



Corso di Laurea Magistrale in Architettura  
Laboratorio di Sintesi Finale  
Modulo di Tecnica del Controllo Ambientale  
Prof. Filippo de Rossi A.A. 2016-2017

**PRPRIMO ELABORATO**

**FOGLIO DI SUPPORTO AL CALCOLO DEI CARICHI TERMICI**

ALLIEVI

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Questa traccia è stata preparata per gli allievi che ancora non hanno definito l'edificio oggetto del Laboratorio di Sintesi Finale. Sono, pertanto, fornite planimetrie e informazioni necessarie alla valutazione dei carichi termici. **LA TRACCIA in A3 (planimetria e strutture) DEVE ESSERE CONSEGNATA IN ORIGINALE**

Al contrario, gli allievi già pronti con una "propria" architettura (di dimensioni analoghe), potranno riferirsi a quella, e quindi procedere ai calcoli prendendo in considerazione le effettive geometrie e caratteristiche termo-fisiche delle strutture progettate.

**I dati climatici, invece, sono quelli indicati in traccia, per tutti gli allievi.**

La relazione, da consegnare in forma cartacea entro il **15 Maggio 2017** (per chi intende sostenere esame prima dell'estate) deve riportare tutti i calcoli e gli elaborati grafici (planimetrie, prospetti, sezioni) necessari alla comprensione di procedimento e congruenza numerica.

Per informazioni e domande fare riferimento al seguente indirizzo email:

- [fabrizio.ascione@unina.it](mailto:fabrizio.ascione@unina.it)

Il ricevimento studenti è stabilito, previo contatto email, il Martedì dalle 15.00 alle 18.00 presso la Facoltà di Architettura (Via Forno Vecchio, 7° Piano Scala E).

**Richieste progettuali**

1. Calcolare il Carico Termico Invernale (**ambiente per ambiente e totale**), stimando tutte le dispersioni energetiche secondo quanto illustrato a lezione (trasmissione verso l'ambiente esterno, ventilazione, ponti termici), trascurando precauzionalmente gli apporti positivi di natura endogena e solare. In funzione dell'esposizione, **maggiorare** le dispersioni per trasmissione del:

<b>S</b>	<b>SO</b>	<b>O</b>	<b>NO</b>	<b>N</b>	<b>NE</b>	<b>E</b>	<b>SE</b>
—	2÷5%	5÷10%	10÷15%	15÷20%	15÷20%	10÷15%	5÷10%

2. Calcolare il Carico Termico Estivo (**ambiente per ambiente e totale**), stimando tutte le rientrate termiche secondo quanto illustrato a lezione (trasmissione verso l'ambiente interno, ventilazione, ponti termici, radiazione solare, apporti endogeni dovuti a persone e macchinari).

Le condizioni di progetto sono:

	INVERNO		ESTATE	
	Temp (°C)	U.R. (%)	Temp (°C)	U.R. (%)
Ambiente Esterno	2°C	50	32	60
Ambiente Interno	Vedi traccia A3	Vedi traccia A3	Vedi traccia A3	Vedi traccia A3

Le proprietà termo-fisiche dei materiali da costruzione sono contenute nelle norme UNI 10351 e UNI 12524. *In alternativa, si possono usare dati e cataloghi tecnici forniti direttamente da aziende.*

### **L'edificio è situato a Napoli**

Per i dati di progetto (temperature dell'ambiente esterno estive ed invernali, carichi endogeni, conducibilità termiche), confrontare il Testo "Aria Umida, Climatizzazione ed Involucro edilizio (Autori: Bellia, Mazzei, Minichiello, Palma)" disponibile in Biblioteca. **In alternativa, fare riferimento al materiale didattico distribuito a lezione.**

Per il regime estivo, nel calcolo delle rientrate termiche per trasmissione attraverso i componenti opachi (tetto e pareti verticali), avvalersi del metodo delle differenze di temperature equivalenti, considerando un peso delle strutture come calcolabile dai dati forniti in traccia (foglio strutture). I muri hanno colore scuro. Per la copertura, si consideri una struttura soleggiata, di colore scuro, con massa pari a 400 kg.

Secondo I dati "Carrier-Pizzetti", Napoli ha un'escursione media giornaliera delle temperature esterne, in regime estivo, pari a 10.5 °C, con una  $T_{\text{massima}}$  esterna di progetto pari a 32 °C.

*Per il regime estivo, fare il calcolo solo alle ore 12.00.*

*Nel calcolo delle dispersioni, considerare una Temperatura del suolo sottostante pari a 12 °C in regime invernale, 16 °C in regime estivo.*

**Ogni altro dettaglio/informazione utile è specificato nei fogli/grafici allegati alle pagine seguenti.**

## FOGLIO DI SUPPORTO PER IL CALCOLO DEL CARICO TERMICO ESTIVO

Vista la complessità del calcolo, si fornisce tale foglio come strumento sintetico di supporto (*valido solo per una valutazione di massima*), secondo il metodo Pizzetti-Carrier.

