



1984 — 2024

Sistemi radianti

Dai carichi di progetto al dimensionamento dei sistemi radianti

Ing. Alessandro Panzeri

Sistemi radianti

1. dalla diagnosi ai carichi termici
2. il sottofondo e la costruzione delle curve caratteristiche
3. dimensionamento dei sistemi radianti
4. collaudi e indagini strumentali
5. temperatura operante

1 Dalla diagnosi ai carichi termici

Modelli di calcolo per carichi sensibili H – UNI EN 12831

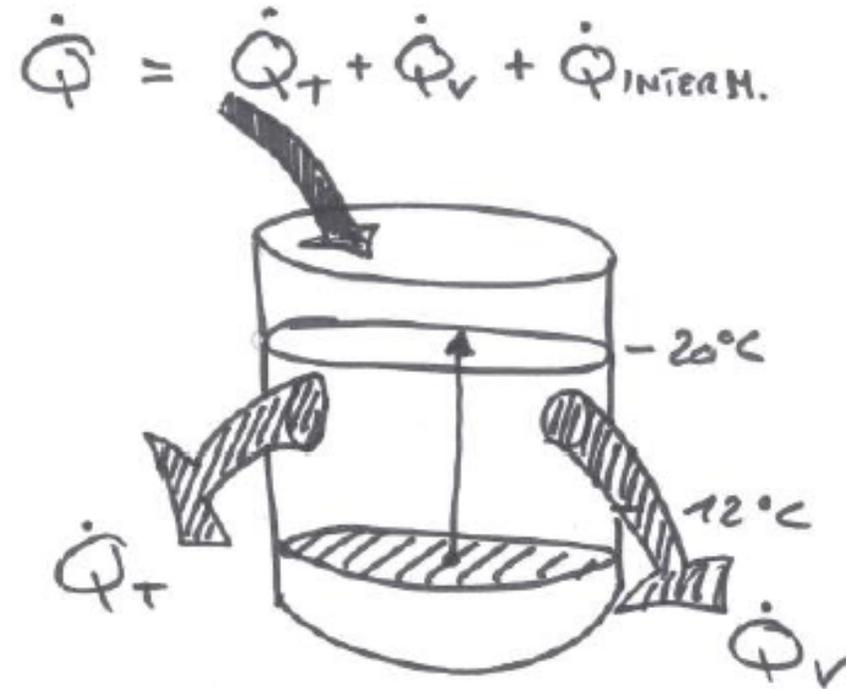
La valutazione dei carichi per la progettazione dell'impianto e dei carichi per la valutazione del comportamento medio della zona termica è differente poiché i due scopi sono differenti: nel primo caso in accordo con UN EN 12831 si valuta la condizione di carico di picco prudenziale, nel secondo

il fabbisogno medio derivante da condizioni ambientali e di utilizzo medie mensili. Queste differenze riguardano la valutazione di:

- perdite per trasmissione
- perdite di ventilazione
- energia di caricamento

Nella norma sono descritti due metodi: standard (utilizzo flessibile) e semplificato (utilizzo legato ai casi per i quali è previsto).

Il metodo è semi-stazionario.

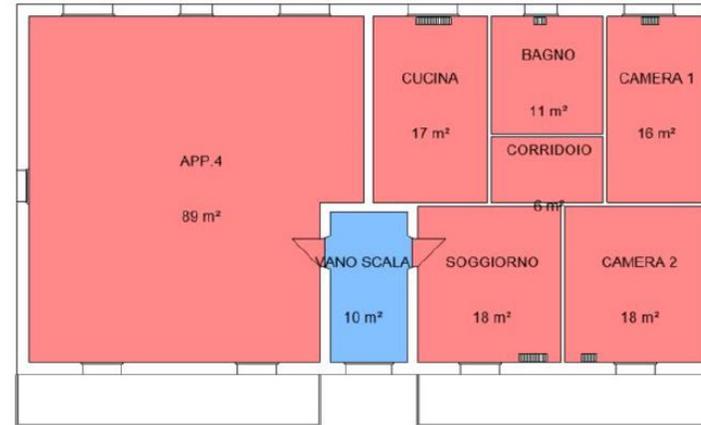


Esempio di valutazione

T di progetto	-5	°C
T interna θ_i	20	°C

Zona	Carico termico nominale	Superficie riscaldante attiva	Potenza termica specifica di progetto
	$Q_{N,f}$	A_F	q_{des}
	W	m ²	W/m ²
APP 3. CUCINA	958	15,0	64
APP 3. SOGGIORNO	1146	18,3	63
APP 3. CAMERA 1	932	15,5	60
APP 3. CAMERA 2	1082	18,4	59
APP 3. BAGNO	363	8,0	45
APP. 3 CORRIDOIO	281	6,0	47

Tabella di determinazione della potenza termica specifica massima q_{max}

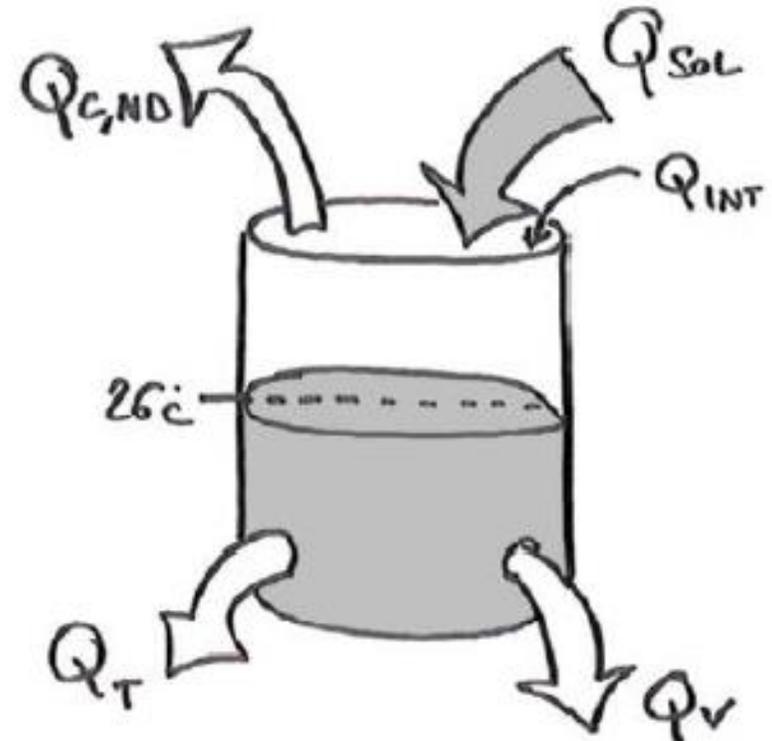


Attenzione alla corretta valutazione del carico di progetto con sistemi radianti!

Modelli di calcolo per carichi sens. C – UNI EN ISO 52016

I dati di input necessari all'utilizzo del modello proposto dalla norma UNI EN ISO 52016 sono:

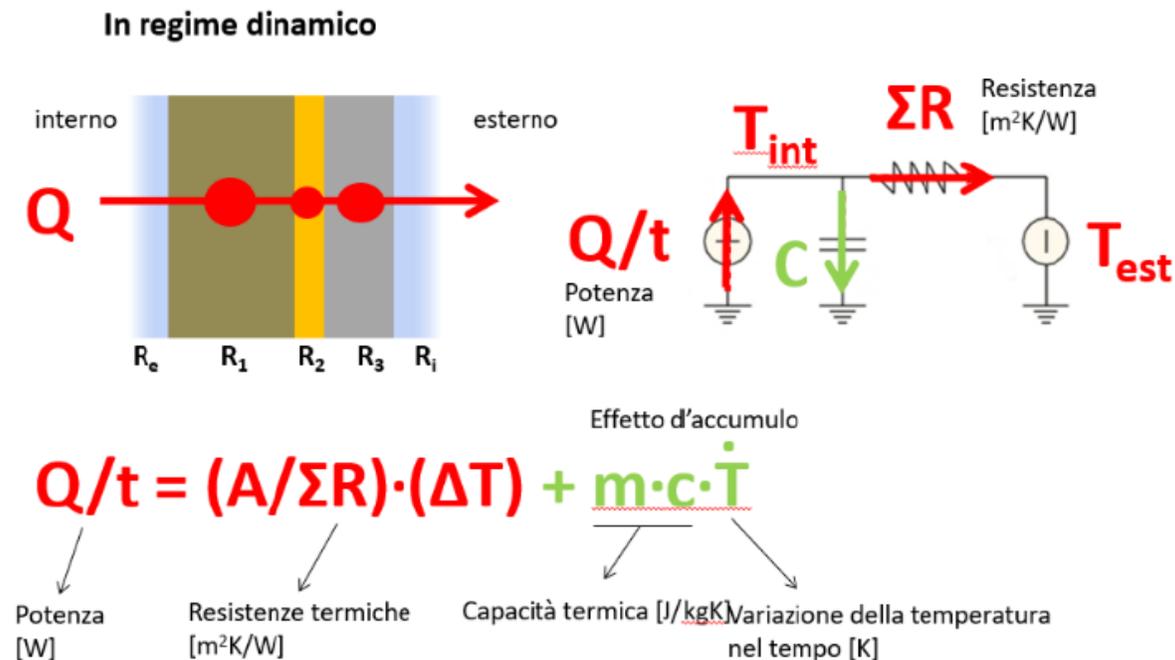
- dati climatici su base oraria, ovvero:
 - temperatura oraria dell'aria esterna del sito oggetto di studio;
 - contenuto di umidità dell'aria esterna;
 - irradianza solare oraria, diretta, diffusa, su piano orizzontale e su superfici variamente inclinate;
- contributi di bilancio:
 - carico (scarico) per trasmissione e per ventilazione;
 - apporti solari e apporti interni (presenza di persone, cose etc.).



