Interreg Co-funded by the European Union

Alpine Space

Cool*Alps

TABS – Attivazione termica della massa

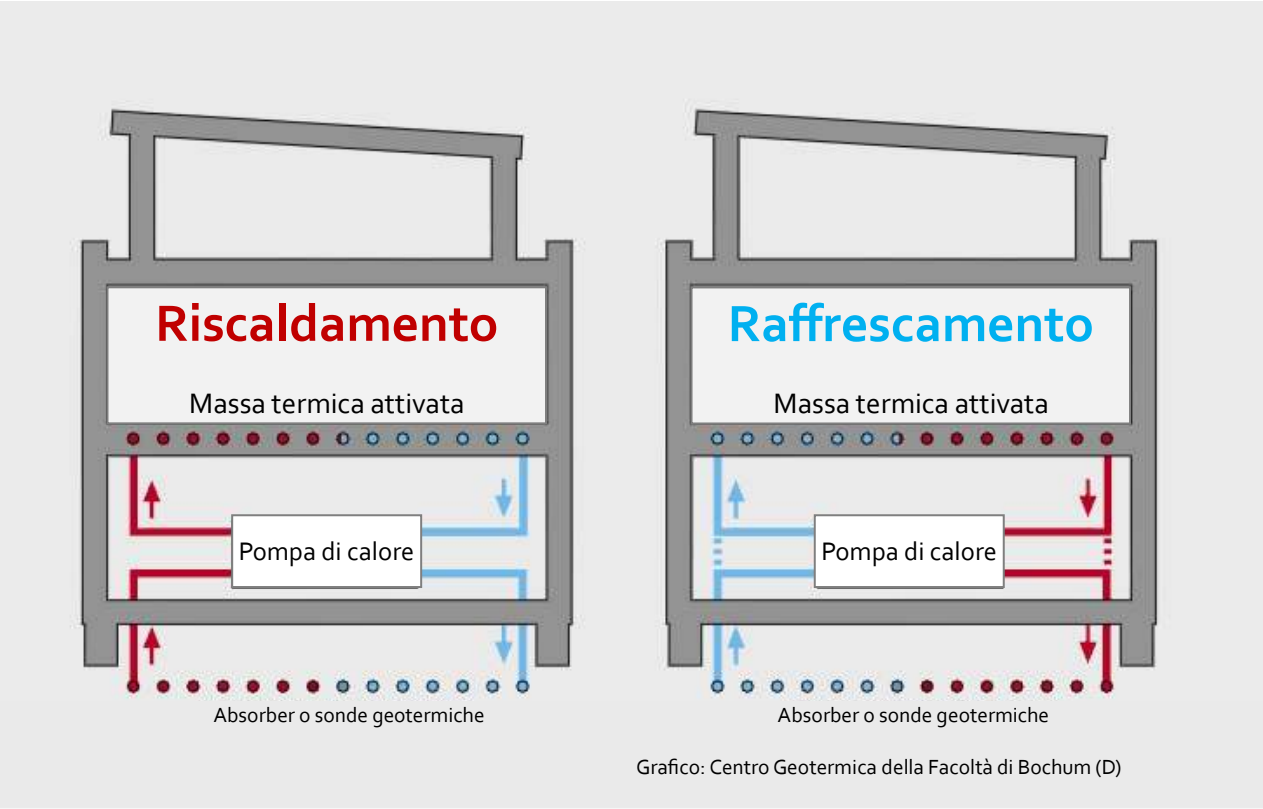

Grafico: Centro Geotermica della Facoltà di Bochum (D)

Informazioni tecniche per la progettazione

Edizione 2024 – V01

KlimaHaus CasaClima®

*Premessa „Cool*Alps – TABS goes Green Deal“*

Per raggiungere gli obiettivi di protezione del clima, il patrimonio edilizio deve diventare ad emissioni zero entro il 2040. Per fare ciò è necessario sia ridurre il consumo energetico complessivo che sostituire i combustibili fossili con fonti energetiche rinnovabili.

li scenari climatici prevedano un aumento significativo delle ondate di calore insieme agli eventi meteorologici estremi. Soprattutto nella zona alpina si assiste con maggiore frequenza a giornate molto calde che portano a un aumento significativo del fabbisogno energetico per il raffrescamento degli edifici.

