto

[Chiudi](#) [Cancella](#)

[Vetro singolo](#) [Doppio Vetro](#) [Triplo Vetro](#) [Importa da Archivio](#) [Duplica serramenti vetrati](#)

Codice	Larghezza (m)	Altezza (m)	Area $A_g$ (m <sup>2</sup> )	Perimetro $I_g$ (m)	Tipo	Descrizione della superficie vetrata	SHGC (FS)	Shading (SC)	Spessore vetri/intercapedini (mm)	Gas	Fc	$A_g$ (m <sup>2</sup> )	Telaio Tipo	Giunto $\Psi_g$ (W/mK)	Trasmittanze (W/m <sup>2</sup> K)	$U_g$	$U_f$	$U_w$	
► SERV	Serramento apribile ad una anta, alluminio taglio termico (d. tra le sezioni=16mm), vetro-camera 4-6-4 e veneziana interposta. SC =																		
1	0,60	1,20	0,55	3,0	5j	Doppio vetro non trattato, Ver	0,39	0,45	4	6	4	A	0,70	0,17	Metall. 12	0,06	3,30	2,84	3,44

# 5. Caratterizzazione scambi termici

## 5.1 – Ventilazione & carichi endogeni

Cooling & Heating Design 2.1 - Caratterizzazione degli scambi termici degli ambienti

**Progetto: Prova1**

Definizione dell'involucro Cancellata Calcolo

**Oggetto:** Prova

Ventilazione-Carichi endogeni Scambi termici con l'ambiente esterno Scambi termici con zone/ambienti esterni all'impianto Scambio con il terreno - ( Se dispersione solo invernale )

Fabbricati	Piani	Zone	Ambienti	Codice	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Altezza [m]	Volume [m <sup>3</sup> ]
Unico	Unico	Unico	Unico	00000	20,00	3,00	60
Secondo							

**Profili orari di utilizzo**

	24:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
Affollamento/ventilazione:	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	50%	0%	0%	0%	0%	0%
Illuminazione:	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	50%	0%	0%	0%	0%	0%
Apparati/macchine interne:	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	50%	0%	0%	0%	0%	0%

**Affollamento (persone)**

N°	Codice attività	Sensibile / Latente (W)
1	Met 8	75 / 55

**Portata aria esterna ( immissione )**

Codice ambiente	Maggiore portata minima (m <sup>3</sup> /h)	Portata di progetto (m <sup>3</sup> /h)
ASHRAE 38	22,0	31

**Illuminazione**

Tipo	Potenza (W)
Fluo 6	240

**Apparati/macchine**

Vapore (kg/h)	Potenza (W)
0,0	0

**Aria esterna ( infiltrazione )**

Estate (Volumi/h)	Inverno (Volumi/h)
0,0	0,0

**Portate minime**

(m <sup>3</sup> /hPers.)	(m <sup>3</sup> /h)
9	1,1

**Portate minime**

(m <sup>3</sup> /h)	(m <sup>3</sup> /h)
9	22,0

**Illuminazione minima ASHRAE Standard 90.1**

(W/m <sup>2</sup> )	(W)
12	240

La maschera per valorizzare la caratterizzazione degli scambi termici è stata suddivisa in schede. La prima è rappresentata dai profili orari di utilizzo estivo dell'affollamento, illuminazione e apparecchiature del singolo ambiente. Scorrendo gli ambienti è possibile inserire i dati relativi.

Il programma riporta sempre, in base ai dati inseriti, i calcoli delle scelte successive in base alle Norme lasciando al progettista la possibilità di confermare quanto suggerito o modificarlo. Importante notare che ogni ambiente dovrà necessariamente contenere un impianto di illuminazione. Per il calcolo della dispersione in regime invernale, la scheda in questione coinvolge solo le portate d'aria di immissione e quelle di infiltrazione in base alla tenuta degli infissi.

Nella valutazione delle dispersioni termiche di picco, i contributi positivi non saranno detratti dall'esigenza termica complessiva invernale.



## 5.2 – Scambi termici con l'ambiente esterno

Cooling & Heating Design 2.1 - Caratterizzazione degli scambi termici degli ambienti

**Progetto: Prova1**

Definizione dell'involucro    Cancella    Calcolo

**Oggetto:** Prova

Ventilazione-Carichi endogeni    Scambi termici con l'ambiente esterno    Scambi termici con zone/ambienti esterni all'impianto    Scambio con il terreno - ( Se dispersione solo invernale )

Fabbricati	Piani	Zone	Ambienti	Codice	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Altezza [m]	Volume [m <sup>3</sup> ]
Unico	Unico	Unico	Unico	00000	20,00	3,00	60
Secondo							

Codice	Descrizione	R (m <sup>2</sup> K/W)	M (kg/m <sup>2</sup> )	Colore opaco	Coeff. α	Superfici opaco netta (m <sup>2</sup> )	Eventuali serramenti vetrati		Aggetto superiore		Aggetto laterale						
							N°	Codice	Descrizione	Distanza (m)	Profondità (m)	Distanza (m)	Profondità (m)				
<b>Copertura inclinata</b>																	
Esp.    Inclinazione																	
<b>Pareti esterne</b>																	
▶ PARE-1	Pannello prefabbricato in calce-	0,308	320	Grigio/nero	0,90	S	90°	10,00	30,0	29,3	1	SERV-1	Serramento apribile ad una ant			0,20	0,03
*																	
<b>Parete verticale esterna con eventuale serramento opaco</b>																	
							S (m <sup>2</sup> )	Codice	Eventuale serramento opaco Descrizione								

La seconda scheda è suddivisa in 4 blocchi. Le prime due sono relative alle coperture esterne (piane e inclinate), con la possibilità di associare anche serramenti vetrati esterni. Il terzo gruppo è rappresentato dalle pareti esterne e anche per queste ultime è possibile indicare uno o più serramenti vetrati inseriti nelle stesse. Ultimo gruppo è quello di un'eventuale parete che, nel caso, può contenere stavolta un serramento opaco esterno. Una volta inseriti i serramenti i parametri dimensionali gli opachi relativi subiranno un controllo ed una logica e conseguenziale eventuale riduzione delle dimensioni nette.

Importantissimo ai fini del calcolo in regime estivo è l'introduzione di aggetti verticali/orizzontali ai lati o superiormente ai serramenti vetrati verticali per permettere una riduzione della superficie irraggiata e una conseguenziale riduzione di apporto di calore.

Cooling & Heating Design 2.1 - Caratterizzazione degli scambi termici degli ambienti

Progetto: Prova1

Definizione dell'involucro   CancellavCalcolo

Oggetto:

Prova

Ventilazione-Carichi endogeni  

FabbricatiPianiZoneAmbientiCodiceSuperficie [m²]Altezza [m]Volume [m³]

UnicoUnicoUnico0000020,003,0060

Secondo

Semi-condizionati

Solo riscaldamento

Solo raffreddamento

Raffrescamento estivo e riscaldamento invernale

CodiceSolaiosuperioreDescrizioneR(m²K/W)M(kg/m²)Lunghezza(m)S(m²)Eventuale serramento opacoCodi ce

PARETI

Muro interno divisorio in forati0,4899012,036,0TF26

\*Sottotetto: tasso di ventilazione elevato (tetti ri

Solaio inferiore

La terza scheda, per indicare gli scambi con strutture interne all'involucro, è suddivisa in 3 blocchi. Il primo è relativo ai solai intermedi superiori, il secondo alle pareti e il terzo ai solai intermedi inferiori. Nel secondo gruppo è possibile inserire anche eventuali serramenti interni.

L'inserimento di queste superfici scambianti ha un duplice effetto sul calcolo, nel caso di zone adiacenti a temperature diverse, calcolare in regime stazionario i flussi termici estivi ed invernali di cui sarà interessato l'ambiente e calcolare il peso a mq dello specifico ambiente per poi, a calcolo ultimato, verificare se le indicazioni preliminari circa il peso specifico del singolo ambiente, corrisponde a quanto preventivato al fine di applicare correttamente le Serie temporali radiative (RTS) che sono fortemente influenzate dal peso delle strutture. È necessario quindi inserire anche solai che confinano con ambienti interni all'edificio-impianto, evidenziando la zona esterna come climatizzata, non al fine di avere un contributo termico dalla superficie scambiante in regime estivo/invernale ma per calcolare il peso specifico complessivo dell'ambiente di calcolo che è fondamentale in regime di raffrescamento estivo.