Le superfici opache e il comportamento inerziale

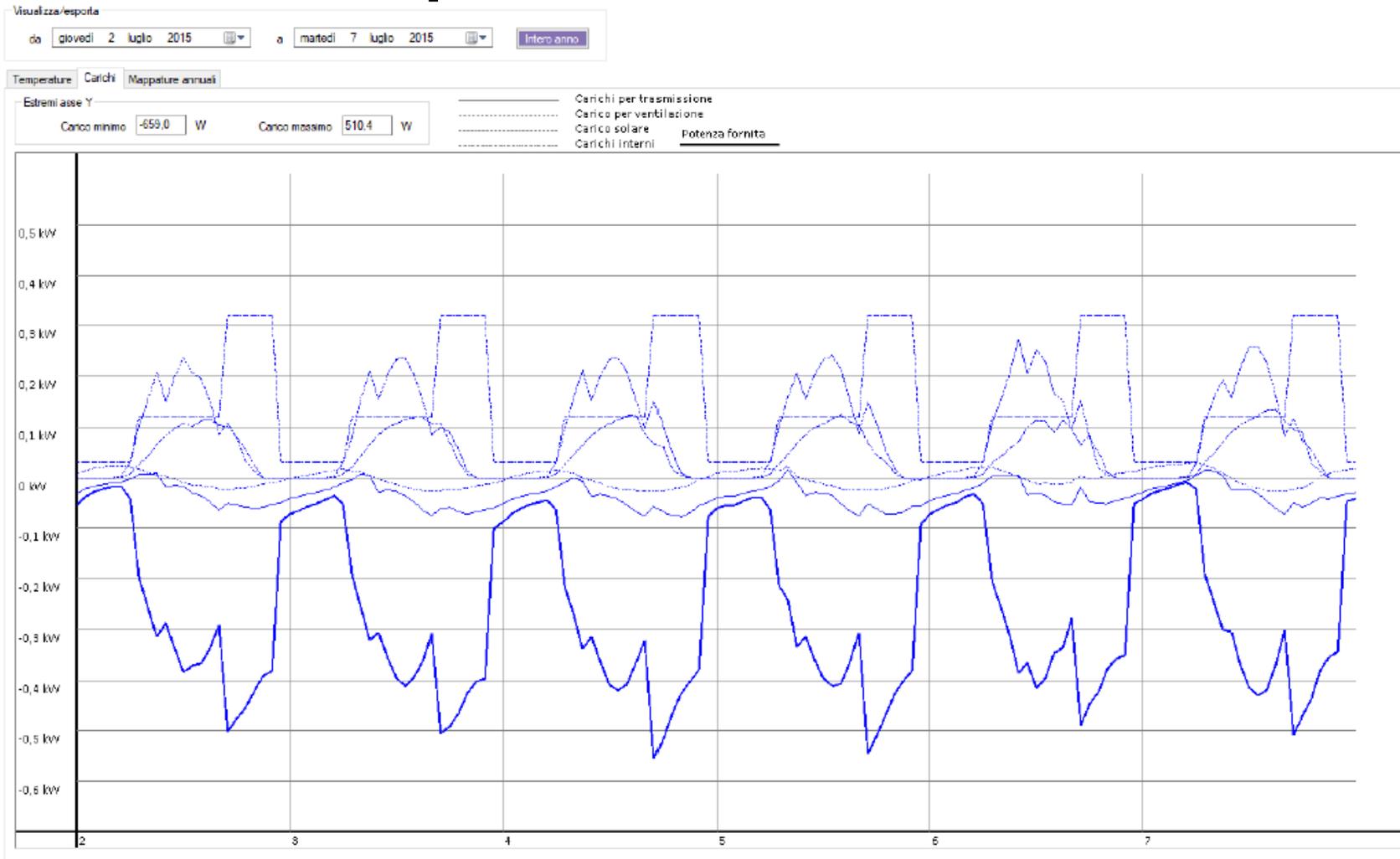
La potenza che attraversa una struttura opaca, nel caso estivo, si compone di un contributo stazionario, e quindi costante nel tempo, e di un contributo dinamico:

- Il primo di questi due, quello stazionario, tiene in considerazione la resistenza termica della struttura, che deriva dalle conducibilità dei singoli materiali e dello spessore associato;
- Il secondo contributo, quello “dinamico”, riguarda invece la capacità termica del materiale, che va a descrivere la capacità della struttura, e quindi anche quella dei materiali che la compongono, di assorbire (o immagazzinare) il calore al suo interno per rilasciarlo poi in un altro momento.



Esempio di valutazione

- Dati climatici
- BAGNO
- CAMERA 1
 - Carichi per trasmissione
 - Carichi per ventilazione
 - Carichi solari superficiali trasparenti
 - Carichi solari superficiali opache
 - Carichi interni
 - Potenza fornita
 - Temperatura operante
 - Temperatura dell'aria intama
 - Temperatura media radiante
 - Temperature superficiali interne
- CAMERA 2
- CORRIDOID
- CUCINA
- SOGGIORNO
- VANO SCALA NR



Esempio di andamento dei carichi nei giorni più caldi -camera 1 a sud

icaro

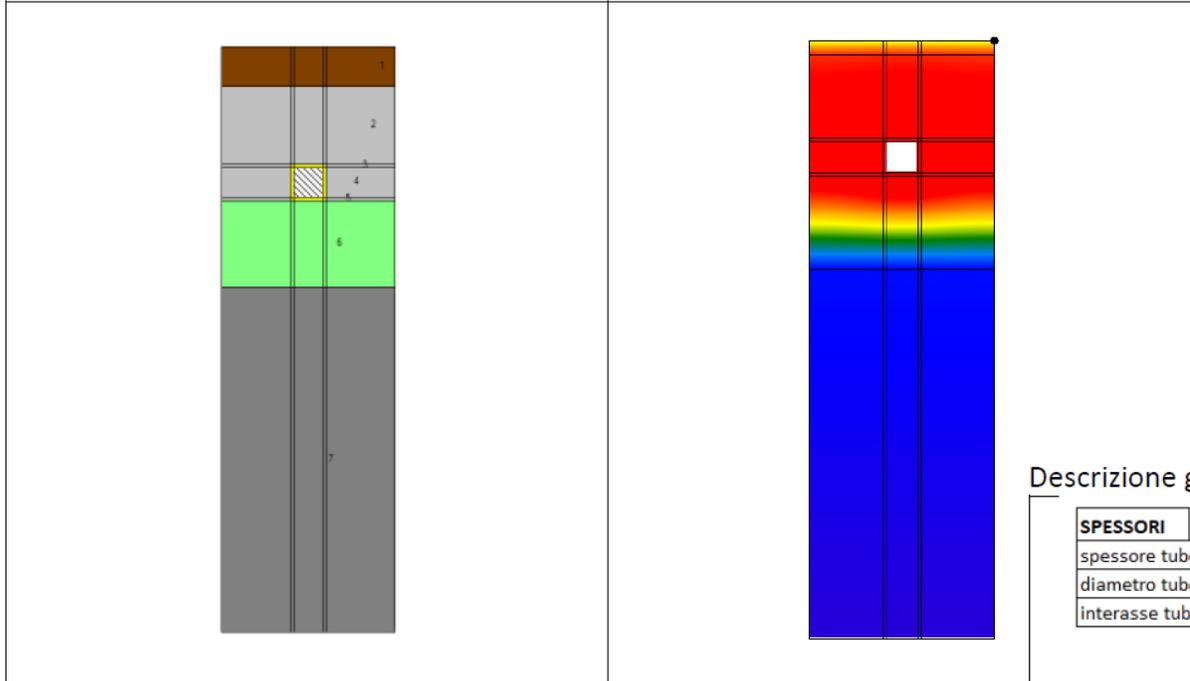
1

Simulazione dinamica oraria degli edifici
secondo UNI EN ISO 52016-1.

2

Il sottofondo e la costruzione delle curve caratteristiche

La costruzione delle curve caratteristiche



Geometria strati, proprietà termiche (conduttività), condizioni al contorno e liminari.

Varie possibilità per i produttori di sistemi radianti.

In accordo con UN EN ISO 11855-2 è possibile usare metodo computazionale e calcolo FEN - stazionario

Descrizione geometrica e delle condizioni al contorno per la simulazione

SPESSORI		
spessore tubo		20 mm
diametro tubo esterno		17 mm
interasse tubi	T	100 mm

Orizzontale	[mm]	[m]	Verticale	[mm]	[m]
1	40	0,0400	1	8	0,0080
2	2	0,0020	2	45	0,0450
3	17	0,0170	3	2	0,0020
4	2	0,0020	4	17	0,0170
5	40	0,0400	5	2	0,0020
6		0,0000	6	50	0,0500
		0,101	7	200	0,2000
			8		0,0000
			9		0,0000
			10		0,0000
					0,252

MATERIALI			
		W/mK	Spessori
solaio	c.a.	2,3	20 cm
strato isolante	isolante	0,036	5 cm
massetto	cls alleggerito	1,3	4,5 cm
tubo	PP	0,35	20 mm
rivestimento	legno	0,15	8 mm - 23 mm

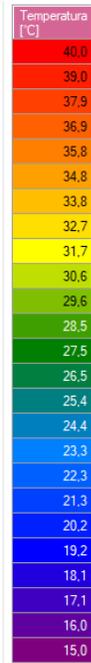
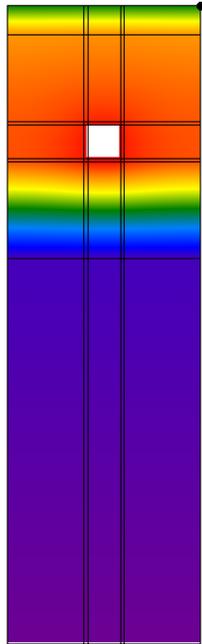
CONDIZIONI AL CONTORNO			
Ambiente 1	non riscaldato	20	°C
Ambiente 2	riscaldato	20	°C

Sezione	verticale
Resistenze superficiali	
Esterna	0,096
Interna flusso orizzontale	0,125
Interna flusso ascendente	0,093
Interna flusso discendente	0,154

	R superficiale	T °C
Cavità 1	0,0001	35 e 40 °C

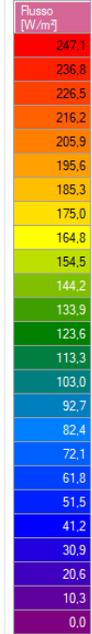
Risultati singola simulazione

Flussi energetici, temperature superficiali ed energia «dispersa».