*In un'ipotesi semplificativa, i contributi radianti, solari ed endogeni, saranno ritenuti carichi istantanei, trascurando, pertanto, i fattori di accumulo.*

---

### 1. $Q_{\text{TRASMISSIONE-OPACHI}}$

Si procede mediante le differenze di temperature equivalenti, attraverso l'equazione (1)

$$\dot{Q}_{\text{trasm-opachi}} = U \cdot A \cdot (\Delta T_{\text{equivalente}}) \quad (\text{eq. 1})$$

dove, con esclusivo riferimento ai termini non definiti in precedenza:

- $\Delta T_{\text{equivalente}}$  è determinato mediante gli allegati a questa traccia (*metodo Pizzetti-Carrier*) e considerando quanto sopra detto, a proposito di località, escursione media giornaliera delle temperature, tipologia di strutture (colore e massa), orientamento delle strutture.
- 

### 2. $Q_{\text{TRASMISSIONE-TRASPARENTI}}$

$$\dot{Q}_{\text{trasm-trasparenti}} = U \cdot A \cdot (T_{\text{esterna}} - T_{\text{interna}}) \quad (\text{eq. 2})$$

---

### 3. $Q_{\text{PONTI-TERMICI}}$

Maggiore del 15% il totale del carico termico per trasmissione (*no quello relativo allo scambio termico con il terreno*).

---

### 4. $Q_{\text{GROUND}}$

Lo scambio termico con il terreno sarà calcolato in maniera semplificata, in regime stazionario, mediante la equazione (3):

$$\dot{Q}_{\text{ground}} = U \cdot A \cdot (T_{\text{ground}} - T_{\text{interna}}) \quad (\text{eq. 3})$$

*A differenza di quanto si fa in regime invernale, in cui, precauzionalmente, si trascurano i carichi termici gratuiti entranti, in regime di raffrescamento estivo, il contributo favorevole rappresentato dallo scambio termico con il terreno è considerato, poiché non saltuario bensì costante. Tale scambio termico, uscente, riduce il carico termico totale: pertanto, porre attenzione al "segno" di tale contributo.*

---

## 5. $Q_{\text{SOL-TRASPARENTI}}$

Il calcolo della radiazione solare entrante sarà calcolato mediante la equazione (4):

$$\dot{Q}_{\text{sol}} = I_{\text{esposizione}} \cdot A_{\text{vetro}} \cdot g_{\text{vetro}} \quad (\text{eq. 4})$$

dove, con esclusivo riferimento ai termini non definiti in precedenza:

- $I_{\text{esposizione}}$  = Irradianza solare per l'orientamento (Sud, Est, Ovest, Nord, Orizzontale) di interesse ( $\text{W/m}^2$ );

Tabella 1: Irradianza solare massima estiva incidente, in  $\text{W/m}^2$ , per Latitudine  $40^\circ$  Nord (Napoli)

Espo/ora	Sud	Sud-Est	Est	Nord-Est	Nord	Nord-Ovest	Ovest	Sud-Ovest	Orizzontale
12.00	457	369	160	148	148	148	160	369	948

Tabella 2: trasmittanza di energia solare ( $g_{\text{vetro}}$ ) per finestre tipiche (**QUELLA DA USARE E' FORNITA IN TRACCIA A3**)

Tipo di vetro	$g_{\text{vetro}}$
Vetro singolo	0.85
Doppio vetro normale	0.75
Doppio vetro con rivestimento basso-emissivo	0.657
Triplo vetro normale	0.70
Triplo vetro con doppio rivestim. basso-emissivo	0.50

---

## 6. $Q_{\text{INFILTRAZIONE}}$

Considerare la temperatura dell'aria esterna, in condizioni nominali estive per Napoli, pari a  $32^\circ\text{C}$ . Il volume di rinnovo di infiltrazione è pari ad 1.5 Volumi/ora (ACH).

**Nota Bene:** il carico di ventilazione sarà considerato all'atto del dimensionamento dell'impianto.

---

## 7. $Q_{\text{ENDOGENI}}$

Procedere considerando: persone, luci e macchinari. Data la destinazione d'uso, si stimano:

- $Q_{\text{sensibile persona}} = 70 \text{ W}$
- $Q_{\text{latente persona}} = 45 \text{ W}$
- $Q_{\text{luci}} = 15 \text{ W/m}^2$

Procedere considerando i seguenti affollamenti:

- Sala Riunioni =  $0.5 \text{ persone/m}^2$  (in alternativa si può contare il numero di posti a sedere).
  - Biglietteria = 4 persone.
  - Bagni =  $0.5 \text{ persona/m}^2$ .
  - Corridoio = 0 persone.
  - Sala Conferenze = 100 persone
-