## 5.4 – Scambio con il terreno

Cooling & Heating Design 2.1 - Caratterizzazione degli scambi termici degli ambienti

**Progetto: Maglie**

Definizione dell'involucro Cancellare Calcolo

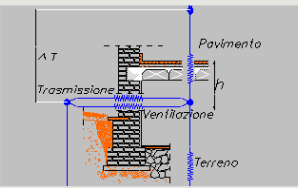
**Oggetto:** Ristrutturazione Impianto CDZ

Ventilazione-Carichi endogeni Scambi termici con l'ambiente esterno Scambi termici con zone/ambienti esterni all'impianto Scambio con il terreno - ( Se dispersione solo invernale )

Fabbricati	Piani	Zone	Ambienti	Codice	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Altezza [m]	Volume [m <sup>3</sup> ]
Unica	terra	Unica	Unico	000003	260,00	3,00	780
	Primo						
	Interrato						

**Pavimento su intercapedine ( UNI 13370 - 10 )**

$\lambda = 2,0$	Conduttività termica del terreno (W/mK)	
$H = 3$	Altezza media del piano interrato (m)	
<b>Pav = SOL-1</b>	Codice pavimento sul terreno	Resistenza termica del pavimento: <b>0,83</b> [m <sup>2</sup> K/W]
<b>A = 260,0</b>	Area dei pavimenti (m <sup>2</sup> )	
<b>P = 18,00</b>	Perimetro del pavimento (m)	
$w = 0,4$	Spessore medio delle pareti esterne dell'intercapedine (m)	
$h = 1,0$	Altezza del pavimento sul livello del terreno esterno (m)	
$e = 0,002$	Area delle aperture di ventilazione per unità di perimetro (m)	
$f_w = 0,02$	Coefficiente di protezione del vento	Velocità media del vento - V [m/s]: 1,0
<b>Pav = SOL-1</b>	Pavimento sospeso	Resistenza termica - R <sub>f</sub> : 0,66
<b>PE = PARE-1</b>	Pareti sopra il livello del terreno esterno	Resistenza termica - R <sub>w</sub> : 1,54
$d_g = 2,05$	Spessore equivalente totale - pavimento (m)	Trasmittanza termica della parte sospesa del pavimento $U_f = 1,515$ [W/m <sup>2</sup> K]
$B' = 28,89$	Dimensione caratteristica del pavimento (m)	Trasmittanza termica per il flusso attraverso il terreno $U_g = 0,164$ [W/m <sup>2</sup> K]
		Trasmittanza dell'intercapedine e per la ventilazione $U_{ve} = 0,047$ [W/m <sup>2</sup> K]
		Trasmittanza termica globale $U = 0,185$ [W/m <sup>2</sup> K]
		Dispersione in regime stazionario $Q_g = 45,21$ [W/K]



Temperatura di falda 15°C

La quarta scheda indica gli scambi con il terreno e contribuiscono solo alle dispersioni invernali in quanto, in regime estivo, le temperature del terreno sono tali da non contribuire con un carico termico positivo. In questo caso il contributo negativo estivo sarà trascurato dal programma in ottica di coefficiente di sicurezza.

## 6. Calcolo finale

### 6.1 – Carichi termici estivi: Ventilazione e carichi endogeni

Cooling & Heating Design 2.1 - Risultati di calcolo																			
Progetto: Uffici																			
Caratterizzazione scambi termici <a href="#">Stampa</a>																			
Oggetto: Ristrutturazione impianti																			
Carichi termici estivi: Ventilazione-Carichi endogeni																			
<div> <div>Fabbricati</div> <div> <div>Unico</div> <div>Terra</div> <div>Interrato</div> </div> </div> <div> <div>Piani</div> <div> <div>Climatizzata</div> <div>Non climatizzata</div> </div> </div> <div> <div>Zone</div> <div> <div>Ambienti climatizzati</div> <div>Ingresso/Attese 1</div> <div>Cassascale/Salotti</div> <div>Service 1</div> <div>Gestore Family 4</div> </div> </div>																			
<div> <div>Carico termico Max Ora Dispersione (W)</div> <div>125380 16 103693</div> </div> <div> <div>Carico termico Max Ora Dispersione (W)</div> <div>107539 16 83854</div> </div> <div> <div>Carico termico Max Ora Dispersione (W)</div> <div>107437 16 83801</div> </div> <div> <div>Carico termico Max Ora Dispersione (W)</div> <div>8740 15 8535</div> </div>																			
Ora	Profilo Illum.	Q <sub>convettivo</sub> (W)	Q <sub>radiante</sub> (W)	RTS (%)	Q <sub>radiazione</sub> (W)	Q <sub>infiltrazione</sub> (W)	Profilo Persone	Q <sub>convettivo</sub> (W)	Q <sub>radiante</sub> (W)	Q <sub>radiazione</sub> (W)	Q <sub>ventilazione</sub> (W)	Q <sub>ventilazione</sub> (W)	Q <sub>ventilazione</sub> (W)	Q <sub>ventilazione</sub> (W)	Q <sub>ventilazione</sub> (W)	Q <sub>ventilazione</sub> (W)	Q <sub>ventilazione</sub> (W)	Q <sub>ventilazione</sub> (W)	Q <sub>ventilazione</sub> (W)
24	0%			33	120	120	0%			31	31		9	406	0%			19	19
1	0%			16	106	106	0%			27	27		-3	406	0%			17	17
2	0%			10	96	96	0%			25	25		-15	406	0%			15	15
3	0%			7	90	90	0%			23	23		-25	406	0%			14	14
4	0%			5	83	83	0%			21	21		-32	406	0%			13	13
5	0%			4	76	76	0%			20	20		-34	406	0%			12	12
6	0%			3	70	70	0%			18	18		-29	406	0%			11	11
7	50%	496	164	332	3	173	50%	150	65	85	44	109	110	-75	1764	50%	175	123	53
8	100%	992	327	665	2	329	100%	300	129	171	85	214	220	31	3121	100%	350	245	105
9	100%	992	327	665	2	409	100%	300	129	171	105	234	220	270	3121	100%	350	245	105
10	100%	992	327	665	2	459	100%	300	129	171	118	247	220	545	3121	100%	350	245	105
11	100%	992	327	665	2	492	100%	300	129	171	127	256	220	856	3121	100%	350	245	105
12	100%	992	327	665	1	515	100%	300	129	171	133	262	220	1149	3121	100%	350	245	105
13	100%	992	327	665	1	532	100%	300	129	171	137	266	220	1369	3121	100%	350	245	105
14	100%	992	327	665	1	545	100%	300	129	171	140	269	220	1515	3121	100%	350	245	105
15	100%	992	327	665	1	555	100%	300	129	171	143	272	220	1570	3121	100%	350	245	105
16	100%	992	327	665	1	562	100%	300	129	171	144	273	220	1515	3121	100%	350	245	105
17	100%	992	327	665	1	572	100%	300	129	171	147	276	220	1387	3121	100%	350	245	105
18	50%	496	164	332	1	475	50%	150	65	85	122	187	110	670	1764	50%	175	123	53
19	0%			1	322	322	0%			83	83			123	406	0%			51
20	0%			1	243	243	0%			62	62			92	406	0%			38
21	0%			1	193	193	0%			50	50			66	406	0%			30
22	0%			1	160	160	0%			41	41			42	406	0%			25
23	0%			0	136	136	0%			35	35			23	406	0%			22

Il calcolo complessivo finale è stato suddiviso in schede per permettere un più rapido consulto in previsione della stampa finale. La prima scheda rappresentata, suddivisa per ambienti, i soli carichi termici in regime estivo, all'illuminazione e all'affollamento, riportando l'ora di calcolo i profili di utilizzo, i Fattori RTS applicati all'ambiente e le suddivisioni tra carico convettivo e contributo radiativo. La componente latente della ventilazione, dovuta ad apparecchiature di produzione di vapore specifiche e all'affollamento, viene riportata come apporto istantaneo in base al profilo di utilizzo. La sola componente latente dovuta all'infiltrazione è considerata costante nel corso della giornata di calcolo. Il massimo istantaneo per ogni ambiente e il massimo contemporaneo rispettivamente per le zone, piani, edifici è riportato sotto i riepiloghi relativi insieme alle dispersioni in regime invernale, che essendo valutate in regime stazionario, sono riportate senza nessun ora di calcolo. Tali indicazioni di riepilogo sono presenti per le successive schede di seguito indicate.