T_s minima = 27,2 °C
 T_s massima 27,3 °C
 T_s media=27,3 °C

Flusso specifico 78,5 W/m²
 Con $\Delta\vartheta_H = 40 - 20 = 20$ °C



Flussi

	totale [W]	specifico [W/m²]
Interno	-7,853	-78,529
Esterno	1,499	14,994

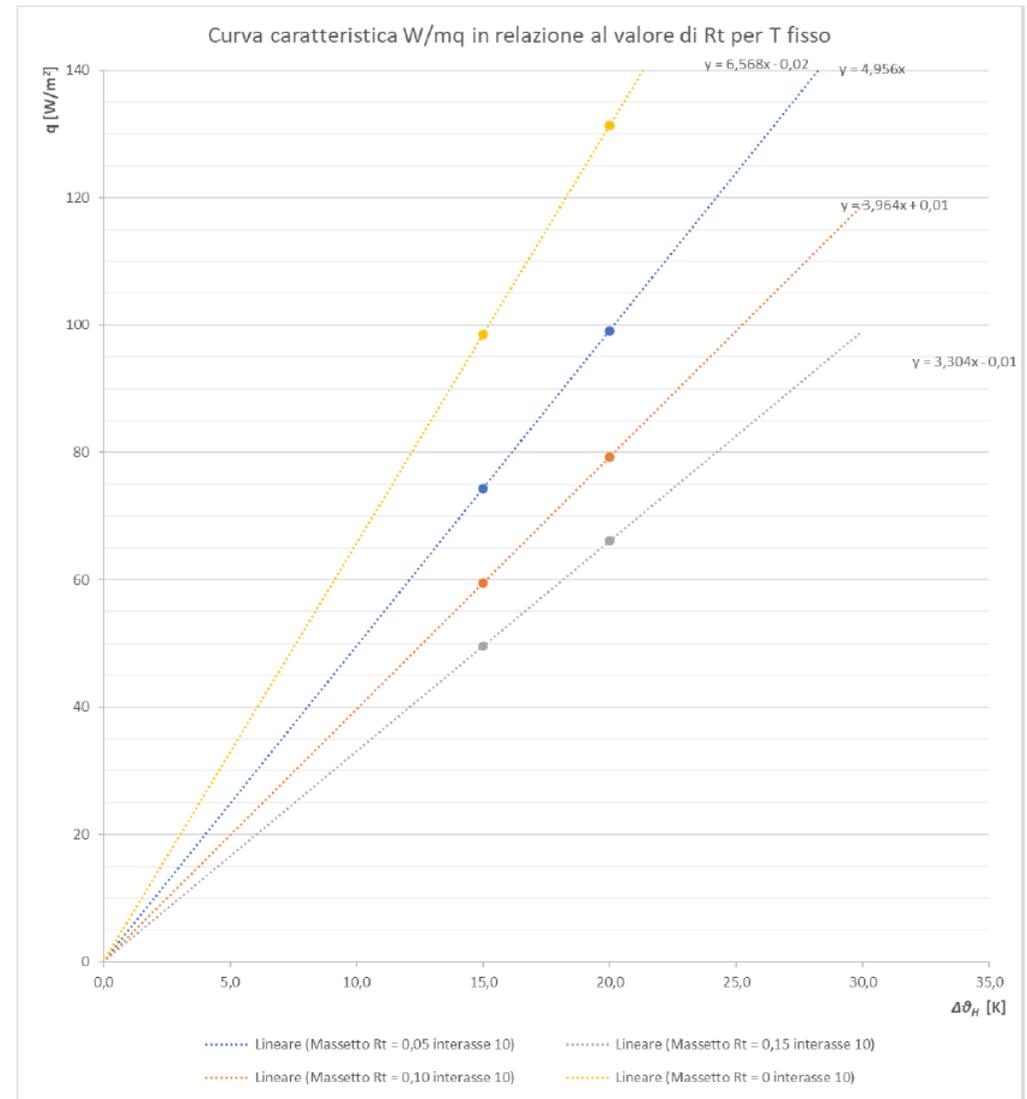
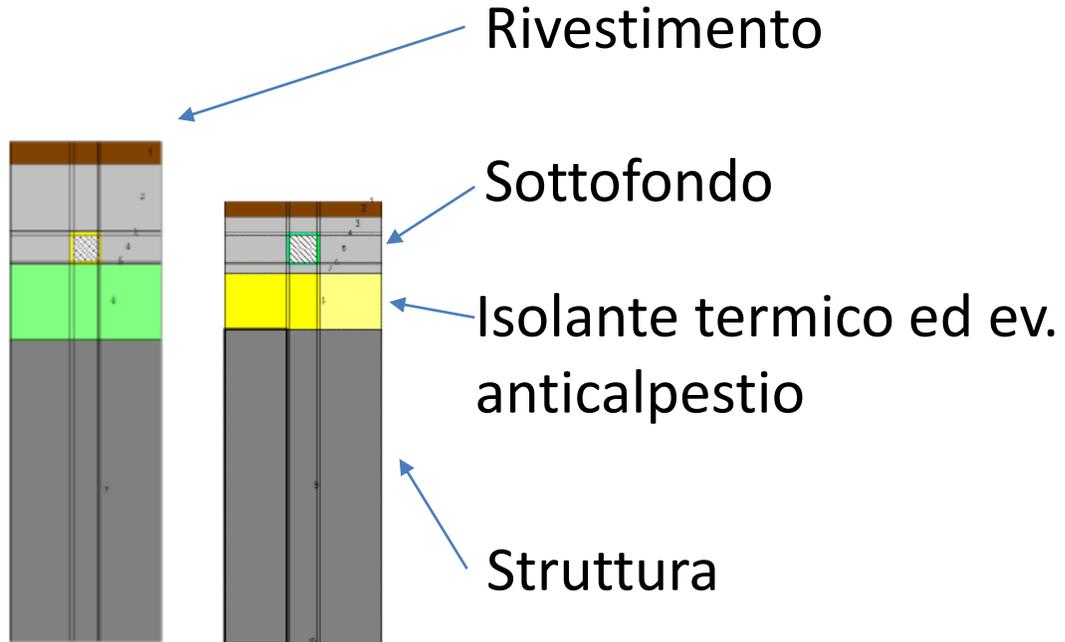
Visualizza iterazioni