Poter utilizzare la capacità di accumulo termico della struttura edilizia è un contributo essenziale allo sviluppo di un sistema di energia rinnovabile. Può contribuire, infatti, in modo significativo a compensare la distribuzione disomogenea della produzione e del consumo di energia,

Il programma di ricerca **Interreg Alpine Space** supporta con il **Progetto „Cool*Alps – TABS goes Green Deal“** l'applicazione della capacità di accumulo termico della stuttura edilizia per massimizzare l'uso della energia rinnovabili per il riscaldamento e raffrescamento con un sistema con l'obbiettivo di migliorare l'adattabilità ai cambiamenti climatici e la sicurezza energetica nella zona Alpina.

In questa linea guida sono descritte le nozioni di base sull'attivazione termica della massa dei componenti edilizi attraverso illustrazioni ed esempi chiari e comprensibili.

Interreg Alpine Space | Co-funded by the European Union

Cool*Alps

Partner del progetto

I Partner del progetto vengono dai paesi confinanti della zona alpina Germania (Baviera), Austria (Land Salisburgo), Svizzera (Cantone di Berna) e Italia (Provincia Autonoma di Bolzano - Alto Adige).

- ZAB Zukunftsagentur Bau GmbH (AT)
- BI Bayern Innovativ GmbH (DE)
- BETONSUISSE Marketing AG (CH)
- Innovation Salzburg GmbH (AT)
- Agenzia per l'Energia Alto Adige-CasaClima (IT)
- Technische Hochschule Rosenheim (DE)

ZAB | bayern innovativ | INNOVATION SALZBURG | KlimaHaus CasaClima | BETONSUISSE | Technische Hochschule Rosenheim

This project is co-funded by the European Union through the Interreg Alpine pace programme.

Indice

1 Attivazione termica della massa 1
2 Sistemi di attivazione termica della massa 4
3 Accumulo di energia con TABS 7
4 Concetti energetici per edifici con TABS 9
5 Requisisti agli elementi strutturali 10
6 Controllo e regolazione del TABS 12
7 Progettazione del TABS 13
8 TABS nel risanamento 15
9 Costi del TABS 18
10 Accoglienza e comfort abitativo 20
11 Norme & Regolamenti 21
12 Riferimenti bibliografici/Link 22

1 Attivazione termica della massa

Attivazione termica della massa – Come funziona

L'attivazione termica della massa è una tecnologia semplice. Da molti anni è un sistema standard per il riscaldamento e il raffreddamento nel settore industriale e sta prendendo piede anche nel settore residenziale. Con il cambiamento climatico e la transizione energetica, l'utilizzo della capacità di accumulo degli elementi massicci sta diventando sempre più interessante.

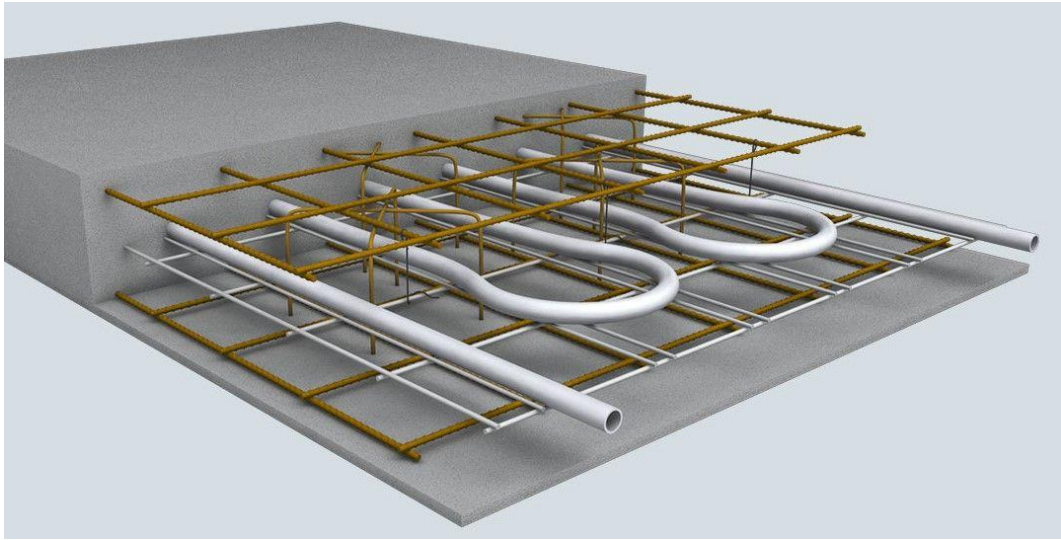

Fig. 1 | Modello di un solaio attivato
Il sistema dei tubi è inserito centrale (nel nucleo) dell componente (©Uponor)