## 6.2 – Carichi termici estivi: opachi-vetri

Cooling & Heating Design 2.1 - Risultati di calcolo

Progetto: Uffici

Caratterizzazione scambi termici

Stampa

Oggetto: Ristrutturazione impianti

Carichi termici estivi: Ventilazione-Carichi endogeni

Carichi termici estivi: Opachi-Vetri

Dispersioni invernali: Ventilazione-Opachi-Vetri

Carichi termici estivi e dispersioni invernali: Zone esterne

Fabbricati

Unico

Piani

Terra

Interrato

Zone

Climatizzata

Non climatizzata

Ambienti climatizzati

Ingresso/Attesa 1

Cassascale/Salotti

Service 1

Gestore Family 4

▲ Opachi

PARE-6

PARE-5

N

N

Parete

Parete

90°

90°

Serramenti

SERV-1

Carico termico Max Ora

Dispersione (W)

125390

16

103693

Carico termico Max Ora

Dispersione (W)

107539

16

83854

Carico termico Max Ora

Dispersione (W)

107437

16

83801

Carico termico Max Ora

Dispersione (W)

8740

15

8535

Ora	AST	H (°)	β (°)	φ (°)	E <sub>ext</sub> (W/m²)	θ (°)	E <sub>tot</sub> (W/m²)	E <sub>cond</sub> (W/m²)	Y	E <sub>ext</sub> (W/m²)	E <sub>tot</sub> (W/m²)	T <sub>i</sub> (°C)	q <sub>t</sub> (W)	CTS (%)	q <sub>r</sub> (W)	Q <sub>conv</sub> (W)	Q <sub>rad</sub> (W)	RTS NSolar	Q <sub>rad</sub> (W)	Q <sub>conv</sub> (W)	SHGC	q <sub>tot</sub> (W)	RTS Solar	Q <sub>tot</sub> (W)	SHGC Emis	q <sub>tot</sub> (W)	q <sub>cond</sub> (W)	q <sub>tot</sub> (W)	Q <sub>conv</sub> (W)	Q <sub>rad</sub> (W)	Q <sub>Solar</sub> (W)	Q <sub>conv</sub> (W)
24	22,8	162	11	161	32							26,4	4	1,4	77	29	49	33	43	72							5	5	2	3	35	37
1	23,8	177		176	29							25,9	-1	1,4	74	27	47	16	43	71							-2	-2	-1	-1	29	28
2	0,8	-168		-168	30							25,3	-6	2,5	70	26	44	10	43	68							-8	-8	-3	-5	23	20
3	1,8	-153		-153	36							24,9	-10	4,6	65	24	41	7	41	65							-14	-14	-5	-9	18	13
4	2,8	-138		-139	44							24,6	-13	6,5	59	22	37	5	40	61							-18	-18	-6	-11	14	8
5	3,8	-123		-128	53							24,5	-14	7,5	54	20	34	4	38	57							-19	-19	-7	-12	11	4
6	4,8	-108		-117	63							24,7	-12	7,8	48	18	30	3	35	53							-16	-16	-6	-10	9	3
7	5,8	-93	11	-108	313	72	95	10	0,71	30	135	30,8	44	7,6	42	16	27	3	33	49	0,196	63			0,300	38	-10	91	34	58	30	63
8	6,8	-78	22	-99	534	82	76	27	0,62	45	148	32,3	58	7,2	37	14	23	2	31	44	0,098	26			0,300	67	2	95	35	60	40	75
9	7,8	-63	33	-89	637	90			0,55	47	91	31,3	48	6,6	33	12	21	2	28	41					0,300	85	19	104	39	66	47	86
10	8,8	-48	45	-79	691	98			0,49	47	104	33,4	68	6,1	31	11	19	2	27	38					0,300	97	39	137	51	86	58	109
11	9,8	-33	55	-65	721	104			0,45	44	113	35,6	88	5,5	30	11	19	2	25	37					0,300	106	62	167	62	105	71	133
12	10,8	-18	64	-43	738	108			0,45	45	122	37,6	106	5,0	31	12	20	1	25	36					0,300	114	83	196	73	124	84	156
13	11,8	-3	70	-9	744	110			0,45	46	125	39,0	119	4,5	33	12	21	1	25	37					0,300	117	99	216	80	136	95	174
14	12,8	12	67	30	741	109			0,45	45	124	39,8	126	4,0	37	14	23	1	25	39					0,300	116	109	225	83	142	104	187
15	13,8	27	60	56	730	106			0,45	45	118	39,8	127	3,6	41	15	26	1	26	41					0,300	110	113	223	82	140	108	191
16	14,8	42	49	73	706	101			0,48	46	109	39,2	121	3,2	47	17	30	1	28	45					0,300	102	109	211	78	133	110	188
17	15,8	57	38	85	664	94			0,52	47	97	38,0	110	2,9	53	20	33	1	30	49					0,300	91	100	191	71	120	108	178
18	16,8	72	27	95	588	86	44	35	0,58	47	125	37,9	109	2,6	59	22	37	1	32	54	0,051	8			0,300	76	85	169	63	106	103	165
19	17,8	87	16	104	434	77	100	18	0,67	39	158	37,9	109	2,3	65	24	41	1	35	59	0,154	53			0,300	53	68	174	64	110	102	166
20	18,8	102	5	113	87	67	34	2	0,77	9	45	31,9	54	2,1	70	26	44	1	37	63	0,238	28			0,300	10	51	89	33	56	84	117
21	19,8	117		123	57							28,9	27	1,9	75	28	47	1	39	67							37	37	14	23	65	79
22	20,8	132		134	48							27,9	17	1,7	78	29	49	1	41	70							23	23	9	15	53	61
23	21,8	147		147	39							27,0	9	1,5	79	29	50	0	43	72							13	13	5	8	43	47

La seconda scheda rappresentata, suddivisa per ambienti, i carichi termici in regime estivo relativo agli opachi rivolti verso l'esterno del fabbricato ed eventuali serramenti. I calcoli sono rappresentati riportando l'ora di calcolo i dati relativi alla radiazione solare. Per ogni opaco sono riportati i CTS calcolati, la suddivisione della componente concettiva e radiante, i fattori RTS non solari e il carico termico complessivo dell'opaco. Nel caso nell'opaco sia inserito un serramento, vetrato oppure opaco, di seguito e in corrispondenza delle stesse ore sono riportati i termini termici del componente, e nell'ultima colonna il complessivo carico termico. Nel caso il serramento sia vetrato, è riportato l'eventuale serie RTS Solar nel caso che lo stesso sia privo di sistemi di oscuramento.

## 6.3 – Dispersioni invernali: Ventilazione-opachi-vetri

Cooling & Heating Design 2.1 - Risultati di calcolo

**Progetto: Maglie**

Caratterizzazione scambi termici **Stampa**

**Oggetto:** Ristrutturazione Impianto CDZ

Carichi termici estivi: Ventilazione-Carichi endogeni | Carichi termici estivi: Opachi-Vetri | Dispersioni invernali: Ventilazione-Opachi-Vetri | Carichi termici estivi e dispersioni invernali: Zone esterne

Fabbricati: Unica | Piani: terra, Primo, Interrato | Zone: Unica | Ambienti climatizzati: Unico

Carico termico Max Ora				Carico termico Max Ora				Carico termico Max Ora				Carico termico Max Ora			
(W)				(W)				(W)				(W)			
62025				5142				5142				5142			
15				15				15				15			
77121				3456				3456				3456			

N°	Opachi	Esposizione	Tipo	Inclinazione	Superficie (m²)	Superficie netta (m²)	U (W/m² K)	Incremento esposizione	Δ T (°C)	Dispersione opachi (W)	Serramenti	N°	Larghezza (m)	Altezza (m)	Superficie serramenti (m²)	U (W/m² K)	Dispersione serramenti (W)
1	PARE-1	NO	Parete	90°	30,0		0,65	1,15	26,0	583							

Infiltrazioni A.E. (Volam/h)			Immissione A.E. (m³/h)		Dispersione Aria Esterna (W)	
			322		2606	

λ (W/mK)	Codice pavimento	Superficie (m²)	Perimetro (m)	U (W/m² K)	Codice pavimento sospeso	Dispersione scambio col terreno (W)
2,0	SOLI-1	260,0	18,0	0,185	SOLI-1	268

La terza scheda rappresentata, suddiviso per ambienti, le dispersioni invernali calcolate in regime stazionario relative agli opachi rivolti verso l'esterno del fabbricato, eventuali serramenti e la componente sensibile di dispersione relativa alla ventilazione e alle infiltrazioni esterne.