Area 0,100 m²

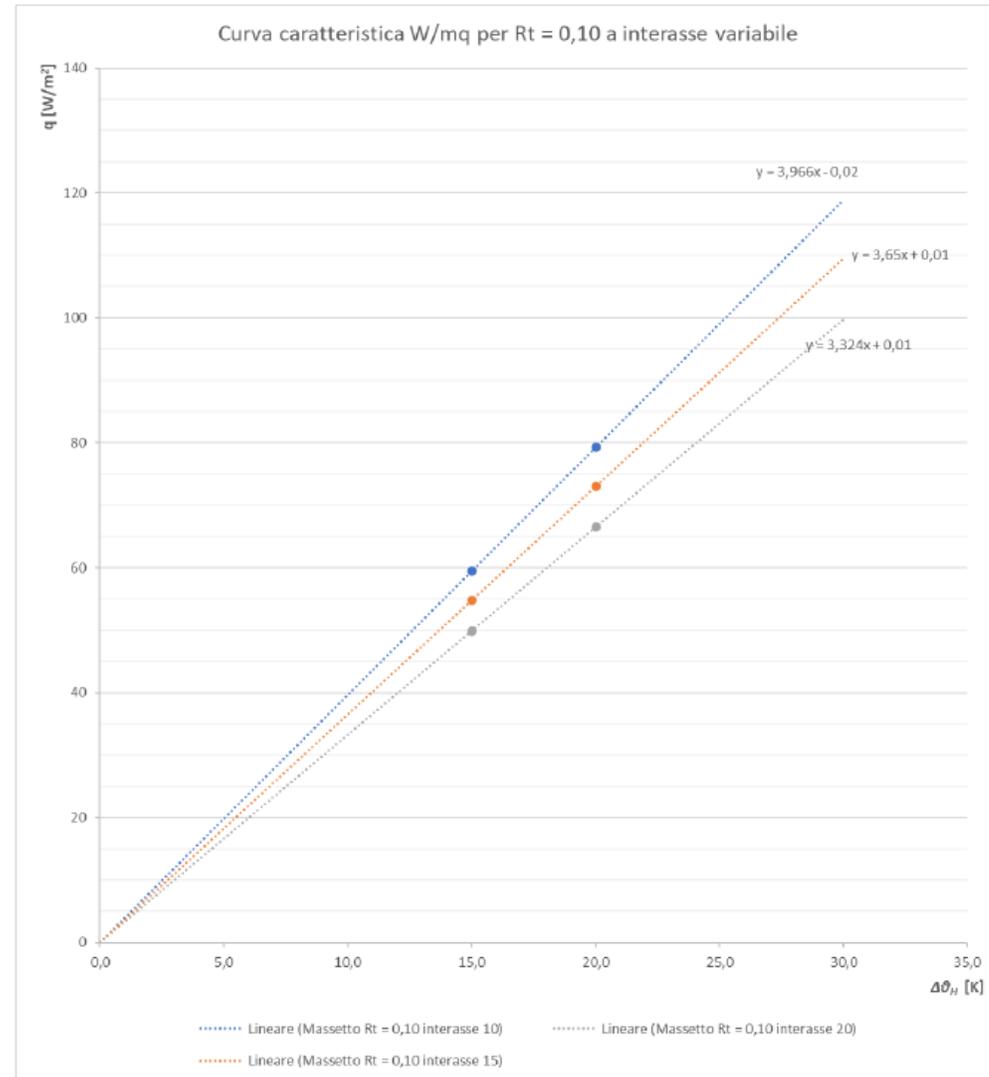
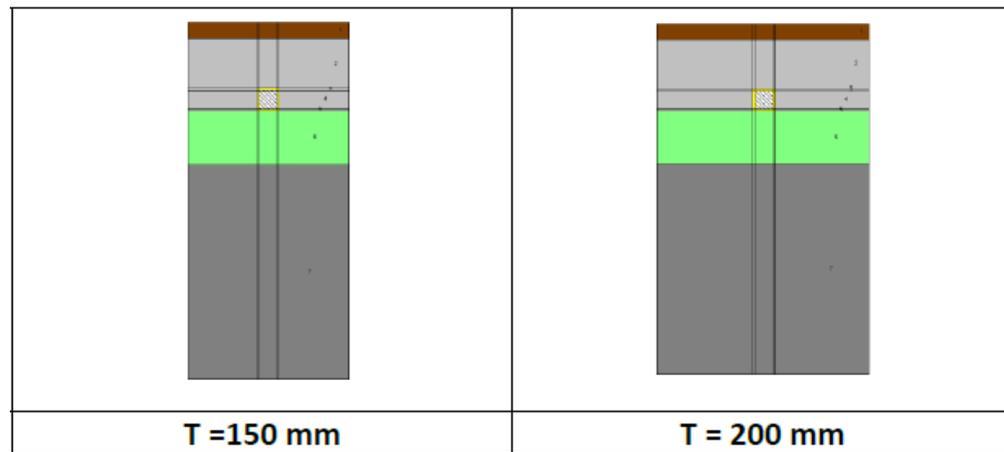
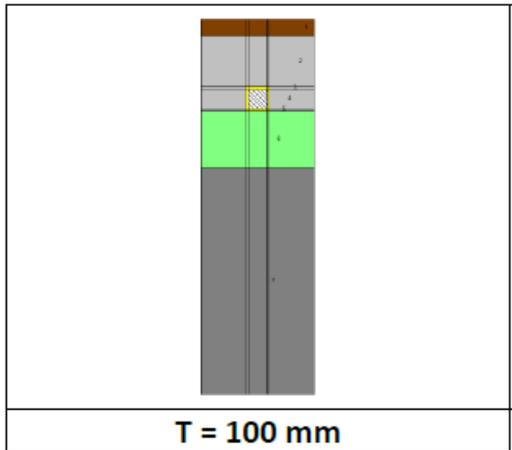
Software di studio delle curve caratteristiche e di dimensionamento sistemi radianti



Al variare dei materiali e direzioni di flussi



Al variare del passo dei tubi



3

Dimensionamento dei sistemi radianti

Carichi e scelta del sistema radiante

T di progetto	-5	°C
T interna θ_i	20	°C

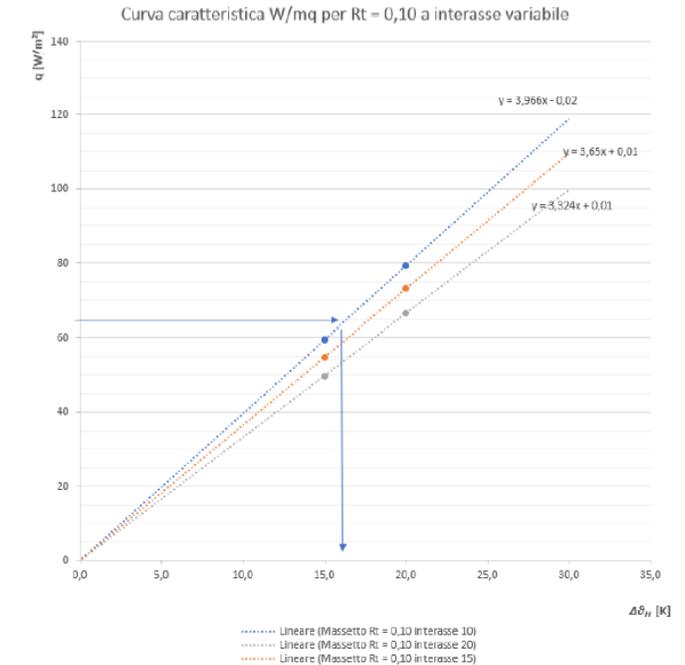
Zona	Carico termico nominale	Superficie riscaldante attiva	Potenza termica specifica di progetto
	$Q_{N,f}$	A_F	q_{des}
	W	m^2	W/m^2
APP 3. CUCINA	958	15,0	64
APP 3. SOGGIORNO	1146	18,3	63
APP 3. CAMERA 1	932	15,5	60
APP 3. CAMERA 2	1082	18,4	59
APP 3. BAGNO	363	8,0	45
APP. 3 CORRIDOIO	281	6,0	47

Il sistema è caratterizzato da stratigrafia, dimensioni tubo e passo T.

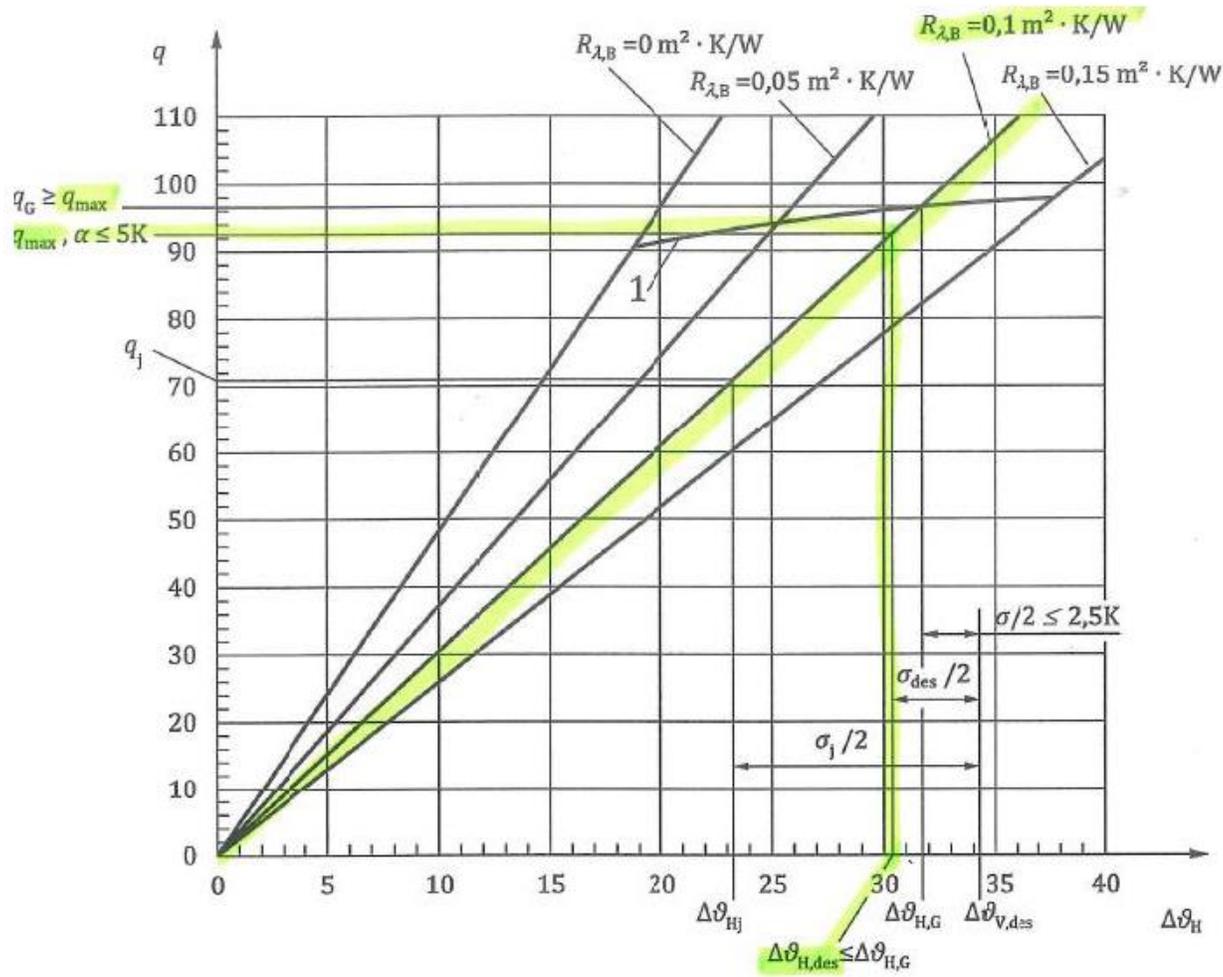
In fase di progetto il rivestimento superficiale dei vari locali è assunto uniforme e generalmente si assumono valori di rivestimento dalle curve caratteristiche con $R_{\lambda,B} = 0.10 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$. Se in fase di progetto si è già a conoscenza di valori maggiori, è necessario prenderli in considerazione.