**Si ribadisce che i calcoli, solo per il regime estivo, andrebbero effettuati alle ore 10.00, alle ore 12.00 ed alle ore 16.00, ambiente per ambiente, andando poi a considerare quello più gravoso.**

**Per semplicità, effettuare il calcolo solo alle ore 12.00**

### **FOGLIO STRUTTURE**

Tabella III - Proprietà termofisiche dei materiali da costruzione richiamati nelle strutture

Pavimento	Conducibilità termica [W/mK]	Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	Calore Specifico [kJ/kgK]
Calcestruzzo per allettamento, posa pavimento, pendenze	0.580	1500	0.84
Pannelli in polistirene	0.040	25	0.84
Ciottoli	0.700	1500	0.84
Intonaco di calce e gesso	0.700	1400	1.01
Intonaco di calce e cemento	0.900	1800	0.91
Laterizi forati densità 800	0.300	800	0.84
Mattoni pieni	0.990	2000	0.84
Calcestruzzo armato 2%	2.500	2400	0.84
Piastrelle	1.000	2300	0.88

Per il solaio in latero-cemento, inclusivo della caldana (per i complessivi 24 cm), considerare una conduttanza (i.e., conducibilità/spessore), pari a 2.9 W/m<sup>2</sup>K. **Attenzione, la resistenza (non la conduttanza) di questo strato si somma agli altri, in cui la resistenza termica si calcola come rapporto tra spessore e conducibilità del materiale.**

---

**Per le finestre, considerare una trasmittanza termica pari a 1.8 W/m<sup>2</sup>K (vetrocamera 4/12/4 basso-emissivo e telaio in pvc) ed un coefficiente di trasmissione della radiazione solare g<sub>vetro</sub> pari a 0.65.**

---

Nel calcolo delle trasmittanze, per i coefficienti di scambio termico liminare, convettivo più radiativo, rispettivamente per la superficie interna (h<sub>i</sub>) ed esterna (h<sub>e</sub>), questi sono da valutare pari a:

- × h<sub>i</sub> = 7.7 W/m<sup>2</sup>K;
- × h<sub>e</sub> = 25 W/m<sup>2</sup>K:



Per tetti di colore scuro, nelle stesse condizioni della Tabella IV, i valori di  $\Delta T_{equiv.}$  sono riportati nelle tabella V.

Tabella V: Valutazione differenze di temperature equivalenti per Tetti.  
(Ora solare  $\Delta T_{equiv.}$  per Tetti di colore scuro, mese di LUGLIO, escursione termica giornaliera 11°C,  $T_{a.e.} = 34^\circ C$  e  $T_{a.a.} = 26^\circ C$ , 40° Latitudine NORD)

Tetto	Peso del tetto (kg/m <sup>2</sup> ) (3)	Ora solare												Ora solare											
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24					
Esposito al sole	50	-2,5	-3,6	-4,1	-3,1	-0,8	3,6	8,1	13,1	17,5	20,1	23,6	25,2	24,7	22,5	19,2	15,2	11,9	8,5	5,3					
	100	-0,3	-0,8	-1,4	-0,8	0,8	4,7	8,5	12,5	16,4	18,1	22,5	23,6	23,6	21,9	19,2	16,4	13,6	10,8	8,1					
	200	1,9	1,3	0,8	1,3	3	5,3	8,5	12,5	15,2	18,1	20,8	21,9	22,5	21,3	19,2	17,5	15,2	13,1	10,8					
	300	4,7	4,2	3	3,6	4,2	5,8	8,5	11,9	14,7	16,1	20,8	20,8	21,3	20,8	19,7	18,6	16,9	15,2	13,6					
400	6,9	6,4	5,8	5,8	6,4	6,9	8,5	11,9	14,1	16,1	19,2	19,2	20,3	20,3	19,2	18,6	18,6	17,5	16,4						
Ricooperto di acqua	100	-3,1	-1,4	-0,3	0,8	1,9	5,3	8,5	10,2	11,9	10,1	9,7	8,5	7,4	6,4	5,3	3	0,8	0,2	0,2					
	200	-1,9	-1,4	-0,8	-0,8	-0,3	2,5	5,3	6,9	8,1	8,1	8,5	8,1	8,1	7,4	6,4	5,3	3,6	2,5	1,3					
	300	-0,8	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	0,8	2,5	3,6	5,3	6,4	7,4	8,1	8,5	8,1	7,4	6,4	5,3	4,2	3					
Irrorato di acqua	100	-2,5	-1,4	-0,3	0,8	1,9	4,2	6,4	8,1	9,7	9,1	8,5	8,1	7,4	6,4	5,3	3	0,8	0,2	-0,3					
	200	-1,4	-1,4	-0,8	-0,8	-0,3	0,8	2,5	4,7	6,9	7,4	7,4	7,4	7,4	6,9	6,4	4,7	3,6	2,5	1,3					
	300	-0,8	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-0,3	0,8	2,5	4,2	5,3	6,4	6,9	7,4	6,9	6,4	5,8	5,3	4,2	3					
In ombra	100	-3,1	-3,1	-2,5	-1,4	-0,3	0,8	3	4,7	6,4	6,4	6,4	6,9	6,4	5,3	4,2	2,5	0,8	0,2	-0,3					
	200	-3,1	-3,1	-2,5	-1,9	-1,4	-0,3	0,8	2,5	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	3	1,9	0,8					
	300	-1,9	-1,9	-1,4	-1,4	-1,4	-0,8	-0,3	0,8	1,9	3	3	4,2	4,7	5,3	5,3	4,7	4,2	3	1,9					