Un impianto per riscaldare e raffrescare

Il TABS è un sistema di riscaldamento e/o raffrescamento a superficie in cui i tubi sono integrati negli elementi massicci attraverso i quali scorre acqua come mezzo scaldante o raffrescante. In questo modo, il componente edilizio viene attivato termicamente ed emette o assorbe calore su tutta la sua superficie, a seconda se è in modalità riscaldamento o raffreddamento.
A differenza del riscaldamento a pavimento, che viene posato nel massetto, con il TABS i tubi vengono posati nel calcestruzzo ma più in superficie: nella parte centrale o in quella bassa del solaio.

Prerequisiti per il TABS

Un edificio deve avere **un ottimo standard energetico** per poter utilizzare i TABS come unico sistema di riscaldamento. In quel caso le superfici attivate del solaio sono sufficienti a riscaldare completamente la struttura senza l'ausilio di radiatori o riscaldamento a pavimento (ad eccezione di un eventuale scaldasalviette in bagno).

Anche dal punto di vista strutturale non sono necessarie modifiche, in quanto gli **spessori dei solai in calcestruzzo sono** abbastanza spessi da integrare il sistema di tubi.

Le **temperature del sistema** possono essere tenute **molto basse** grazie alle ampie superfici di trasmissione. La differenza di temperatura tra la superficie e l'aria dell'ambiente varia da 1°C a 6°C. Per questo motivo, l'attivazione termica della massa è un sistema che si presta molto bene all'utilizzo con le energie rinnovabili.

Calore riscaldante

La **componente radiante** (raggi infrarossi) del riscaldamento a superficie è decisamente elevata e questo permette di avere bassissimi fenomeni di convezione (movimenti dell'aria). Inoltre, l'irraggiamento infrarosso riscalda le pareti e il pavimento in poco tempo (effetto stufa in maiolica).

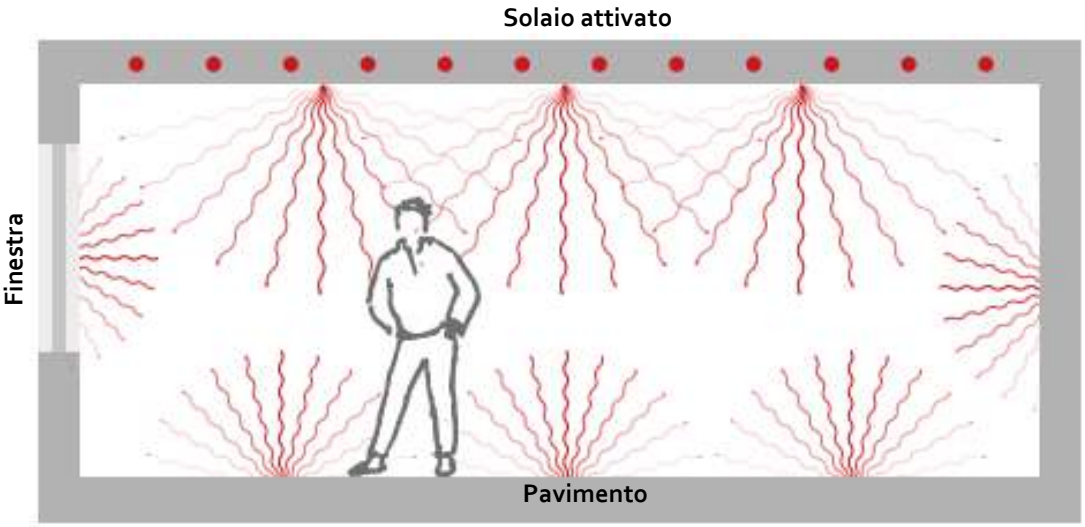

Fig. 2 | Irradiazione di calore
ogni punto del solaio attivato e degli altri componenti che compongono la camera irradia calore nell'ambiente in modo semisferico (© Z + B)

La differenza della temperatura di pochi gradi tra le superfici e l'aria ambiente rende quasi impossibile localizzare un punto della radiazione (bassa asimmetria della radiazione).