Scelta del sistema radiante

$R_{\lambda,B}$	0,10	$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$
$K_H (T = 100)$	3,96	$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$
$K_H (T = 150)$	3,65	$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$



Determinazione delle temperatura di mandata di progetto



$$\Delta\theta_{V,des} = \Delta\theta_{H,des} + \frac{\sigma}{2} + \frac{\sigma^2}{12 \cdot \Delta\theta_{H,des}}$$

Determinazione del salto termico e delle portate

Per determinare il salto termico σ_j si ricorre alla seguente equazione:

$$\sigma_j = 3 \cdot \Delta\theta_{H,j} \cdot \left[\left(1 + \frac{4 \cdot (\Delta\theta_{V,des} - \Delta\theta_{H,j})}{3 \cdot \Delta\theta_{H,j}} \right)^{\frac{1}{2}} - 1 \right]$$

o a quella semplificata:

$$\frac{\sigma_j}{2} = \Delta\theta_{V,des} - \Delta\theta_{H,j}$$

Il salto termico per singolo ambiente comporta la possibilità di valutare la portata teorica:

$$m_H = \frac{A_F \cdot q}{\sigma \cdot c_w}$$

Dove:

- $c_w = 4.190 \text{ J/kgK}$

Oltre all'energia impiegata dal pannello per la copertura della potenza di progetto è necessario aggiungere quelle "dispersa" verso l'ambiente sottostante.

Il calcolo della portata viene aumentato di una quota parte che dipende dalla resistenza termica della parte sottostante.

$$m_H = \frac{A_F \cdot q}{\sigma \cdot c_w} \cdot \left(1 + \frac{R_0}{R_u} + \frac{\theta_i - \theta_u}{q \cdot R_u} \right)$$

Determinazione del salto termico e delle portate

Locale	Potenza termica specifica di progetto	Interasse dei tubi	Differenza di temperatura corrispondente a q_{des}	Salto termico teorico	Superficie riscaldante	Potenza termica di progetto	Portata teorica	coef.	Portata reale
	q_{des}	T	$\Delta\theta_{i,r,j}$	σ	A_F		m_H		m_H
	W/m ²	mm	K	K	m ²	W	kg/h	-	kg/h
APP 3. CUCINA	64	100	16,1	5,1	15	958	163	1,19	194
APP 3. SOGGIORNO	63	100	15,8	5,6	18	1146	175	1,19	209
APP 3. CAMERA 1	60	100	15,2	6,7	16	932	119	1,19	142
APP 3. CAMERA 2	59	100	14,8	7,3	18	1082	128	1,19	152
APP 3. BAGNO	45	150	12,4	11,1	8	363	28	1,19	34
								tot	730

Dalle portate reali sulla base del diametro dei tubi è possibile stimare la velocità nelle tubazione e quindi le perdite di carico con una verifica sulla prevalenza da garantire al collettore.

Parametri di controllo per dimensionamento

Descrizione
Temperatura massima del fluido termovettore in circolazione dei pannelli
Salto di temperatura di progetto (differenza tra temperatura dell'acqua in ingresso e in uscita dal pannello)
La portata massima di un pannello per tubi con $D_i = 16 \text{ mm}$
La lunghezza della tubazione costituente un singolo pannello massima (lunghezza circuito)
La velocità del fluido termovettore risulti
La perdita di carico per circuito

Impatto sui requisiti minimi

SISTEMA IMPIANTISTICO H - oggetto di indagine – UNI TS 11300-2			
Tipo di dato	Valutazione progetto A1	Valutazione standard A2	Valutazione adattata all'utenza A3
Perdite di emissione	Rendimenti tabellari come da prospetti 17 e 18		
Perdite di regolazione	Rendimenti tabellari come da prospetto 20		
Perdite di distribuzione	Rendimenti precalcolati come da prospetti 21-22-23. Se le condizioni al contorno non sono rispettate, calcoli analitici tubazione per tubazione in accordo con Appendice A		
Perdite di accumulo	Calcolo analitico delle perdite in funzione della dimensione del serbatoio, grado di isolamento, ubicazione e temperatura dell'acqua		
Combustione a fiamma di combustibili fossili (e biomasse)	Calcoli in accordo con Appendice B ovvero con metodo basato su dati dei produttori Direttiva 92/42/CEE oppure metodo analitico basato su dati forniti dai produttori o rilevati in campo	Come A1 (possibilmente metodo dell'Appendice B), o rendimenti tabellari dei prospetti 25, 26, 27, 28 e 29 dove le condizioni lo consentono	Calcoli in accordo con Appendice B ovvero con metodo basato su dati dei produttori Direttiva 92/42/CEE oppure metodo analitico basato su dati forniti dai produttori o rilevati in campo
Solare termico	Calcolo in accordo con UNI/TS UNI11300-4		
Elettrico (effetto Joule e/o radiante)	Secondo punto 6.6.4		
Altri metodi di generazione (pompa di calore, teleriscaldamento ec..)	Calcolo in accordo con UNI/TS UNI11300-4		

Schema: dati in ingresso al modello di calcolo valutabili in modo analitico o semplificato.

Efficienza di emissione e regolazione

Rendimenti di emissione η_e in locali con altezza minore di 4 m			
Tipo di terminale di erogazione	Carico medio annuo (cma) W/m ³		
	≤ 4	4-10	> 10
Radiatori su parete esterna isolata (*)	0.98	0.97	0.95
Radiatori su parete interna	0.96	0.95	0.92
Ventilconvettori valori riferiti a T _{media} acqua = 45 °C	0.96	0.95	0.94
Termoconvettori	0.94	0.93	0.92
Bocchette in sistemi di aria calda	0.94	0.92	0.90
Pannelli annegati a pavimento	0.99	0.98	0.97
Pannelli annegati a soffitto	0.97	0.95	0.93
Pannelli a parete	0.97	0.95	0.93
Riscaldatori a infrarossi	0.99	0.98	0.97

(*) per acqua di mandata ≤ 55 °C, se c'è materiale isolante riflettente +0.01, se parete esterna non isolata - 0.04, se temperatura di mandata > 85°C - 0.02 e per temperature intermedie di interpola linearmente

Rendimenti di emissione con h < 4 m. [Fonte: UNI/TS 11300-2, paragrafo 6.2.1, prospetto 17]

Rendimenti di regolazione η_{rg}				
Tipo di regolazione	Caratteristiche della regolazione	Sistemi a bassa inerzia	Sistemi ad elevata inerzia	
		Radiatori, convettori, ventilconvettori, strisce radianti ed aria calda	Pannelli integrati nelle strutture edilizie e disaccop. termicamente	Pannelli annegati nelle strutture edilizie non disaccoppiati termicamente
Solo climatica (compensazione con sonda esterna) $K - (0.6 \eta_u \gamma)$		K = 1	K = 0.98	K = 0.94
Solo di zona	On off	0.93	0.91	0.87
	P banda prop. 2 °C	0.94	0.92	0.88
	P banda prop. 1 °C	0.97	0.95	0.91
	P banda prop. 0.5 °C	0.98	0.96	0.92
	PI PID	0.99	0.97	0.93
Solo per singolo ambiente	On off	0.94	0.92	0.88
	P banda prop. 2 °C	0.95	0.93	0.89
	P banda prop. 1 °C	0.98	0.97	0.95
	P banda prop. 0.5 °C	0.99	0.98	0.96
	PI PID	0.995	0.99	0.97
Zona + climatica	On off	0.96	0.94	0.92
	P banda prop. 2 °C	0.96	0.95	0.93
	P banda prop. 1 °C	0.97	0.96	0.94
	P banda prop. 0.5 °C	0.98	0.97	0.95
	PI PID	0.995	0.98	0.96
Per singolo ambiente + climatica	On off	0.97	0.95	0.93
	P banda prop. 2 °C	0.97	0.96	0.94
	P banda prop. 1 °C	0.98	0.97	0.95
	P banda prop. 0.5 °C	0.99	0.98	0.96
	PI PID	0.995	0.99	0.97

Rendimenti di regolazione. [Fonte: UNI/TS 11300-2, paragrafo 6.3, prospetto 20]

Efficienza di generazione – temperatura fluido

Stima della temperatura media del fluido termovettore per l'efficienza media di generazione

Progetto ?

Anno di installazione: 2023 Codice catasto regionale: Impianti termici: Temperatura di out-off: 5 °C COP medio stagionale: 2,573 Rendimento medio stagionale: 2,573

Tipologia di pompa: a compressione ad azionamento elettrico

Tipologia di funzionamento: a potenza variabile, modulare

Sorgente fredda: Aria Pozzo caldo: Acqua

Temperature di default:

Valori di riferimento di potenza e rendimento a pieno carico:

Detto noto: Potenza richiesta in ingresso (Pi) COP (potenza erogata/potenza richiesta)

Aggiungi temperatura pozzo caldo: Elimina temperatura pozzo caldo

	Ph 35°C	COP 35°C	Ph 45°C	COP 45°C	Ph 55°C	COP 55°C
-7°C	10,6	2,70	10,49	2,10	8,87	1,78
2°C	12	3,30	12	2,30	12	2,00
7°C	16	4,53	16	3,51	15,63	2,75
10°C	9,2	5,32	9,2	5,32	15,63	2,75

Aggiungi temperatura sorgente fredda: Elimina temperatura sorgente fredda

	Temperatura sorgente fredda [°C]	Temperatura pozzo caldo [°C]
Gennaio	4,00	32,20
Febbraio	7,11	33,48
Marzo	10,57	42,08
Aprile	13,41	52,29
Maggio	15,38	45,00
Giugno	22,83	45,00
Luglio	24,49	45,00
Agosto	24,27	45,00
Settembre	19,81	45,00
Ottobre	14,12	38,44
Novembre	7,52	32,69
Dicembre	3,52	31,83