Tabella 3.9 Differenze di temperatura equivalenti  $\Delta t_e$  (°C) per calcolare le entrate di calore attraverso tetti soleggiati e tetti in ombra (1), colore scuro.

Valida per: Temperatura esterna al bulbo asciutta 26 °C - Escursione termica giornaliera 11 °C - Mese

1960 © Carrier Corporation. Riproduzione autorizzata dalla Carrier Corporation, Syracuse, New York, U.S.A.

Equazione: Entrata di calore attraverso il tetto:  $q = kSA\Delta t_e$  (3.11).  
Per i valori di  $k$ , vedere il paragrafo 3.9 e la Tavola A.4 dell'Appendice.

(1) Nel caso in cui il sottotetto sia ventilato e il soffitto isolato, ridurre la differenza di temperatura equivalente del 25%. Per tetti inclinati, si usi l'area del tetto proiettata su un piano orizzontale.

(2) Per altre condizioni, riferirsi alle correzioni di cui a pagina 110, 111, 112 e 113.

(3) I pesi dei vari tipi di tetto sono riportati al paragrafo 3.9 e in Appendice (Tavola A.4).

Correzioni alle differenze di temperatura equivalenti delle tabelle 3.8 e 3.9 per condizioni diverse da quelle di riferimento.

1) Se la differenza tra la temperatura esterna di progettazione e la temperatura ambiente è maggiore o minore di 3 °C ovvero se l'escursione termica giornaliera è maggiore o minore di 11 °C, è necessario sommare le correzioni riportate nella tabellina e pagina 112 e 113.

2) Muri o tetto di colore chiaro o medio.

Muro o tetto di colore chiaro:

$$\Delta t_e = \Delta t_{es} + \frac{0,5}{0,9} (\Delta t_{em} - \Delta t_{es})$$

Muro o tetto di colore medio:

$$\Delta t_e = \Delta t_{es} + \frac{0,7}{0,9} (\Delta t_{em} - \Delta t_{es})$$

dove:  $\Delta t_e$  = differenza equivalente di temperatura in °C

$\Delta t_{es}$  = differenza equivalente di temperatura per considerazione, °C (tabelle 3.8 e 3.9)

$\Delta t_{em}$  = differenza equivalente di temperatura in °C (tabelle 3.8 e 3.9)

Tabella V: Correzione alle Tabelle IV e V (fornita in ausilio agli allievi).

**Tab. 20 - Correzioni da apportare alle differenze di temperatura equivalente, al variare dell'escursione termica giornaliera  $\Delta t_e$  [°C] e della differenza  $\Delta t_a$  [°C] tra la temperatura esterna massima e la temperatura interna.**

$\Delta t_a$	$\Delta t_e$												
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
3	-2,0	-2,5	-3,0	-3,5	-4,0	-4,5	-5,0	-5,5	-6,0	-6,5	-7,0	-7,5	-8,0
4	-1,0	-1,5	-2,0	-2,5	-3,0	-3,5	-4,0	-4,5	-5,0	-5,5	-6,0	-6,5	-7,0
5	0	-0,5	-1,0	-1,5	-2,0	-2,5	-3,0	-3,5	-4,0	-4,5	-5,0	-5,5	-6,0
6	1,0	0,5	0	-0,5	-1,0	-1,5	-2,0	-2,5	-3,0	-3,5	-4,0	-4,5	-5,0
7	2,0	1,5	1,0	0,5	0	-0,5	-1,0	-1,5	-2,0	-2,5	-3,0	-3,5	-4,0
8	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0	-0,5	-1,0	-1,5	-2,0	-2,5	-3,0
9	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0	-0,5	-1,0	-1,5	-2,0
10	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0	-0,5	-1,0
11	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0
12	7,0	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0

Avendo Napoli, una escursione giornaliera di 10.5 °C e un  $\Delta t_a$  pari a 6 °C (32 esterni – 26 interni), il valore correttivo, interpolato, è -1.75.