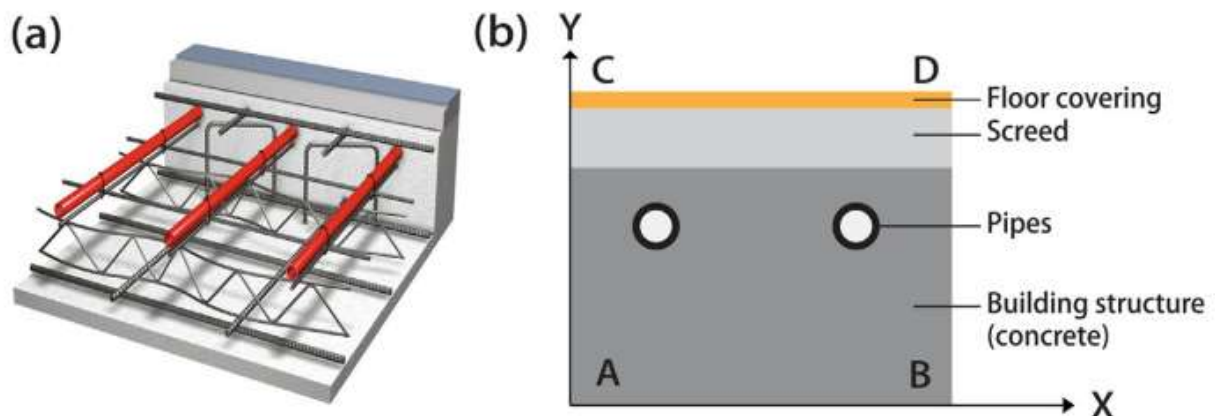


# Dagli Stati Uniti una proposta di un nuovo schema di classificazione dei sistemi radianti a pavimento, parete e soffitto

Gennaio 2017

Ing. Clara Peretti

Libera professionista, Segretario Generale Consorzio Q-RAD



Schematizzazione sistema radiante 3D e 2D (Fonte: Ning et al, 2017)

Le norme e le linee guida per la progettazione dei sistemi radianti attualmente li classificano in funzione della loro struttura e geometria. Uno studio realizzato presso il **Center for the Built Environment** nell'Università della California ha proposto un nuovo metodo per tenere in considerazione anche i metodi di prova, e le strategie di controllo e i parametri termici dei sistemi radianti a pavimento, parete e soffitto.

Lo studio è descritto e riassunto nell'articolo dal titolo "**A novel classification scheme for design and control of radiant system based on thermal response time**" scritto da Baisong Ning, Stefano Schiavon e Fred S. Bauman nella rivista scientifica *Energy and Buildings* a dicembre 2016.

Il parametro di riferimento scelto è il **tempo di risposta** del sistema, definito come tempo necessario per la temperatura superficiale di un sistema radiante per raggiungere il 95% della differenza tra i valori finali e iniziali quando viene applicata una modifica nel sistema di regolazione.

Per creare la classificazione sono state realizzate 56,874 simulazioni. lo spessore di calcestruzzo, il passo delle tubazioni, e le proprietà del calcestruzzo hanno un impatto significativo sul tempo di risposta dei sistemi TABS (Attivazione termica della massa), mentre il diametro del tubo, la temperatura operativa, la temperatura dell'acqua e il regime di flusso d'acqua non influiscono quanto i parametri prima descritti.

La classificazione si è focalizzata sia sul funzionamento estivo che su quello invernale.

## I riferimenti normativi e gli obiettivi dello studio

Per lo studio sono stati utilizzati due principali riferimenti: la norma ISO 11855<sup>1</sup> (recepita in Italia come UNI EN ISO 11855) e la guida REHVA numero 7<sup>2</sup>. Altri riferimenti riportati nel testo sono la il libro “ASHRAE Handbook – HVAC Systems and Equipment” e diversi articoli in letteratura.

Gli obiettivi dello studio sono tre:

- (1) selezionare, definire e valutare quali l'indice dovrebbe essere utilizzato per caratterizzare le prestazioni termiche dinamica dei sistemi radianti
- (2) valutare come l'indice varia per diversi tipi di sistemi radianti
- (3) proporre uno schema di classificazione in base all'indice.

## I sistemi radianti oggetto dello studio

Oggetto dello studio sono diverse tipologie di sistemi radianti che si possono così classificare:

- Radiant ceiling panels (RCP): sistemi radianti a soffitto
- Embedded surface systems (ESS): sistemi radianti annegati
- Thermally activated building systems (TABS): sistemi ad attivazione termica della massa.