Potenza degli ausiliari elettrici non inclusi nel COP (se presenti): 0 kW

Potenza della resistenza elettrica per integrazione (se presente): 0 kW

	Q _{gen,out} [kWh]	Ph [kW]	CR	COP	Q _{aux} [kWh]	Q _{gen} [kWh]	Q _{gen,in} [kWh]	Q _{H,gen,in} [kWh]	Q _{int} [kWh]	Q _{p,ren} [kWh]	Q _{p,ren} [kWh]	Q _{res} [kWh]
Gennaio	2145,00	12,54	0,23	3,14	0,00	-1769,37	1075,64	772,02	0,00	2097,49	2296,37	0,00
Febbraio	1811,51	12,43	0,14	2,99	0,00	-1101,80	709,72	428,42	0,00	1383,95	1467,48	0,00
Marzo	1235,98	10,95	0,07	2,12	0,00	-669,97	566,01	206,11	0,00	1103,73	1039,69	0,00
Aprile	806,94	14,06	0,01	0,30	0,00	-58,39	748,55	49,71	0,00	1459,57	956,92	0,00
Maggio	762,89	9,20	0,01	0,44	0,00	-570,20	192,69	0,00	0,00	375,75	568,10	0,00
Giugno	729,57	9,20	0,01	0,49	0,00	-566,60	162,97	0,00	0,00	317,79	533,26	0,00
Luglio	749,55	9,20	0,01	0,53	0,00	-592,44	157,11	0,00	0,00	306,37	543,02	0,00
Agosto	750,11	9,20	0,01	0,53	0,00	-592,90	157,21	0,00	0,00	306,56	543,42	0,00
Settembre	737,18	9,20	0,01	0,45	0,00	-553,98	183,20	0,00	0,00	357,24	547,54	0,00
Ottobre	928,51	9,36	0,03	1,49	0,00	-576,73	351,78	57,55	0,00	695,98	746,54	0,00
Novembre	2113,05	13,12	0,15	3,23	0,00	-1354,94	758,12	482,49	0,00	1478,33	1678,97	0,00
Dicembre	3247,58	13,03	0,26	3,15	0,00	-2057,19	1190,39	895,58	0,00	2321,26	2592,29	0,00
ANNUALE	16717,89				0,00	-10464,49	6253,39	2891,87	0,00	12194,12	13403,59	0,00

Software certificato

SUITE ANIT

Giorni rimanenti: 332
Codice contratto: 060287772

Software ANIT Sviluppato da TEP s.r.l.

LETO 5.1

Analisi del fabbisogno energetico degli edifici secondo UNI/TS 11300 parte 1, 2, 3, 4, 5 e 6

Versione 5.1.22 (Ultime aggiornamenti: 10/2020)

Linea del proprio software e dei relativi risultati sono in esclusiva competenza e responsabilità dell'utente. Tutti i diritti riservati. Qualsiasi riproduzione non autorizzata è vietata.

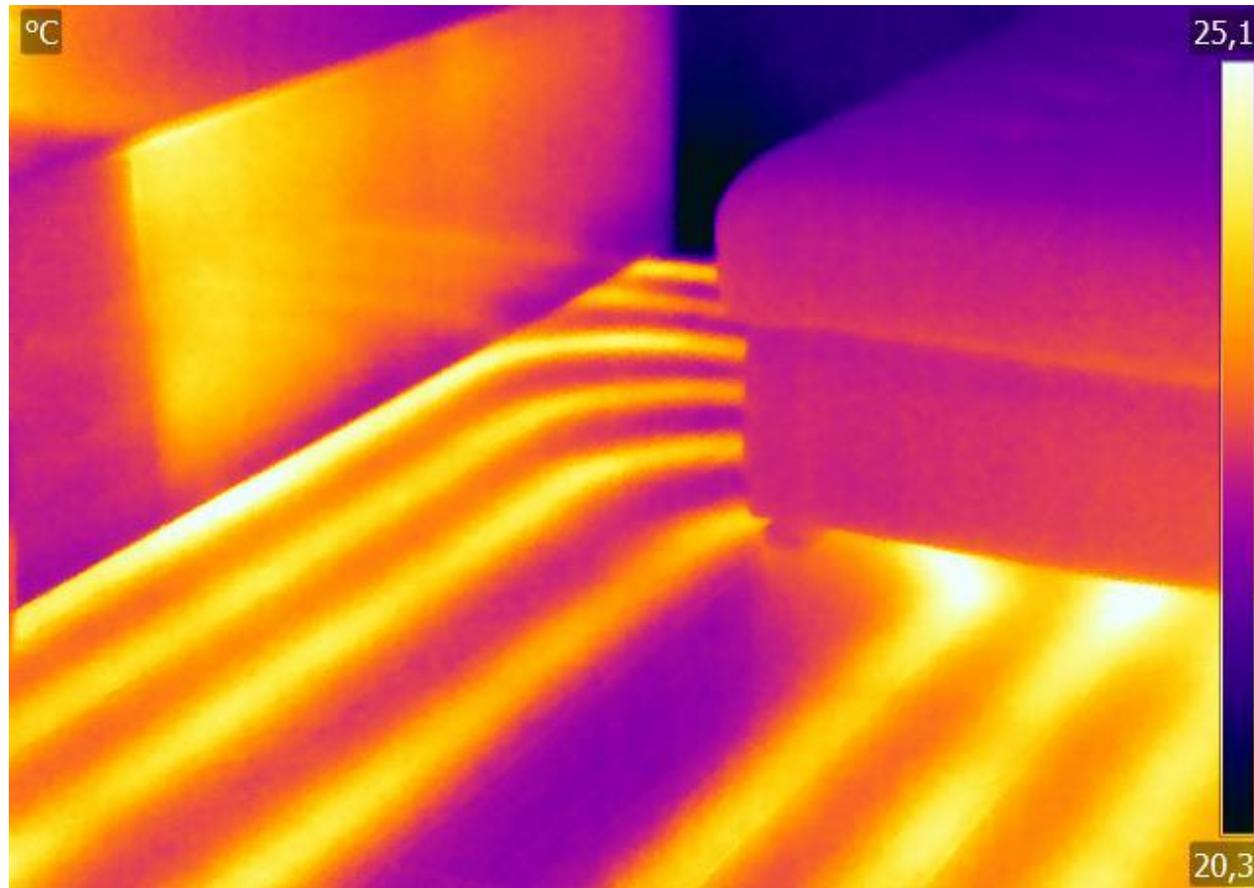
Maggiori informazioni e contatti: www.anit.it - software@anit.it