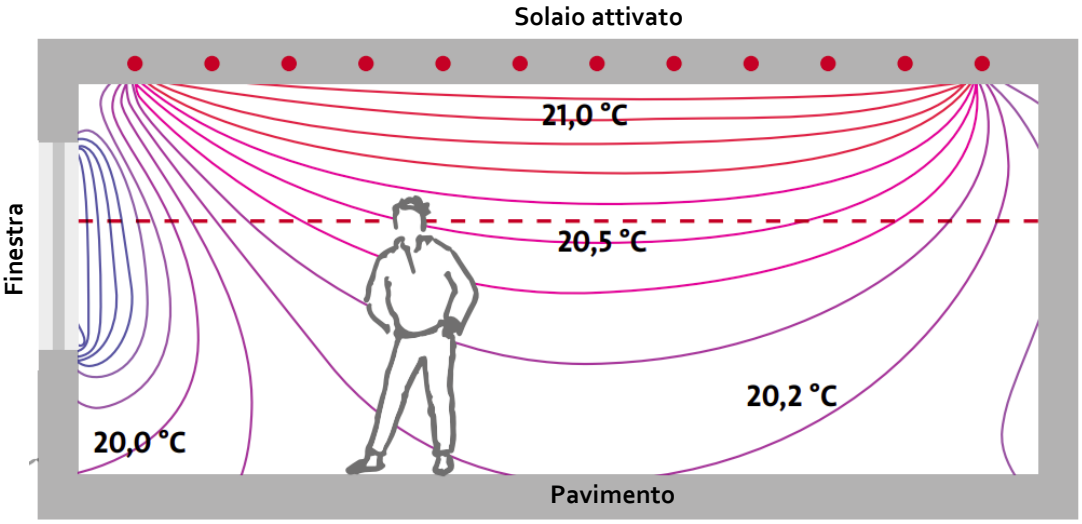

Fig. 3 | Isoterme in modalità riscaldamento/modalità invernale con il solaio attivato.
Da notare la distribuzione omogenea della temperatura e le piccole differenze delle temperature nell'ambiente (© Z + B)

Raffrescamento "Stille Kühlung"

Oltre che a riscaldare, l'attivazione della massa è particolarmente indicata anche per regolare **la temperatura dell'ambiente nella stagione calda**. Il raffrescamento „**Stille Kühlung**"che viene diffuso attraverso le superfici degli ambienti è percepito dai presenti in modo particolarmente gradevole e si caratterizza per **l'elevata efficienza energetica.**

Il raffreddamento permette l'assorbimento del calore dall'aria dell'ambiente attraverso un processo puramente fisico e lento, ma comunque continuo. L'aria calda dell'ambiente sale sempre verso l'alto. Si raffredda a contatto con il solaio più fresco e "ricade" verso il basso dove si riscalda di nuovo gradualmente. A differenza dei sistemi di climatizzazione convenzionali, che estraggono il calore dall'ambiente in modo convettivo attraverso il ricambio d'aria, i **solai di raffreddamento dissipano la potenza di raffreddamento per irraggiamento. Questo** processo evita correnti d'aria e aumenta il comfort percepito nell'ambiente. In questo modo, infatti, non si hanno problemi di eccesiva secchezza dell'aria perché a riscaldarsi o raffrescarsi sono le superfici della stanza e non l'aria stesa.

In particolare, l'uso del free recooling tramite scambiatori di calore geotermici, pozzi d'acqua di falda o Chiller (refrigeratori) sono sistemi collaudati ed energeticamente efficienti e possono essere utilizzati per mantenere gli appartamenti freschi in estate, con costi di esercizio molto bassi.

TABS Vantaggi

I vantaggi del sistema sono:

- Riscaldare e raffrescare con un sistema
- Flessibilità energetica grazie all'efficienza dello stoccaggio
- Costi di esercizio bassi
- Costi di investimento bassi
- Possibilità di utilizzare energie rinnovabili
- Livello di temperatura di mandata uniformemente basso e favorevole dal punto di vista energetico
- Basse temperature di superficie
- Elevato comfort indoor
- Assenza di correnti d'aria

2 Sistemi di attivazione termica della massa

TABS

Esistono vari modi per implementare la struttura **TABS** – ***(engl. Thermally Activated Building Structure***). Tutti le tipologie utilizzano gli elementi massicci di un edificio come accumulo termico per mantenere l'edificio alla giusta temperatura durante tutto l'anno, emettendo calore e freddo.