## 6.4 – Carichi termici estivi e dispersioni invernali: zone esterne

Cooling & Heating Design 2.1 - Risultati di calcolo

**Progetto: Maglie**

Caratterizzazione scambi termici [Stampa](#)

**Oggetto:** Ristrutturazione Impianto CDZ

Carichi termici estivi: Ventilazione-Carichi endogeni | Carichi termici estivi: Opachi-Vetri | Dispersioni invernali: Ventilazione-Opachi-Vetri | Carichi termici estivi e dispersioni invernali: Zone esterne

Fabbricati				Piani				Zone				Ambienti climatizzati				
Unica				terra Primo Interrato				Unico				Unico				
Carico termico Max Ora Dispersione (W)				Carico termico Max Ora Dispersione (W)				Carico termico Max Ora Dispersione (W)				Carico termico Max Ora Dispersione (W)				
62025 15 77121				34022 15 43432				34022 15 43432				34022 15 43432				
Descrizione zona esterna confinante con l'opaco																
Opachi	Tipo	R (m²K/W)	Superficie (m²)	Codice zona									Testiva (°C)	Carichi (W)	Invernale (°C)	Dispersioni (W)
PARI-1	Parete	1,799	240,0	TF3	Cantine con serramenti chiusi								30,8	640	5,4	2081
SOLI-1	Solaio di copertura	0,655	400,0	TF9	Locali con tre pareti esterne senza finestre								30,2	2565	7,5	8244
SOLI-1	Solaio di calpestio	0,655	400,0	TF9	Locali con tre pareti esterne senza finestre								30,2	2565	7,5	8244

La quarta e ultima scheda rappresentata, suddivisi per ambienti, i carichi termici estivi e le dispersioni invernali calcolate in regime stazionario relative agli scambi con zone interne all'involucro ma a temperature considerate fisse ricavate in funzione relazione alle NORME UNI 7357 & UNI 11300.



Nella maschera è possibile scegliere le diverse tipologie di stampa, opzionando poi la stampa o un'anteprima. Nel caso di stampa il report sarà inviato al dispositivo predefinito, altrimenti sarà possibile verificare a video quanto calcolato. In questo secondo caso con il tasto destro del mouse si sceglierà se stampare su file o cambiare il dispositivo predefinito.



## 7. Relazione di calcolo

---

I calcoli del carico di riscaldamento e raffreddamento sono la base di progettazione primaria per la maggior parte dei sistemi e componenti di riscaldamento e condizionamento dell'aria. Questi calcoli influenzano le dimensioni di tubazioni, condutture, diffusori, dispositivi di trattamento dell'aria, caldaie, refrigeratori, compressori, ventilatori e ogni altro componente dei sistemi che condizionano gli ambienti interni.

I predetti calcoli possono influire in modo significativo sui primi costi di costruzione degli edifici, sul comfort e sulla produttività degli occupanti, nonché sui costi operativi e sui consumi energetici. In poche parole, si può definire carico termico il flusso di energia che occorre immettere e/o sottrarre da uno spazio confinato per mantenere al suo interno le condizioni di temperatura e umidità desiderate. Spetterà poi ai sistemi di riscaldamento e condizionamento dell'aria, se correttamente progettati, dimensionati e controllati, realizzare tale trasferimento di energia.

Il flusso di energia richiesto è in generale funzione del tempo e dello spazio, poiché dipende da numerose condizioni al contorno esterne (contesto climatico, territoriale, etc.) e interne (numero di occupanti, luci, apparecchiature elettriche, etc) la cui variabilità presenta spesso una non trascurabile componente stocastica.

I calcoli del carico di riscaldamento e raffreddamento di picco svolti dal programma, mirano a determinare il flusso massimo di trasferimento dell'energia di riscaldamento e raffreddamento necessario:

- 1) Al dimensionamento e al progetto dei sistemi impiantistici;
- 2) A determinare il profilo orario, necessario per effettuare, ma con ipotesi, dati e applicazioni diverse, la stima dei consumi energetici degli edifici connessi alla climatizzazione.

### 7.1 – Flussi termici e carico termico di raffreddamento

Nel calcolo degli impianti di raffrescamento occorre considerare l'estrema variabilità nel tempo dei flussi termici (heat gains) dovuta principalmente alla grande e rapida variazione solare nel corso della giornata. A causa dell'inerzia termica più o meno pronunciata delle strutture, il flusso termico istantaneo che penetra in un ambiente non si trasforma tutto e subito in un carico di raffreddamento e di ciò occorre tener

conto per evitare di commettere errori anche grossolani nella stima della potenzialità degli impianti.

Il flusso termico istantaneo (Space heat gain), rappresenta il calore che penetra e quello generato nell'ambiente in un dato istante; si distingue il modo con il quale tale calore penetra in ambiente e se trattasi di calore sensibile o latente.

Le modalità di ingresso del flusso termico in ambiente sono:

- 1) Radiazione solare attraverso le superfici trasparenti;
- 2) Trasmissione attraverso le finestre;
- 3) Trasmissione attraverso le pareti esterne e il tetto;
- 4) Trasmissione attraverso le pareti interne, il soffitto, il pavimento;
- 5) Generazione da parte degli occupanti, dall'illuminazione e da altre apparecchiature;
- 6) Aria esterna, meccanicamente apportata o infiltrata;
- 7) Eventuali altre cause.

I guadagni di calore (apporti) possono distinguersi in flusso sensibile, quello che si manifesta con una variazione di temperatura, mentre per calore latente s'intende quello dovuto all'emissione di vapor d'acqua da parte degli occupanti, apparecchiature o aria esterna. Per mantenere costante l'umidità relativa, occorre che il vapore prodotto/apportato venga condensato su una batteria di raffreddamento e deumidificazione in quantità simile a quella apportata; l'energia correlata è quella ottenuta considerando la portata e il calore di condensazione.

Il calore che deve essere rimosso dall'ambiente affinché quest'ultimo sia mantenuto alle condizioni termo igrometriche costanti (Space cooling load), non è necessariamente la somma di tutti gli apporti (heat gains).

In effetti il calore dovuto alla radiazione non è immediatamente convertito in carico di raffreddamento. L'energia radiante viene prima assorbita dalle superfici che racchiudono l'ambiente (pareti, pavimento, soffitto) e dagli oggetti in esso contenuti. Man mano la temperatura di queste superfici e degli oggetti aumenta, e quando diventa maggiore di quella dell'aria, si ha una trasmissione di calore per convezione all'aria che si riscalda. La capacità termica delle superfici e degli oggetti determina la velocità con la quale cresce la loro temperatura superficiale, governando così l'ampiezza e il ritardo di questo flusso di calore rispetto al calore della radiazione istantanea. Non si può, quindi, trascurare nei calcoli la capacità termica delle strutture la quale può assumere un valore importante ai fini della riduzione dell'effettivo carico di raffreddamento.

## 7.2 – Dati di riferimento per il calcolo degli impianti di climatizzazione estiva

Il calcolo dei carichi di raffreddamento richiede informazioni dettagliate dell'edificio, dei dati meteorologici, delle condizioni termo igrometriche da mantenere negli ambienti e al tipo di utilizzazione dell'edificio.

Più dettagliatamente i dati da considerare sono i seguenti:

**Caratteristiche dell'edificio:** piante; sezioni; orientamento; eventuale presenza di edifici che possono proiettare ombra o, invece, riflettere la radiazione solare fornite da ampie superfici riflettenti; caratteristiche termofisiche di tutte le strutture (pareti, soffitti, coperture, pavimenti, cioè trasmittanza, capacità termica, massa frontale, colore; tipologia dei serramenti e delle vetrate (semplici, doppie, speciali) tipologia delle protezioni solari (tapparelle, tende esterne).

**Condizioni climatiche esterne:** temperatura, umidità relativa alle diverse ore del giorno e in tutti i mesi dell'anno nonché della direzione del vento.

**Condizioni di funzionamento:** destinazione d'uso; affollamento; tipo di attività svolta nei diversi ambienti; potenza dissipata per l'illuminazione; potenza di eventuali apparecchiature o altre fonti interne di calore sensibile e/o latente; orari di funzionamento; orari di occupazione.

**Condizioni termo igrometriche interne** in funzione della destinazione d'uso degli ambienti.

**Ricambi di aria esterna** in relazione alla qualità dell'aria richiesta per il benessere delle persone facendo riferimento alla normativa UNI/ASHRAE o alle Leggi e Regolamenti specifici della località, magari accertandosi delle direttive in caso di presenza di sorgenti inquinanti.