Inizia

4

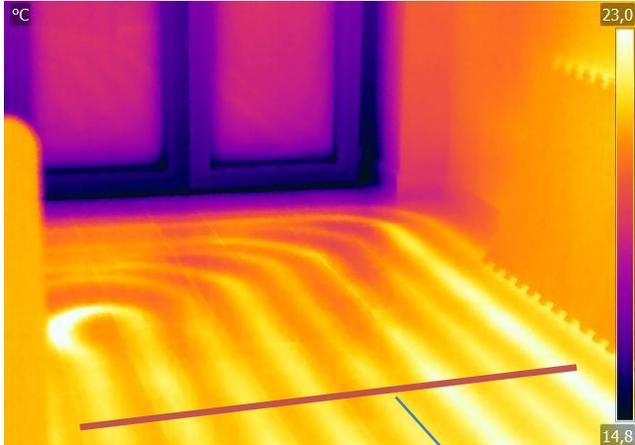
Collaudo e indagini strumentali

Sistemi radianti a pavimento per riscaldamento

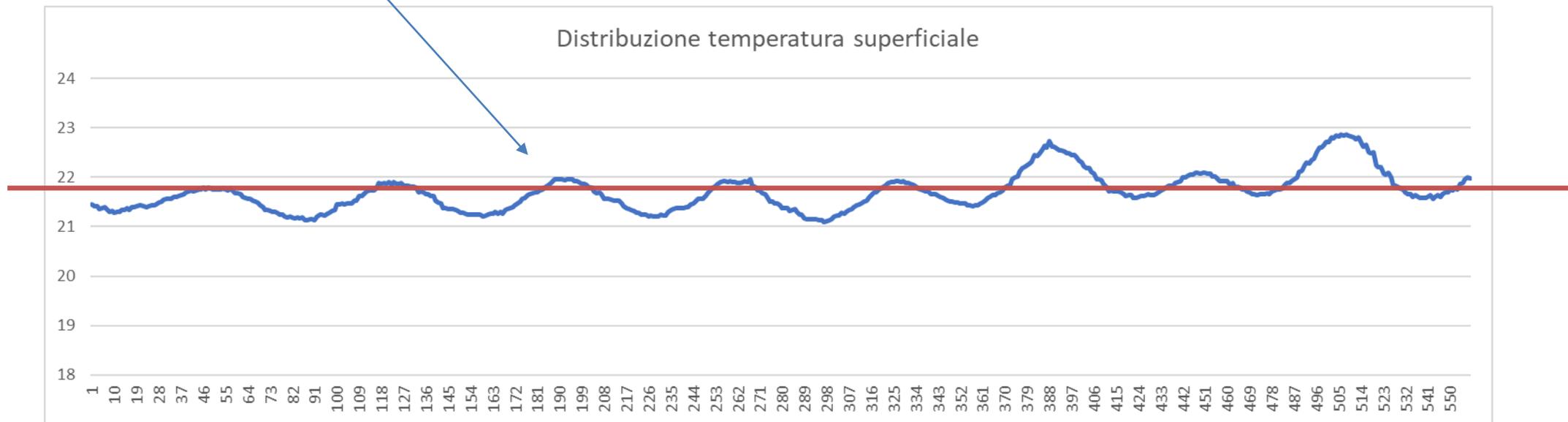


Temperatura massima = 24,4 °C, minima = 22,7 °C, media 23,5 °C

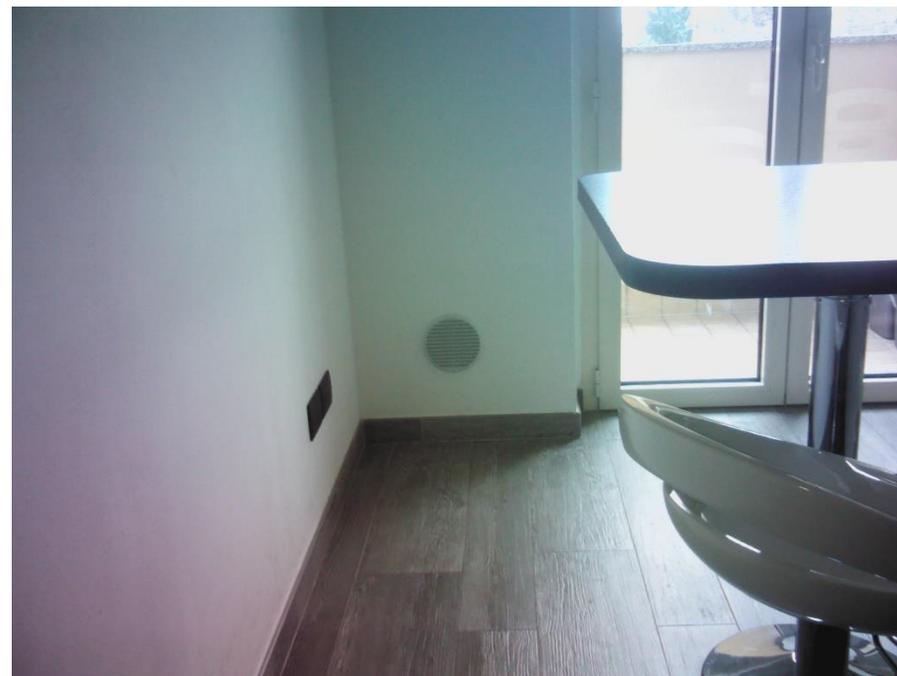
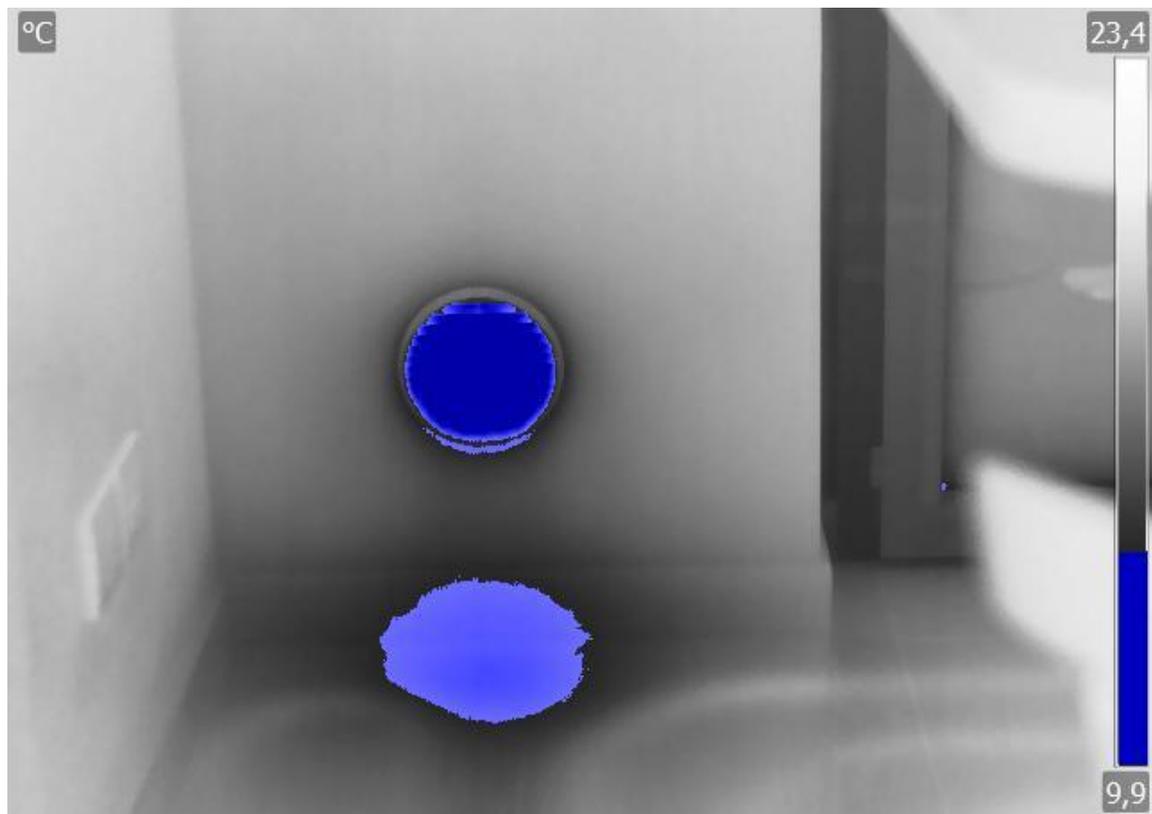
Sistemi radianti a pavimento per riscaldamento