Per i sistemi radianti annegati (ESS) sono state utilizzate le tipologie riportate nello standard ISO 11855 (recepito in Italia come UNI EN ISO 11855).

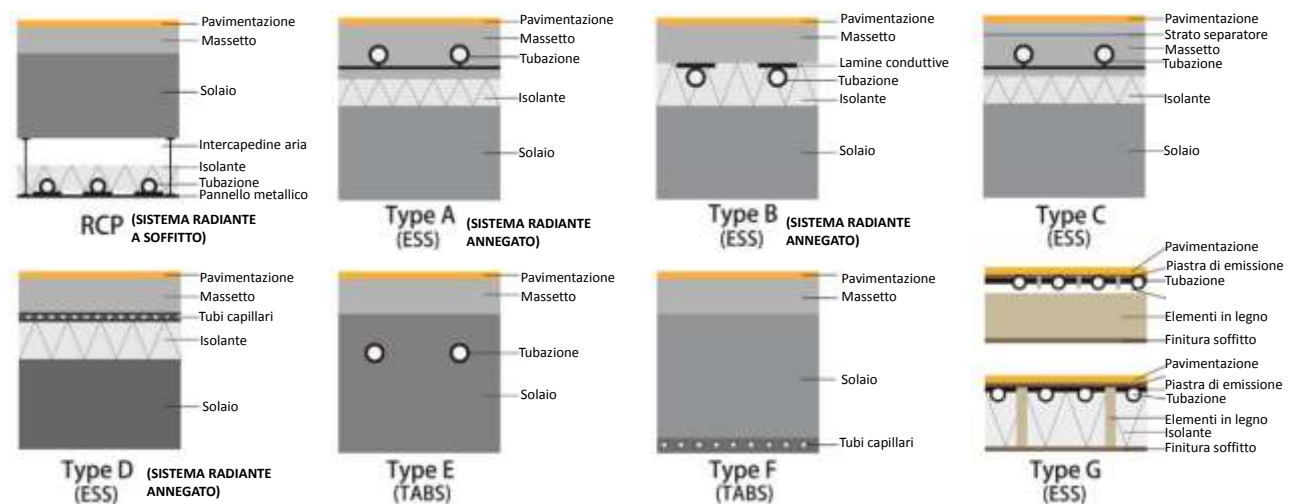


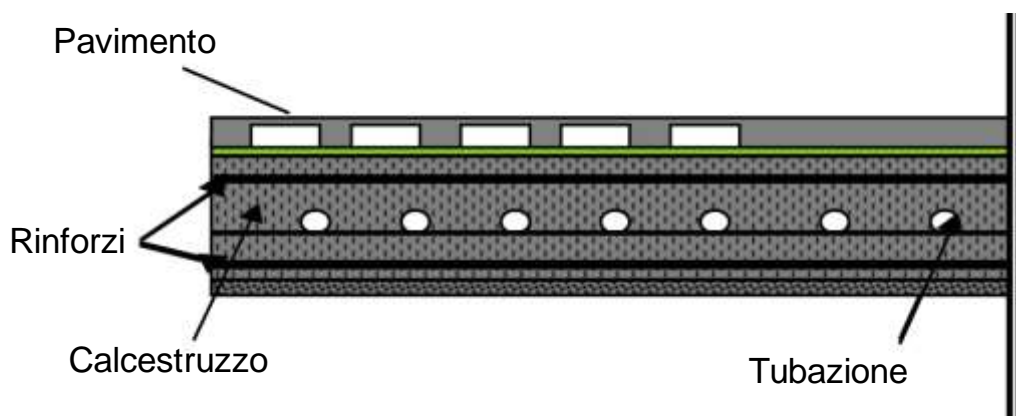
Figura 1. Tipologie di sistemi radianti analizzati nello studio (Fonte: Ning et al, 2017)

<sup>1</sup> ISO 11855, Building Environment Design—Design, Dimensioning, Installation and Control of Embedded Radiant Heating and Cooling Systems, 2012

<sup>2</sup> J. Babiak, B.W. Olesen, D. Petras, REHVA Guidebook No 7: Low Temperature Heating and High Temperature Cooling, Federation of European Heating and Air-conditioning Associations, Brussels, 2009

### ***I sistemi TABS (Fonte: Q-TECNICO 2015 – Consorzio Q-RAD)***

I sistemi TABS (Sistemi ad attivazione termica della massa) sono circuiti di raffrescamento e riscaldamento ad acqua i cui tubi trovano posto al centro del solaio (Figura 2). Il trasferimento di calore viene dunque fortemente influenzato dagli spessori di solaio posti sopra e sotto il piano tubi, nonché dalla presenza o meno di strati isolanti o di intercapedini di aria al di sopra o al di sotto del solaio. A livello intuitivo, si può pensare che il flusso di energia termica (sia essa frigorifera o meno) interessi dapprima la regione circostante i tubi, per poi estendersi coinvolgendo il resto della parte strutturale del solaio, fino a raggiungere le superfici del solaio stesso, cioè il soffitto ed eventualmente il pavimento, e da qui l'ambiente.