## 7.3 – Flussi istantanei di calore in regime estivo

La radiazione solare costituisce una delle più importanti, se non la più importante, fonte di calore: l'effetto è legato alla posizione del Sole nella volta celeste, all'orientamento dell'edificio, alla sua conformazione e alla limpidezza più o meno dell'atmosfera.

E' necessario, pertanto, conoscere sia come varia la posizione del Sole nel cielo alle diverse ore del giorno e nei diversi mesi dell'anno sia, nel contempo, il valore dell'irradiazione sulle superfici verticali e orizzontali colpite dai raggi solari.

La radiazione solare che colpisce un edificio è costituita da tre componenti:

**Radiazione solare Diretta:** È la parte di flusso extra-atmosferico che passa inalterato attraverso l'atmosfera terrestre. Poiché i raggi solari viaggiano nella stessa direzione del flusso extra-atmosferico, la sua direzione dipende dalla posizione del Sole nel cielo.

**Radiazione solare Diffusa:** È la componente di flusso solare extra-atmosferico che raggiunge la superficie terrestre dopo essere stato deflesso dalle molecole d'aria, vapore acqueo e pulviscolo presenti in atmosfera.

**Radiazione solare riflessa:** Detta anche “albedo”, rappresenta l'energia solare che colpisce l'edificio dopo essere stata riflessa dal terreno ad esso circostante. Le radiazioni diretta e diffusa che colpiscono il terreno vengono in parte assorbite, riflettendone la restante parte. Questo tipo di radiazione interessa solamente le pareti verticali ma non il tetto.

Al fine di rappresentare la geometria Sole-terra e la direzione del flusso solare diretto vengono definite una serie di angoli necessari ad esprimere le relazioni matematiche energetiche relative.

## 7.4 – Calcolo del carico termico estivo con metodo RTS

Il metodo delle serie temporali radianti (RTS) è oramai riconosciuto essere l'applicazione più recente e adatta per eseguire i calcoli del carico di raffreddamento di progetto. Sostituisce efficacemente tutti gli altri metodi semplificati (senza bilanciamento del calore), come il metodo della funzione di trasferimento (TFM), il metodo della differenza di temperatura del carico di raffreddamento / fattore di carico di raffreddamento (CLTD / CLF) e la differenza di temperatura totale equivalente / tempo medio Metodo (TETD / TA).

Questo metodo è stato sviluppato per offrire un approccio rigoroso senza richiedere però calcoli iterativi che quantifica comunque il contributo di ciascun componente al carico di raffreddamento totale. Permette inoltre di verificare e confrontare i risultati per i diversi tipi di costruzione, componente e ambiente di calcolo in una forma tale da mostrare il loro effetto relativo sul risultato. Queste caratteristiche del metodo RTS semplificano la valutazione del risultato del calcolo e permette al tecnico un rapido controllo di congruenza/correttezza dello stesso.

Il metodo RTS è adatto per i calcoli del carico di progetto di picco, ma non dovrebbe essere usato per simulazioni energetiche annuali a causa dei suoi presupposti periodici nelle 24 ore limitativi intrinseci.

### 7.4.1 – Ipotesi e principi

Per determinare i carichi termici estivi l'ipotesi di progettazione si basa sul presupposto di condizioni periodiche costanti (vale a dire, le condizioni

meteorologiche, di occupazione e di apporti istantanei di calore della giornata di progettazione identiche a quelle dei giorni precedenti in modo tale che i carichi si ripetano su una base ciclica identica per 24 ore). Pertanto, il guadagno di calore per un particolare componente ad un'ora particolare è lo stesso di 24 ore prima, che è lo stesso di 48 ore prima, ecc. I calcoli del carico di raffreddamento devono affrontare due effetti di ritardo associati alla costruzione di processi di trasferimento di calore:

- Ritardo del guadagno di calore (apporto) conduttivo attraverso superfici esterne opache (pareti, tetti o pavimenti);
- Ritardo nella conversione dall'apporto di calore radiativo in carico termico.

Le pareti esterne e i tetti conducono calore a causa delle differenze di temperatura tra l'aria esterna e quella interna. Inoltre, l'energia solare sulle superfici esterne viene assorbita, quindi trasferita per conduzione all'interno dell'edificio. A causa della massa e della capacità termica dei materiali di costruzione del muro o del tetto, vi è un sostanziale ritardo nell'input di calore sulla superficie esterna che diventa guadagno di calore sulla superficie interna. Come descritto in precedenza, la maggior parte delle fonti di calore trasferisce energia in un ambiente mediante una combinazione di convezione e radiazione. La parte convettiva del guadagno di calore diventa immediatamente carico da raffreddare. La parte radiativa deve prima essere assorbita dalle finiture e dalla massa delle superfici interne della stanza e diventa carico di raffreddamento solo quando viene successivamente trasferita per convezione da tali superfici all'aria della stanza. Pertanto, gli apporti di calore radiante diventano carichi di raffreddamento per un periodo di tempo ritardato.

Una volta calcolata la radiazione solare suddivisa per componenti, si passa a:

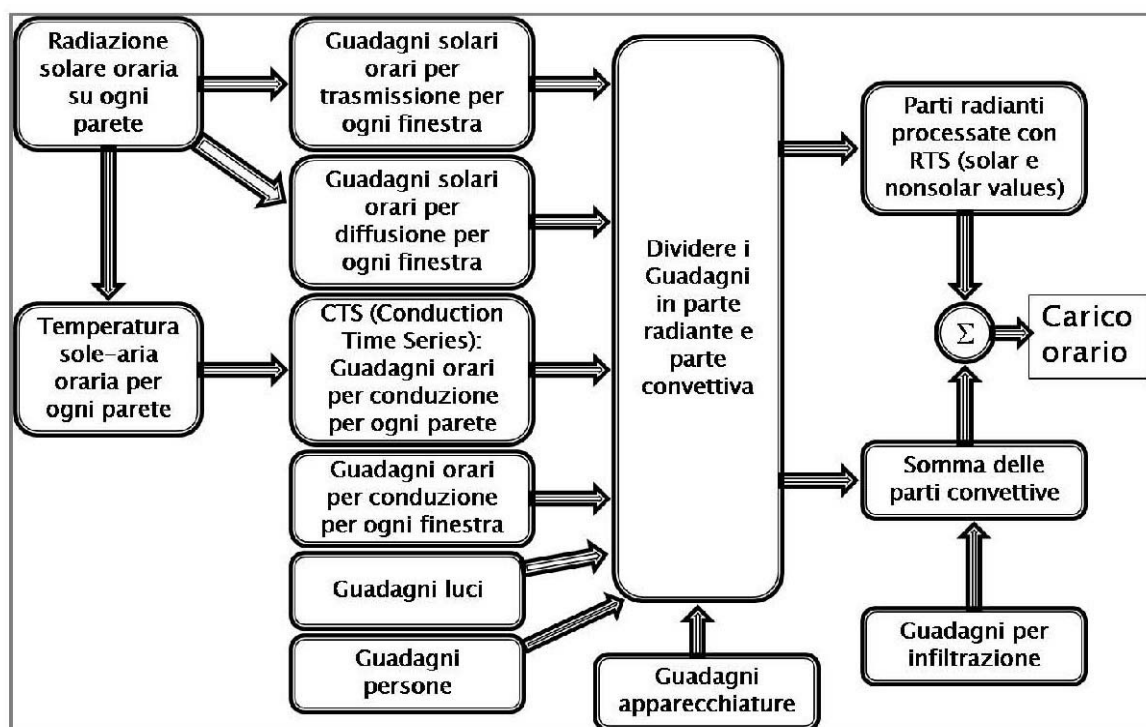
- Calcolare l'apporto detto anche guadagno o incremento di calore conduttivo;
- Suddivisione di tutti i guadagni di calore in porzioni radianti e convettive;
- Conversione dei guadagni di calore radiante in carichi di raffreddamento.