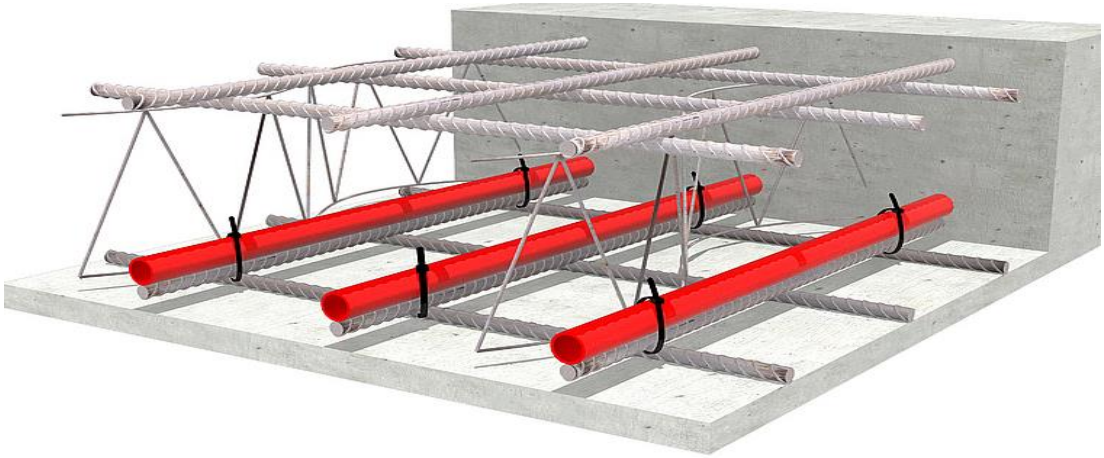

Fig. 4 | Modello di un solaio attivato
Il sistema dei tubi è montato sull'armatura inferiore (© Z + B)

Attivazione del nucleo in calcestruzzo

Con **l'attivazione del nucleo in calcestruzzo o il controllo della temperatura del nucleo in calcestruzzo** si intende il controllo della temperatura di un edificio tramite tubi posati all'interno del solaio.

Esistono sistemi per l'installazione in loco, come moduli prefabbricati o come moduli da installare in elementi prefabbricati in calcestruzzo.

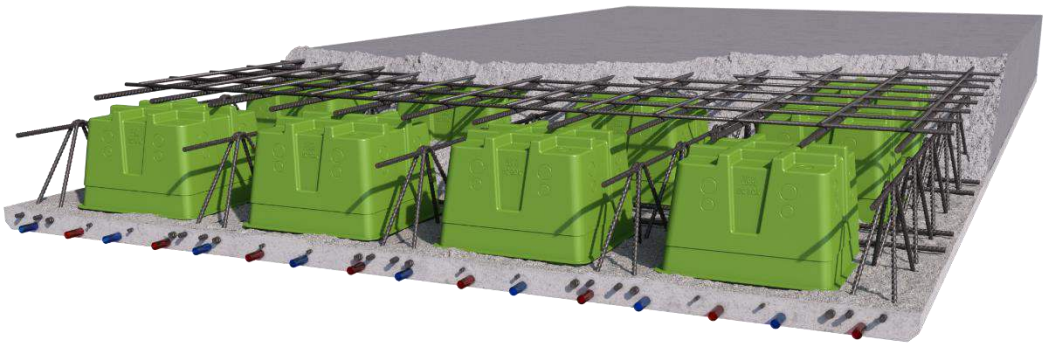

Fig. 5 | Modello di un solaio attivato
Progress Green Code® Solaio semiprefabbricato (© Progress Group)

sistema in prossimità

L'ulteriore sviluppo del **TABS** è verso un sistema inserito in **prossimità della superficie** in modo da avere una reazione rapida che consenta una maggiore e più veloce regolazione delle prestazioni. In questo caso i tubi vengono montati su un sistema di supporto sulla cassaforma, dopodiché viene posata l'armatura inferiore. Il TABS si trova nel copriferro dei solai massicci in c.a.