*Figura 2. Sistema con solaio termoattivo (TABS).*

Nei sistemi radianti la presenza di consistente isolamento termico fornisce una ridotta capacità termica, disaccoppiando così gli tra ambienti sopra e sotto. Al contrario, nei sistemi TABS le tubazioni sono annegate nella massa del solaio “thermal slab” e presentano un’elevata capacità termica - accumulo - e flusso un bidimensionale.

I sistemi ad elevata inerzia termica consentono il “peak-shaving”, che consiste nella possibilità di riscaldare o raffreddare le strutture dell’edificio in un periodo in cui esso non è occupato (di notte); durante il giorno le strutture, non più collegate all’impianto, cedono o assorbono calore mentre la potenza termica (o frigorifera) dell’impianto è disponibile per il trattamento dell’aria di rinnovo. Si limita così il picco di potenza con conseguente riduzione della potenza installata (e quindi del costo di impianto) e della potenza elettrica eventualmente impegnata (con possibili benefici tariffari); non è da sottovalutare il minor aggravio nell’assorbimento elettrico dalla rete nelle ore di punta.

Di seguito è riportata la distribuzione di temperatura di un pannello radiante isolato (a sinistra) e un sistema TABS a destra.

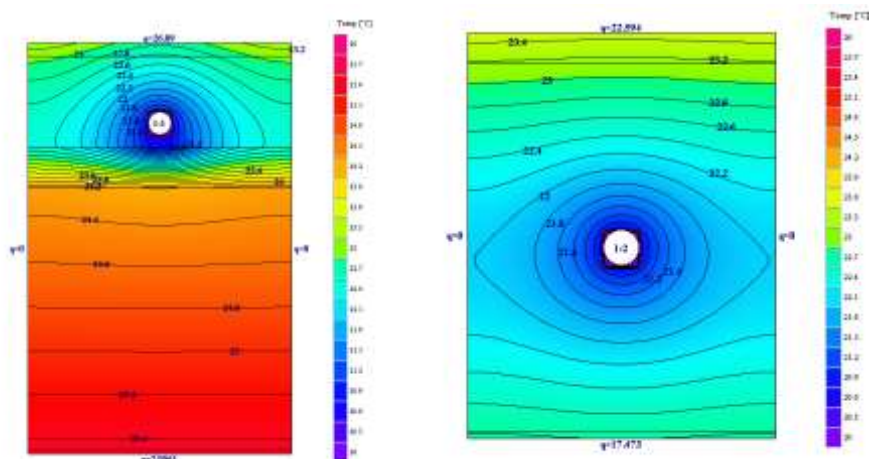


Figura 31. Sezione sistema radiante con isolante inferiore (a sinistra) e TABS a destra (Fonte: Q-TECNICO)

## La metodologia dello studio

Analizzando le norme e le linee guida sono stati raccolti gli indici per le prestazioni dei sistemi radianti. I parametri più utilizzati sono la capacità termica e di raffreddamento e la resistenza termica: questi però non danno indicazioni sugli aspetti dinamici del sistema. In prima analisi si può ipotizzare che tali parametri non dinamici (ovvero stazionari) siano adatti per i sistemi a bassa inerzia, ma non per quelli tradizionali oppure ad alta inerzia come i sistemi annegati.

Le performance dinamiche dei sistemi radianti sono state indagate nelle normative, nelle linee guida e negli articoli in letteratura. Sono così stati riassunti in una tabella comparativa riportata di seguito.

Tabella 1. Riferimenti, parametri e metodologie per le analisi dinamiche di sistemi radianti (Estratto da Ning et al, 2017)

Riferimenti	Parametri utilizzati	Metodologia
ISO11855	Non Applicabile (NA)	NA
REHVA guidebook	Costante di tempo	NA
ASHRAE	NA	NA
UPONOR Inc.	NA	NA
BEKA Inc.	Tempo di risposta	NA
Zehnder Carboline Inc.	Tempo di risposta	Immagine termografica
Weitzmann	Costante di tempo	NA
Thomas et al.	NA	Sperimentale
Zhao et al.	Costante di tempo	Calcolo analitico
ISSO 85	Costante di tempo	NA
Zhang et al.	Costante di tempo	Sperimentale

Si può notare che non vi è una metodologia condivisa e definita, ma vi sono metodi e parametri differenti. A seguito di questa analisi è stato scelto l'indice di riferimento e la sua definizione:

Indice: **Tempo di risposta** ( $\tau_{95}$ ): tempo necessario per la temperatura superficiale di un sistema radiante per raggiungere il 95% della differenza tra i valori finali e iniziali quando viene applicata una modifica nel sistema di regolazione come input.