Il metodo RTS tiene conto sia del ritardo di conduzione che degli effetti di ritardo di tempo radiante moltiplicando i guadagni di calore orari per le serie temporali di 24 ore. La moltiplicazione delle serie storiche, in effetti, distribuisce i guadagni di calore nel tempo. I coefficienti della serie sono denominati fattori di tempo radianti e/o fattori di tempo di conduzione. I fattori di tempo radiante riflettono la percentuale di un precedente guadagno di calore radiante che diventa carico di raffreddamento durante l'ora corrente. Allo stesso modo, i fattori del tempo di conduzione riflettono la percentuale di un precedente guadagno di calore all'esterno di una parete o di un tetto che diventa guadagno di calore all'interno durante l'ora corrente. Per definizione, la somma di ogni serie temporale radiante o di conduzione deve raggiungere il 100% proprio perché, a prescindere dai ritardi temporali, l'intero apporto poi deve integralmente essere fruibile sulla superficie opposta. Queste serie

possono essere utilizzate per confrontare facilmente l'effetto di ritardo di una costruzione rispetto a un'altra. Questa capacità di confrontare le scelte è di particolare beneficio anche durante la fase di progettazione, quando tutti i dettagli costruttivi potrebbero non essere stati decisi. Il confronto può mostrare l'entità della differenza tra le scelte, consentendo all'ingegnere di applicare il giudizio e fare ipotesi più informate nella stima del carico.

#### 7.4.2 – Procedura di calcolo

La procedura generale per il calcolo del carico di raffreddamento per ciascun componente di carico (luci, persone, pareti, tetti, finestre, elettrodomestici, ecc.) con RTS è la seguente:



1. Calcolare il profilo di 24 ore dei guadagni di calore dei componenti per il giorno di progettazione (per la conduzione, tenere conto del ritardo di conduzione applicando le serie temporali di conduzione).
2. Suddividere i guadagni di calore in parti radianti e convettive.
3. Applicare serie temporali radianti appropriate alla parte radiante dei guadagni di calore per tenere conto del ritardo nella conversione al carico di raffreddamento.

4. Sommare la parte convettiva del guadagno di calore e la parte radiante ritardata del guadagno di calore per determinare il carico di raffreddamento per ogni ora per ciascun componente del carico di raffreddamento.

Dopo aver calcolato i carichi di raffreddamento per ciascun componente per ogni ora, sommarli per determinare il carico di raffreddamento totale ad ogni ora per individuare l'ora con il carico di picco per la progettazione del sistema di condizionamento dell'aria. E' auspicabile ripetere questo processo per più mesi di progettazione per determinare il mese in cui si verifica il carico di picco, in particolare con le finestre sulle esposizioni meridionali (esposizione a nord alle latitudini meridionali), che possono comportare carichi di raffreddamento della stanza di picco più elevati nei mesi primaverili.

#### 7.4.3 – Apporto termico attraverso le superfici esterne

Il guadagno di calore attraverso le superfici opache esterne deriva dagli stessi elementi di radiazione solare e gradiente termico di quelli per le aree di fenestrazione. Si differenzia principalmente in funzione della massa e della natura della costruzione del muro o del tetto, poiché tali elementi influenzano la velocità del trasferimento di calore conduttivo attraverso il gruppo composito verso la superficie interna.

##### **Sol-Air Temperature**

La temperatura sol-aria è la temperatura dell'aria esterna che, in assenza di tutte le variazioni di radiazione, fornisce la stessa velocità di ingresso del calore nella superficie della combinazione di radiazione solare incidente, scambio di energia radiante con il cielo e altri ambienti esterni e convettivo scambio di calore con aria esterna. Flusso di calore in superfici esterne illuminate dal sole. Il bilancio termico su una superficie irraggiata fornisce il flusso di calore attraverso la superficie  $q/A$ :

$$\frac{q}{A} = \alpha E_t + h_o(t_o - t_{amb}) - \varepsilon \Delta R$$

Dove

$\alpha$  = assorbimento della superficie per radiazione solare;

$E_t$  = radiazione solare totale incidente sulla superficie,  $W/m^2$

$h_o$  = coefficiente di trasferimento del calore per radiazione a onda lunga e convezione sulla superficie esterna,  $W/(m^2 \cdot K)$

$t_o$  = temperatura dell'aria esterna, °C

$t_{amb}$  = temperatura dell'ambiente, °C

$\varepsilon$  = emissività emisferica della superficie

$\Delta R$  = differenza tra radiazione ad onde lunghe incidente sulla superficie del cielo e dell'ambiente circostante e la radiazione emessa dal corpo nero alla temperatura dell'aria esterna,  $W/m^2$

Si assume che il flusso di calore possa essere espressa in termini di temperatura sole-aria  $t_e$

$$\frac{q}{A} = h_o(t_e - t_s)$$

Con  $t_e$  uguale:

$$t_e = t_o + \frac{\alpha E_t}{h_o} - \frac{\varepsilon \Delta R}{h_o}$$

Per le superfici orizzontali che ricevono radiazioni a onde lunghe solo dal cielo, un valore appropriato di  $\Delta R$  è di circa  $63 W / m^2$ , quindi se  $\varepsilon = 1$  e  $h_o = 17 W/(m^2K)$ , la correzione delle onde lunghe il termine è di circa 4 K (Bliss 1961). Poiché le superfici verticali ricevono radiazioni a onde lunghe dal suolo e dagli edifici circostanti, nonché dal cielo, è difficile determinare con precisione i valori di  $\Delta R$ . Quando l'intensità della radiazione solare è elevata, le superfici degli oggetti terrestri di solito hanno una temperatura più elevata dell'aria esterna; quindi, la loro radiazione ad onda lunga, compensa in una certa misura la bassa emissione del cielo. Pertanto, è pratica comune assumere  $\varepsilon \Delta R = 0$  per le superfici verticali. Le temperature sole-aria finalizzate al carico termico di raffreddamento si calcolano sulla base di valori  $\Delta R / h_o$  di 4 K per superfici orizzontali e 0 K per superfici verticali. In riferimento alla temperatura sole-aria i valori del parametro  $\alpha/h_o$ , assume il valore di 0,026 appropriato per una superficie di colore chiaro 0,052 come valore massimo per questo parametro (vale a dire, per una superficie di colore scuro o qualsiasi superficie per la quale la luminosità permanente non può essere anticipata in modo affidabile). In riferimento ai noiosi calcoli dell'angolo solare e dell'intensità del flusso solare, l'utilizzo della procedura non può prescindere da un sistema computerizzato per questi calcoli che ridurre lo sforzo richiesto.

### **Calcolo del guadagno di calore conduttivo mediante serie temporali di conduzione**

Nel metodo RTS, la conduzione attraverso pareti esterne e tetti viene calcolata utilizzando i valori CTS. L'apporto di calore conduttivo della parete e del tetto all'esterno è definito attraverso la generica equazione della conduzione:



$$q_{i,\theta-n} = UA(t_{e,\theta-n} - t_{rc})$$

dove

$q_{i,\theta-n}$  = apporto di calore conduttivo per la superficie riferita ad n ore prima, W

U = coefficiente di scambio termico complessivo per superficie, W/(m<sup>2</sup>·K)

A = Area della superficie, m<sup>2</sup>

$t_{e,\theta-n}$  = Temperatura sole-aria di n ore prima, °C

$t_{rc}$  = Temperatura presunta dell'aria ambiente costante, °C

Il guadagno di calore conduttivo attraverso pareti o tetti può essere calcolato utilizzando input di calore conduttivo per le ore correnti e le precedenti 23 h serie temporali di conduzione:

$$q_{\theta} = c_0 q_{i,\theta} + c_1 q_{i,\theta-1} + c_2 q_{i,\theta-2} + c_3 q_{i,\theta-3} + \dots + c_{23} q_{i,\theta-23}$$

Dove:

$q_{\theta}$  = apporto di calore conduttivo orario per superficie, W

$q_{i,\theta}$  = apporto di calore per l'ora corrente

$q_{i,\theta-n}$  = apporto di calore n ore prima

$c_0, c_1, \text{etc.}$  = Serie temporali della conduzione

I fattori del tempo di conduzione sono derivati calcolando le funzioni di trasferimento di conduzione per gli opachi di progetto. Supponendo che le condizioni di input di calore periodico costante per i calcoli del carico di progetto consentano di riformulare le funzioni di trasferimento di conduzione in fattori di risposta periodici, come dimostrato da Spitler e Fisher (1999a). I fattori di risposta periodici sono stati ulteriormente semplificati dividendo i 24 fattori di risposta periodici per il rispettivo fattore U complessivo dell'opaco in questione per formare le serie temporali di conduzione. I fattori del tempo di conduzione possono quindi essere utilizzati anche per confrontare le caratteristiche di ritardo tra le diverse costruzioni di pareti e tetti. I guadagni di calore calcolati per pareti o tetti usando fattori di risposta periodici (e quindi CTS) sono identici a quelli calcolati usando le funzioni di trasferimento di conduzione per il costante condizioni periodiche assunte nei calcoli del carico di raffreddamento di progetto. La metodologia per il calcolo dei fattori di risposta periodica dalle funzioni di trasferimento di conduzione è stata originariamente sviluppata nell'ambito del progetto di ricerca ASHRAE RP-875 (Spitler e Fisher 1999b; Spitler et al. 1997). Per pareti e tetti con ponti termici, la procedura descritta da Karambakkam et al. (2005) può essere utilizzato per determinare una costruzione di parete equivalente, che può quindi essere utilizzata come base per trovare i coefficienti CTS. Considerando il livello di dettaglio del presente progetto si precisa che, per gli edifici con finestre e guadagni di calore interni, gli apporti di calore di conduzione costituiscono una parte relativamente piccola del carico di

raffreddamento, mentre per i calcoli del carico di riscaldamento, la perdita di calore di conduzione può essere più significativa.