Ts media = 21,7 °C

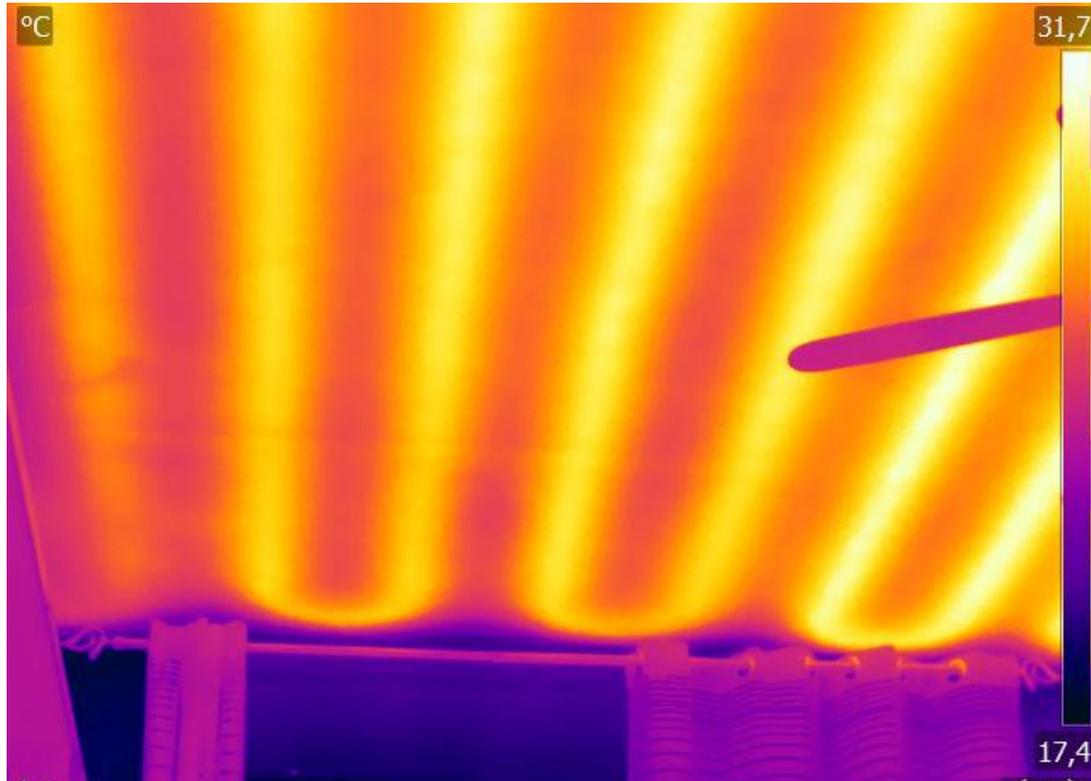


Sistemi radianti e alterazioni



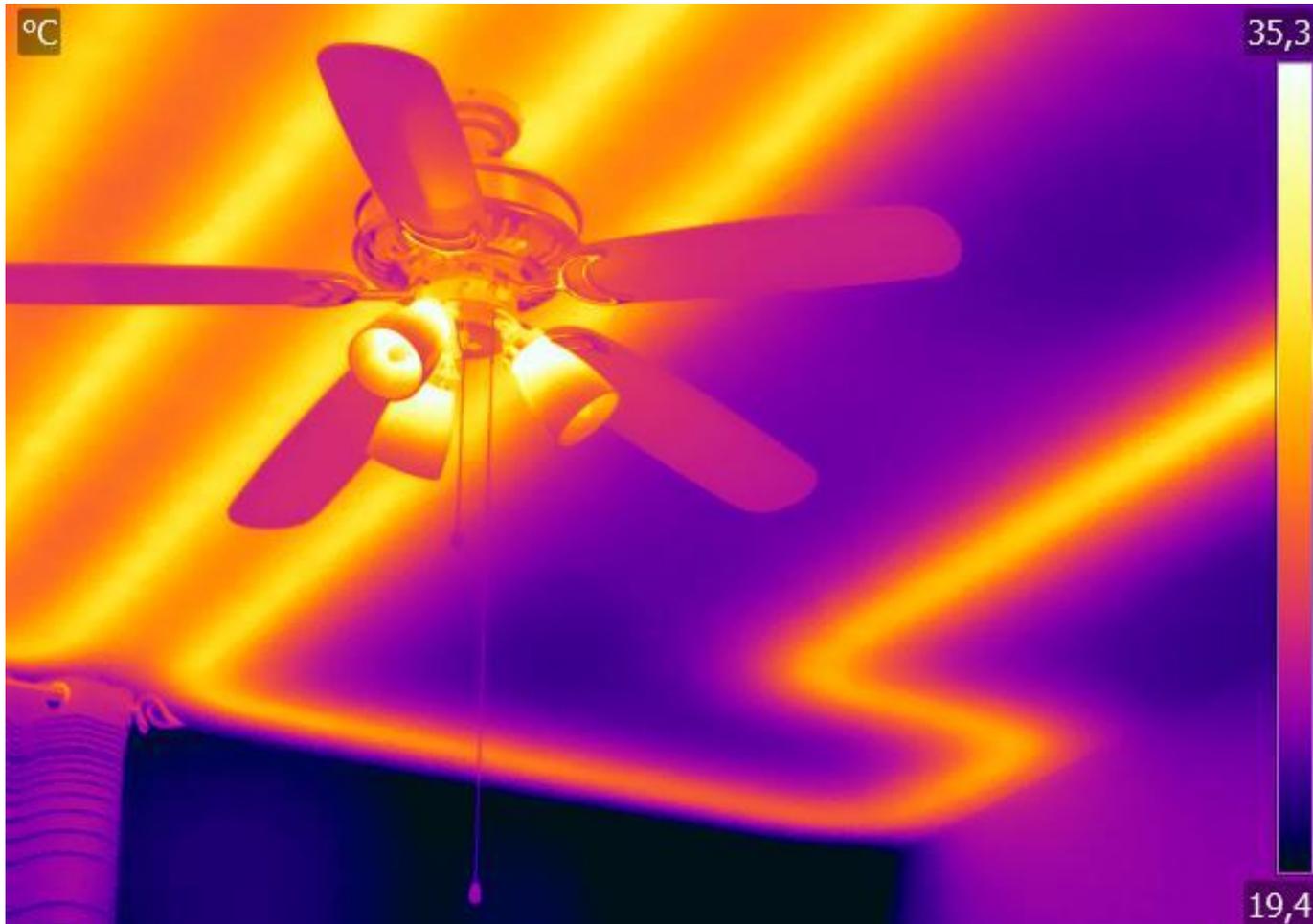
Temperatura superficiale inferiore a 14 °C

Sistemi radianti a soffitto per riscaldamento



Temperatura massima = 30 °C, minima = 26 °C, media 27,8 °C

Sistemi radianti a soffitto per riscaldamento



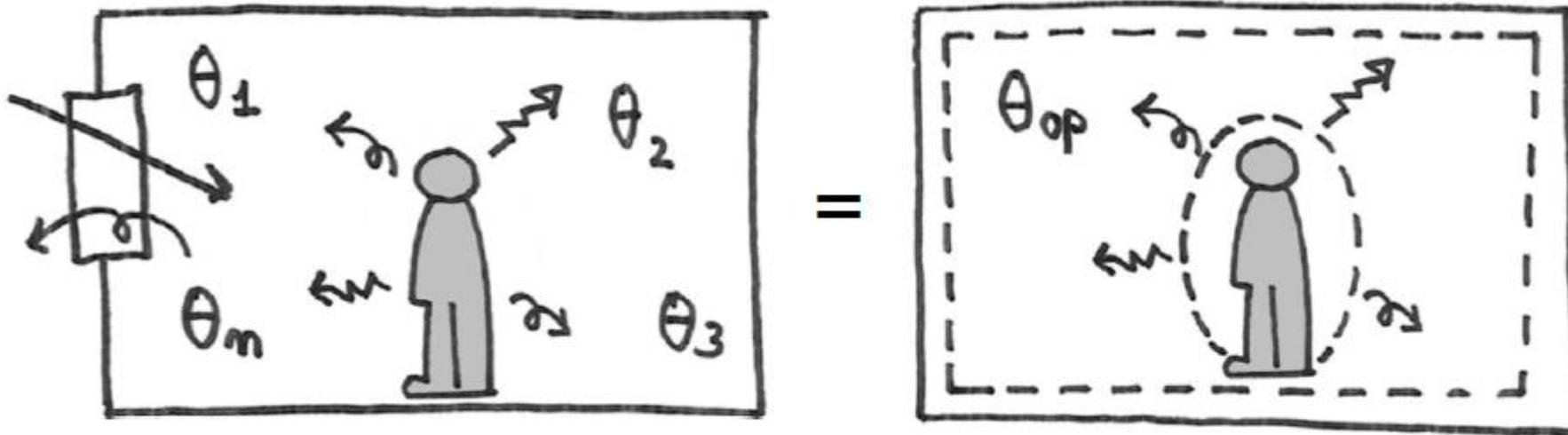
Studio dei percorsi realizzati

5

Temperatura operante

IL COMFORT ADATTIVO

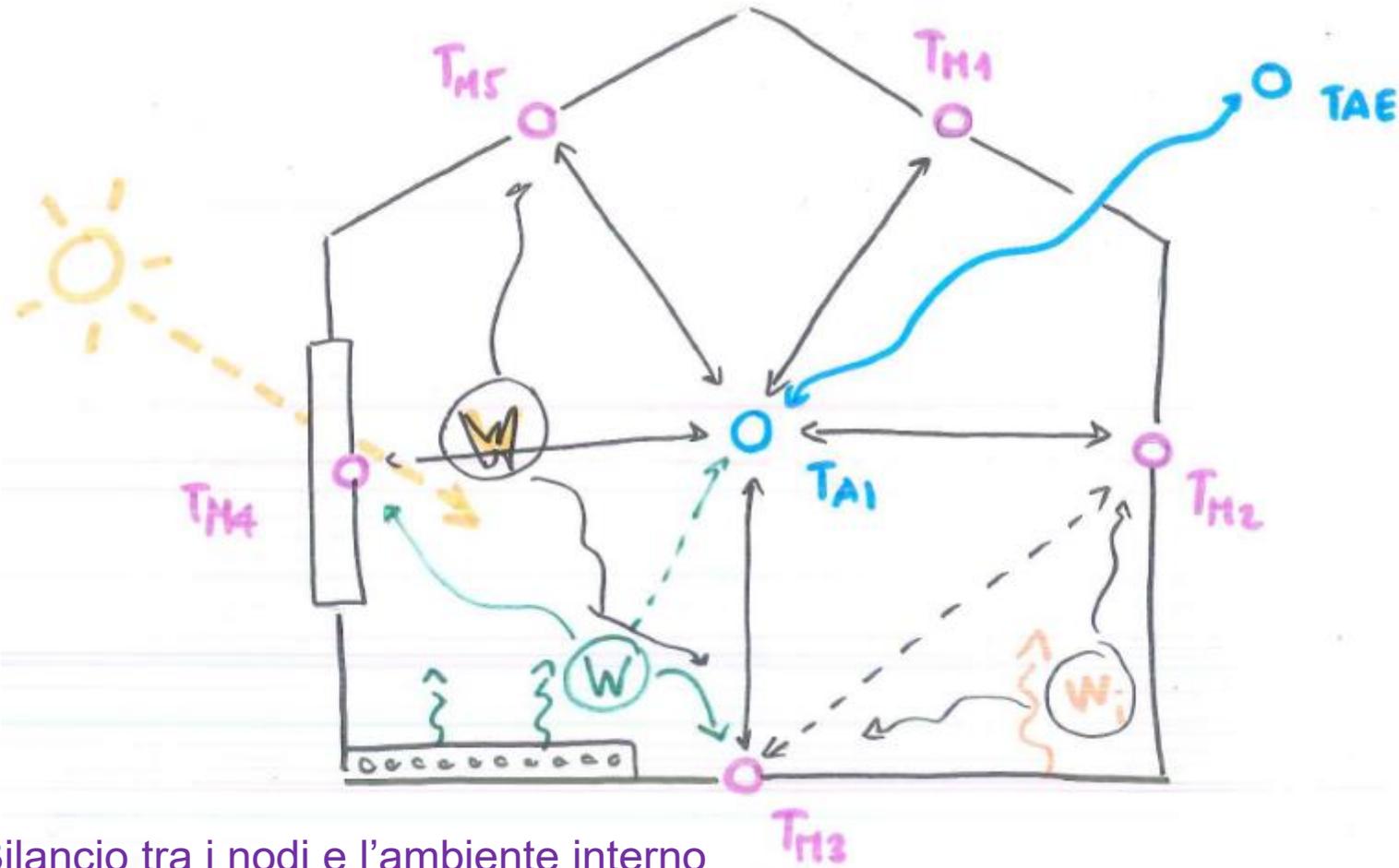
La temperatura percepita = temperatura operante (UNI EN ISO 52016)



Definizione:

la temperatura operante è un parametro fittizio rappresentativo di un ambiente uniforme nel quale un soggetto scambierebbe la stessa potenza termica di un ambiente reale non uniforme.

CONTRIBUTI IN REGIME DINAMICO



Bilancio tra i nodi e l'ambiente interno
(profilo ventilazione, carichi interni, apporti solari attraverso le finestre)



1984 – 2024

Sistemi radianti: diagnostica, progetto e collaudo di soluzioni a bassa inerzia

14.45 Attivazione collegamento

15.00 **Diagnosi energetica**

Inquadramento normativo e strumentale della diagnosi energetica degli edifici

Ing. Rossella Esposti – ANIT



15.30 **Sistemi radianti**

Dai carichi di progetto al dimensionamento dei sistemi radianti

Ing. Alessandro Panzeri – ANIT



Soluzioni tecnologiche

16.00 Il ruolo del sottofondo nel riscaldamento a pavimento a bassa inerzia

Camillo Signani – EDILTECO S.p.a

16.30 Le misure per la diagnosi energetica

Luca Laudi – Testo S.p.a

17.00 Risposte a domande online

17.30 Chiusura lavori



Grazie per l'attenzione