Per quanto riguarda la metodologia di studio sono state prese in considerazione diverse possibilità: analisi sperimentale (che è risultata troppo onerosa), analisi CFD (che è risultata troppo lunga) e il metodo state space (SSM). Quest'ultimo è stato così scelto per la realizzazione delle simulazioni dei sistemi annegati mentre per i sistemi con intercapedine d'aria è stata scelta la CFD.

## Le principali conclusioni dello studio

Insieme alla categorizzazione in funzione del tempo di risposta un'importante conclusione riguarda le metodologie di approccio progettuale. È infatti stato dimostrato che le **prestazioni termiche** dei sistemi risultano più rilevanti per la progettazione, il collaudo e il controllo dei diversi sistemi radianti rispetto alla geometria e struttura.

Riassumendo i risultati delle simulazioni in funzione del tempo di risposta sono state definite tre classi, come rappresentato di seguito in figura.

- Sistemi a risposta rapida (soffitti radianti): il tempo di risposta è inferiore a 10 minuti.
- Sistemi a risposta media (sistemi annegati): il tempo di risposta varia tra una e nove ore.
- Sistemi a risposta lenta (TABS): il tempo di risposta varia tra nove e diciannove ore.

Per ogni sistema analizzato sono riportati i valori della mediana del tempo di risposta.

- Sistemi radianti a soffitto: tempo di risposta medio = 4 minuti.
- Sistemi annegati, Tipo A: tempo di risposta medio = 4.9 ore
- Sistemi annegati, Tipo B: tempo di risposta medio = 3.3 ore
- Sistemi annegati, Tipo D: tempo di risposta medio = 2.5 ore
- Sistemi annegati, Tipo G: tempo di risposta medio = 1.5 ore
- TABS, Tipo E: tempo di risposta medio = 13.8 ore
- TABS, Tipo F: tempo di risposta medio = 12.4 ore