#### 7.4.4 – Apporto termico attraverso le superfici interne

Ogni volta che uno spazio condizionato è adiacente a uno spazio con una temperatura diversa, deve essere considerato il trasferimento di calore attraverso la sezione fisica di separazione. Il flusso termico di calore è dato dalla relazione:

$$q = UA (t_b - t_i)$$

Dove

$q$  = Apporto termico, W

$U$  = coefficiente di trasferimento termico complessivo tra spazio adiacente e spazio condizionato, W/(m<sup>2</sup>·K)

$A$  = Superficie di separazione, m<sup>2</sup>

$t_b$  = temperatura media dell'aria nell'ambiente adiacente, °C

$t_i$  = temperatura dell'aria nello spazio condizionato, °C

La temperatura  $t_b$  può differire notevolmente da  $t_i$ . La temperatura in una cucina o in un locale caldaie, ad esempio, può superare di 8-28 K la temperatura dell'aria esterna. Le temperature effettive negli spazi adiacenti devono essere misurate, quando possibile. Laddove non si sa nulla se non che lo spazio adiacente è di costruzione convenzionale, non contiene fonti di calore e non riceve di per sé un significativo guadagno di calore solare,  $t_b - t_i$  può essere considerata la differenza tra l'aria esterna e le temperature del bulbo secco progettate nello spazio condizionata meno 3°C. In alcuni casi, la temperatura dell'aria nello spazio adiacente corrisponde alla temperatura dell'aria esterna o superiore.

#### Pavimenti

Per i pavimenti direttamente a contatto con il suolo o sopra un seminterrato sotterraneo che non è né ventilato né condizionato, il trasferimento di calore sensibile può essere trascurato per le stime del carico di raffreddamento perché di solito si verifica una perdita di calore anziché un guadagno. Un'eccezione è nei climi caldi (ovvero, dove la temperatura media dell'aria esterna supera le condizioni di progettazione interna), dove la differenza di temperatura positiva da suolo a interno provoca sensibili guadagni di calore (Rock 2005). In molti climi e per varie temperature e condizioni del suolo locale, anche il trasporto dell'umidità attraverso le lastre di

livello e i piani interrati è significativo e contribuisce alla porzione di calore latente del carico di raffreddamento.

#### 7.4.5 – Calcolo del carico di raffreddamento

Il **carico di raffreddamento istantaneo** è la velocità con cui l'energia termica viene convogliata all'aria della zona in un determinato momento. Il calcolo del carico di raffreddamento è complicato dallo scambio radiante tra superfici, mobili, pareti divisorie e altra massa nella zona. La maggior parte delle fonti di guadagno di calore trasferisce energia sia per convezione che per radiazione. Il trasferimento di calore radiativo introduce una dipendenza temporale nel processo che non è facilmente quantificabile. Le radiazioni vengono assorbite dalle masse termiche nella zona e successivamente trasferite per convezione nello spazio. Questo processo crea un ritardo e un effetto di smorzamento. Si presume invece che la porzione convettiva si trasformi immediatamente nell'ora in cui si verifica l'apporto di calore. Le procedure di bilancio termico calcolano lo scambio radiante tra le superfici in base alle loro temperature superficiali ed emissività, ma in genere si basano su "divisioni radiative/convettive" stimate per determinare il contributo dei carichi interni, inclusi persone, illuminazione, elettrodomestici e apparecchiature, al radiante scambio. RTS semplifica la procedura di bilancio termico facendo affidamento anche su una divisione stimata radiativa/convettiva dell'apporto di calore conduttivo della parete e del tetto risolvendo simultaneamente il trasferimento di calore convettivo e radiativo istantaneo da ciascuna superficie. Pertanto, il carico di raffreddamento per ciascun componente di carico (luci, persone, pareti, tetti, finestre, elettrodomestici, ecc.) per un'ora particolare è la somma della parte convettiva del guadagno di calore per quell'ora più la parte ritardata di guadagni di calore radiante per quell'ora e le precedenti 23 h. RTS converte la parte radiante dei guadagni di calore orari in carichi di raffreddamento orari utilizzando fattori di tempo radianti, i coefficienti delle serie temporali radianti. I fattori di tempo radianti vengono utilizzati per calcolare il carico di raffreddamento per l'ora corrente sulla base dei guadagni di calore attuali e passati. Le serie temporali radianti per una particolare zona forniscono la risposta temporizzata della zona a un singolo impulso di energia radiante. La serie mostra la porzione dell'impulso radiante che viene convogliata all'aria di zona per ogni ora. Pertanto,  $r_0$  rappresenta la frazione dell'impulso radiante convogliata all'aria della zona nell'ora corrente  $r_1$  nell'ora precedente e così via. Le serie temporali radianti così generate vengono utilizzate per convertire la parte radiante dei guadagni di calore orari in carichi di raffreddamento orari secondo la seguente equazione:

$$Q_{r,\theta} = r_0 q_{r,\theta} + r_1 q_{r,\theta-1} + r_2 q_{r,\theta-2} + r_3 q_{r,\theta-3} + \dots + r_{23} q_{r,\theta-23}$$

where

$Q_{r,\theta}$  = Carico termico radiativo  $Q_r$  all'ora  $\theta$  , W

$q_{r,\theta}$  = Apporto di calore radiante all'ora corrente, W

$q_{r,\theta-n}$  = Apporto di calore radiante n ore prima, W

$r_0, r_1, etc.$  = Serie radiante

Il carico di raffreddamento radiante per l'ora corrente, viene aggiunto alla porzione convettiva per determinare il carico di raffreddamento totale per lo specifico componente all'ora di calcolo. Una serie separata di fattori di tempo radiante è teoricamente richiesta per ciascun ambiente e per ogni specifica distribuzione di energia radiante. Per le applicazioni di progettazione più comuni, la serie si di RTS dipende principalmente dalla massa complessiva della costruzione e dalla reattività termica delle superfici colpite dai guadagni di calore radiante. Un obiettivo nello sviluppo di RTS era fornire un metodo semplificato per generare i coefficienti RTS direttamente basato sul più preciso e laborioso metodo del bilancio termico; a tale scopo è stato sviluppato metodo computerizzato a bilancio termico: Hbfort, incluso nei principi di calcolo del carico di raffreddamento e riscaldamento (Pedersen et al. 1998) e illustrata negli scritti ASHRAE da Spitler et al. (1997). La procedura per generare coefficienti RTS può essere considerata analoga alla procedura di generazione del fattore di ponderazione personalizzata utilizzata dal DOE 2.1 (Kerrisk et al. 1981; Sowell 1988a, 1988b). Con DOE 2.1, i risultanti ottenuti hanno dimostrato l'uniformità di risposta degli ambienti individuando N°3 cluster di tipologia di costruzione edilizia (leggera, media, pesante) e altrettanti di percentuali di superfici vetrate (10%, 50% 90%). Si raddoppiano le tipologie individuate considerando la presenza o meno di moquette che non sono una caratteristica delle tipologie impiantistiche europee ma delle quali si è tenuto conto nello studio. Tale serie di fattori vengono utilizzati per stimare i coefficienti di ponderazione del metodo della funzione di trasferimento in modo che corrispondano maggiormente al profilo del carico. Nel metodo RTS, un impulso di guadagno di calore periodico unitario viene utilizzato per generare carichi per un periodo di 24 ore. Sono state individuate poi due diverse serie temporali radianti: solare, per il guadagno di calore solare trasmesso diretto (energia radiante che si presume sia distribuita sul pavimento e solo sull'arredamento) e non solare, per tutti gli altri tipi di guadagni di calore (energia radiante che si presume sia distribuita uniformemente su tutto superfici interne). Il RTS non solare si applica ai guadagni di calore radiante di persone, luci, elettrodomestici, pareti, tetti e pavimenti. Anche per l'apporto di calore solare diffuso e il guadagno di calore solare diretto dalla fenestrazione con ombreggiatura interna (tende, tende, ecc.), si utilizzano gli l'RTS non solari. Si presume che le radiazioni da tali fonti siano distribuite in modo più uniforme su tutte le superfici della stanza. L'effetto delle ipotesi di distribuzione della radiazione solare del fascio è affrontato