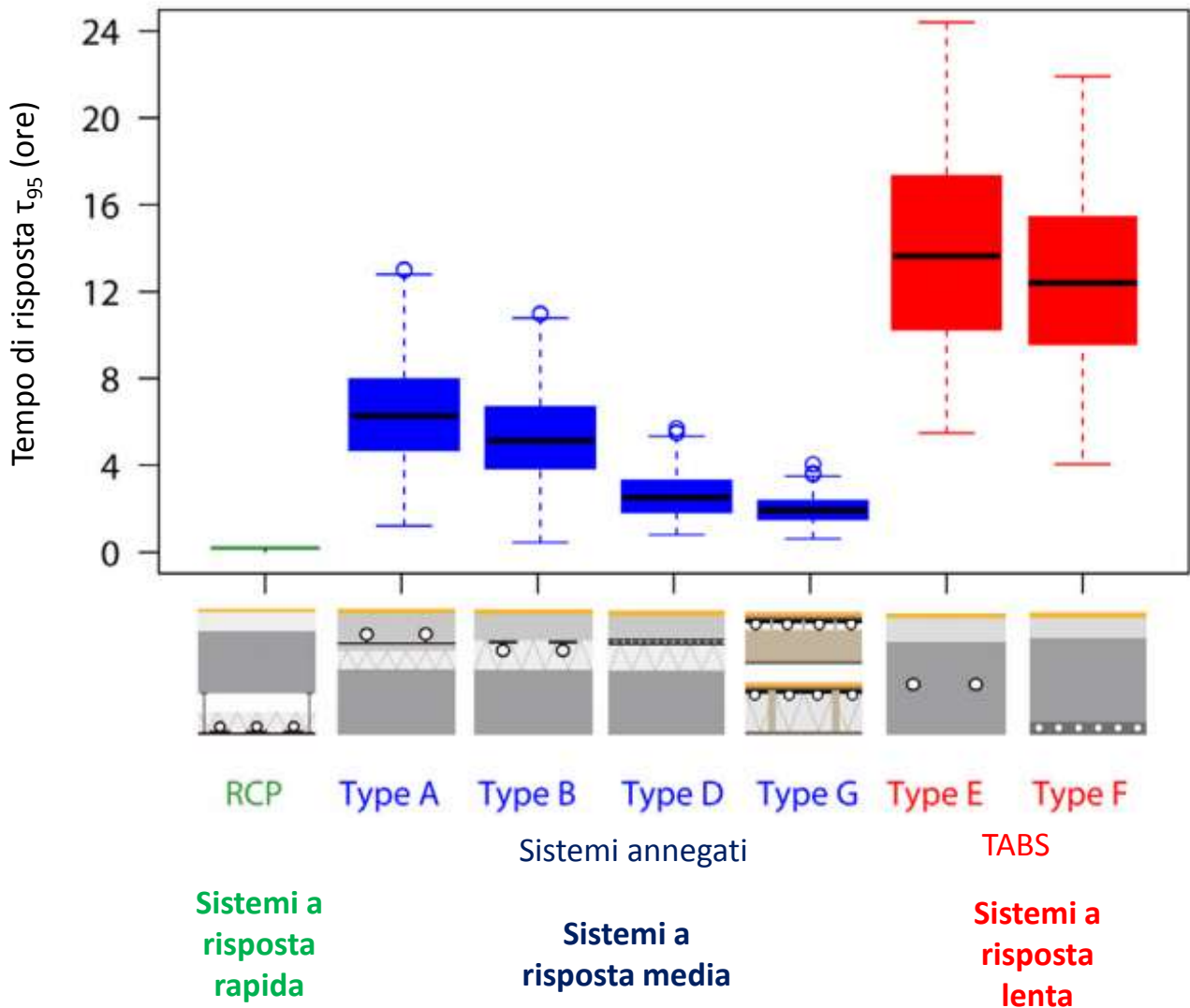


Figura 4. Classificazione dei sistemi radianti in funzione del tempo di risposta

In Figura 4 è rappresentata la distribuzione statistica dei risultati delle simulazioni attraverso boxplot.

Attraverso questa analisi sono stati classificati i sistemi radianti in funzione delle velocità di risposta ad una variazione di temperatura indotta. I sistemi a pavimento a bassissima inerzia non oggetto dello studio potranno essere approfonditi in future ricerche.

## Riferimenti

- M. De Carli, C. Peretti. 2015. Q-TECNICO - Sistemi radianti a bassa differenza di temperatura
- Progettazione, installazione e regolazione. EdicomEdizioni
- Z. Tian, J.A. Love, Energy performance optimization of radiant slab cooling using building simulation and field measurements, Energy Build. 41 (2009) 320–330.

- G.P. Henze, C. Felsmann, D.E. Kalz, S. Herkel, Primary energy and comfort performance of ventilation assisted thermo-active building systems in continental climates, *Energy Build.* 40 (2008) 99–111.
- ISO 11855, *Building Environment Design—Design, Dimensioning, Installation and Control of Embedded Radiant Heating and Cooling Systems*, 2012.
- J. Babiak, B.W. Olesen, D. Petras, *REHVA Guidebook No 7: Low Temperature Heating and High Temperature Cooling*, Federation of European Heating and Air-conditioning Associations, Brussels, 2009.
- J.D. Feng, S. Schiavon, F. Bauman, Cooling load differences between radiant and air systems, *Energy Build.* 65 (2013) 310–321.
- ASHRAE, *Handbook, HVAC Systems and Equipment*, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, GA, 2012.
- Uponor Inc, *Radiant Cooling Design Manual*, 2013 <http://www.uponorpro.com/>.
- BEKA Inc, *Capillary Tube Mats*, 2014 <http://www.beka-klima.de/en>.
- Zehnder Carboline, *Radiant Heating and Cooling Ceiling Panels*, 2016 <http://www.zehnder-systems.us/>.
- P. Weitzmann, *Modelling Building Integrated Heating and Cooling Systems*, PhD Dissertation, Technical University of Denmark, 2004.
- S. Thomas, P.Y. Franck, P. André, Model validation of a dynamic embedded water base surface heat emitting system for buildings, *Build. Simul.* 4 (2011) 41–48, <http://dx.doi.org/10.1007/s12273-011-0025-8>.
- K. Zhao, X. Liu, Y. Jiang, Dynamic performance of water-based radiant floors during start-up and high-intensity solar radiation, *Sol. Energy* 101 (2014) 232–244
- Tzoulis, *Performance Assessment of Building Energy Modelling Programs and Control Optimization of Thermally Activated Building Systems*, Master Thesis, Delft University of Technology, 2014.
- Zhang, Y. Tao, H. Per, P. Michal, *Experimental Study of an Integrated System with Diffuse Ceiling Ventilation and Thermally Activated Building Constructions*, Aalborg University, 2014.