da Hittle (1999). Il progetto di ricerca ASHRAE RP-942 ha confrontato i risultati di del bilancio termico e l'RTS su una vasta gamma di tipi di zone e variabili di input (Rees et al. 2000; Spitler et al. 1998). In generale, i carichi di raffreddamento totali calcolati utilizzando l'RTS erano equivalenti o leggermente superiori a quelli del metodo del bilancio termico con gli stessi valori di input. Il progetto ha esaminato più di 5000 casi di test con parametri di ambiente variabili. La variabile dominante era la massa termica complessiva e i risultati sono stati raggruppati in una struttura leggera, di peso medio USA, di peso medio U.K. e pesante. Il miglior accordo tra i risultati RTS e HB (bilancio termico) è stato ottenuto per costruzioni leggere e di peso medio. Differenze maggiori si sono verificate nei casi di pesi massimi, con l'RTS che prevede generalmente carichi di raffreddamento di picco leggermente più elevati rispetto al metodo del bilancio termico. Differenze maggiori sono state osservate anche in zone con carichi radianti interni estremamente elevati e grandi aree vetrate o con un involucro esterno molto leggero. In questo caso, i calcoli del bilancio termico tengono conto che parte del carico radiante interno verrà trasmesso all'ambiente esterno e non diventerà mai carico di raffreddamento nello spazio. Il metodo RTS non tiene conto del trasferimento di energia dall'ambiente interno verso l'esterno e quindi, in questo caso, prevede carichi di raffreddamento più elevati. Il progetto di ricerca ASHRAE RP-1117 ha costruito modelli per misurare i carichi di raffreddamento nelle specifiche realizzazioni utilizzando un'ampia strumentazione. I risultati concordano con le simulazioni (Chantrasrisalai et al. 2003; Eldridge et al. 2003; Lu et al. 2003) e hanno dimostrato che nelle applicazioni residenziali l'RTS rappresenta il metodo di riferimento con il quale stimare i carichi termici estivi in quanto, a fronte di una minima sovrastima in alcuni casi specifici ma legati alle costruzioni industriali oppure opifici di processo, rispetto al più laborioso e rigoroso metodo del bilancio termico puntuale, presenta risultati pienamente allineati.

## 7.5 – Calcolo delle dispersioni termiche invernali

Le tecniche per stimare il carico necessario al riscaldamento per applicazioni commerciali, istituzionali e industriali sono essenzialmente le stesse di quelle per stimare i carichi di raffreddamento di progettazione per tali usi, con le seguenti eccezioni:

- Le temperature degli spazi esterni condizionati sono generalmente inferiori alle temperature degli spazi mantenute;
- Gli apporti di calore solare o interni non si computano;
- L'effetto di conservazione termica della struttura o del contenuto dell'edificio viene ignorato.
- I fenomeni di scambio termico sono considerati in regime stazionario.

Gli effetti di ponte termico sulla conduzione di pareti e tetti sono maggiori per i carichi di riscaldamento che per i carichi di raffreddamento e si deve prestare maggiore attenzione a tenere conto degli effetti di ponte sulle dispersioni relativo ai calcoli del carico di riscaldamento. A tal proposito le dispersioni relative agli opachi confinanti con l'ambiente esterno, saranno maggiorate di un fattore in relazione all'esposizione geografica, per tener conto dei ponti termici. Le perdite di calore (guadagni di calore negativi) sono quindi considerate istantanee, il trasferimento di calore essenzialmente conduttivo mentre il calore latente è considerato solo in funzione dei rinnovi di aria esterna. Questo approccio semplificato è giustificato perché valuta le condizioni peggiori che possono ragionevolmente verificarsi durante una stagione di riscaldamento.

Pertanto, il carico di dispersione si ottiene prendendo in considerazione le condizioni peggiori, definendo:

- Le condizioni interne ed esterne
- Incluse infiltrazioni e / o ventilazione
- Nessun effetto solare (di notte o nelle giornate nuvolose invernali)
- Prima che la presenza periodica di persone, luci ed elettrodomestici abbia un effetto di compensazione

I tipici spazi commerciali e al dettaglio hanno periodi notturni non occupati a una temperatura di battuta d'arresto in cui è richiesta poca o nessuna ventilazione, le luci e le apparecchiature dell'edificio sono spente e la perdita di calore è principalmente dovuta alla conduzione e all'infiltrazione. Prima di essere occupati, gli edifici vengono riscaldati alla temperatura occupata. Durante il tempo occupato, i carichi di raffreddamento delle luci degli edifici, delle attrezzature e delle persone possono

compensare la perdita di calore di conduzione, sebbene possa essere necessario un po' di calore perimetrale, lasciando l'infiltrazione e la ventilazione come carichi di riscaldamento primari. Il carico termico di ventilazione può essere compensato, e le Normative lo impongono in alcuni casi, con l'apparecchiatura di recupero del calore. Questi carichi (perdita di conduzione, carico di riscaldamento e carico di ventilazione) devono essere valutati per il dimensionamento delle apparecchiature di riscaldamento dell'edificio, ed è necessario analizzare ciascun carico e le loro interazioni per arrivare al dimensionamento finale dell'apparecchiatura destinata alla produzione di energia termica.

### 7.5.1 – Procedura di calcolo del carico termico di dispersione

La procedura generale per il calcolo delle perdite di calore di progetto di una struttura è la seguente:

1. Selezionare le condizioni di progettazione esterne: temperatura, umidità, direzione e velocità del vento.
2. Selezionare le condizioni di progettazione degli interni da mantenere.
3. Stimare la temperatura in tutti gli spazi non riscaldati adiacenti.
4. Selezionare i coefficienti di trasmissione e calcolare le perdite di calore per pareti, pavimenti, soffitti, finestre, porte ed elementi di fondazione.
5. Calcolare il carico termico attraverso l'infiltrazione e qualsiasi altra aria esterna introdotta direttamente nello spazio.
6. Sommare le perdite causate dalla trasmissione e dall'infiltrazione.

#### **Condizioni di progettazione esterne**

Il sistema di riscaldamento ideale fornisce abbastanza calore per adattarsi alla perdita di calore della struttura. Tuttavia, le condizioni meteorologiche variano considerevolmente di anno in anno e i sistemi di riscaldamento progettati per le peggiori condizioni climatiche registrate avrebbero un notevole eccesso di capacità per la maggior parte del tempo. Si sono utilizzati i valori di temperatura indicati dalle Norme utilizzando i fattori di correzione che le stesse Norme auspicano.

#### **Condizioni di progettazione interne**

Lo scopo principale del sistema di riscaldamento è di mantenere le condizioni interne che rendono confortevole la maggior parte degli occupanti. Lo scopo dei calcoli del carico di riscaldamento è però anche quello di ottenere dati per il dimensionamento dei componenti del sistema di riscaldamento. La temperatura di progetto interna deve essere selezionata all'estremità inferiore dell'intervallo di temperatura

accettabile, in modo che l'apparecchiatura di riscaldamento non venga sovradimensionata perché in questo modo, nel funzionamento a carico parziale, riduce l'efficienza complessiva del sistema. Si consiglia una temperatura massima del bulbo secco di 21° C per la maggior parte degli occupanti. Il valore di progettazione interna dell'umidità relativa dovrebbe essere compatibile con un ambiente salubre e l'integrità termica dell'involucro edilizio. Un'umidità relativa minima del 30% è consigliata per la maggior parte delle situazioni.

### **Scambio termico con il terreno**

Rispetto al calcolo dei carichi termici estivi, nel quale non è considerato, lo scambio termico con il terreno presenta un'importanza rilevante. A tal proposito si è tenuto conto della Norma UNI 13370 che diversifica le specifiche possibilità di dispersione termica.



## 7. Bibliografia

---

- Manuale della Climatizzazione Tecniche Nuove
- ASHRAE Fundamentals Handbook (SI)
- Quaderni e Guide Caleffi
- Libri, dispense e testi integrativi del Prof. Giuliano Cammarata.