Fig. 6 | Modello del TABS in prossimità della superficie
I tubi sono inseriti nel copriferro dell'armatura inferiore di un solaio in ca (© Rehau)

Caratteristiche del TABS

- Elevata potenza frigorifera (fino a 92 W/m² possibili, 15/17/26°C)
- Copertura delle potenze di base e di picco
- Sistema a reazione rapida (due volte più veloce del normale TABS), velocità di reazione circa 20 W/m² h) - Variazione: T superficie ca. 2°C/h
- Resistenza al fuoco (F120 secondo DIN 4102-2 - REI120 secondo EN 13501-2)
- Posizione del tubo nel copriferro dell'armatura inferiore
- Dimensione del tubo 14 x 1,5 mm, interasse di posa VA 7,5 o 15 cm
- È possibile combinare il TABS del nucleo dell'elemento con quello vicino alla superficie
- Il copriferro dell'armatura deve essere garantito
- Il calcestruzzo deve essere ben vibrato e compattato. Non devono formarsi sacche di ghiaia. Potrebbe essere necessario aggiungere del plastificante per calcestruzzo

Pali energetici e altri elementi costruttivi termici a contatto con il terreno

In linea di principio, un palo energetico funziona in modo simile a una sonda geotermica: una pompa di calore riversibile estrae il calore dall'acqua che circola nel palo energetico per riscaldare l'edificio o trasferisce il calore che estrae dall'edificio al palo energetico in modo da raffreddare l'edificio. Per il progetto edilizio è importante che un palo utilizzato come palo energetico, attivato geotermicamente con l'aiuto dei cosiddetti tubi scambiatori di calore, non subisca limitazioni nella sua capacità portante. Ad esempio, il gelo o la riduzione della sezione trasversale dovuta all'inserimento dei tubi di scambio termico possano avere un effetto negativo sulla funzionalità.

Un palo energetico deve svolgere due funzioni:

- Trasferimento del carico nel terreno (funzione principale: palo di fondazione)
- Trasferimento dell'energia termica immagazzinata nel terreno (sottosuolo) (funzione secondaria: palo energetico).

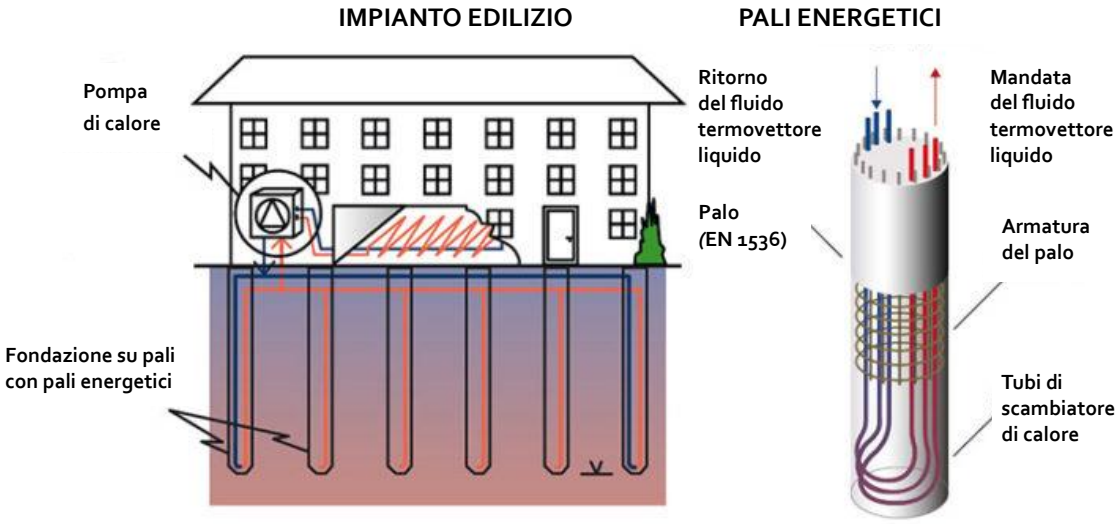

Fig. 7 | Schema funzionale dei pali energetici
Impianto con pali energetici in un edificio | Dettaglio palo energetico (© energiepfad.ch)

Oltre ai pali di fondazione, si sono affermati altri componenti edilizi a contatto con il terreno e termicamente attivati per mezzo di tubi scambiatori di calore, come le pareti a diaframma, le pareti dei pali trivellati, le strutture dei pozzi in calcestruzzo e i canali in calcestruzzo.

3 Accumulo di energia con TABS

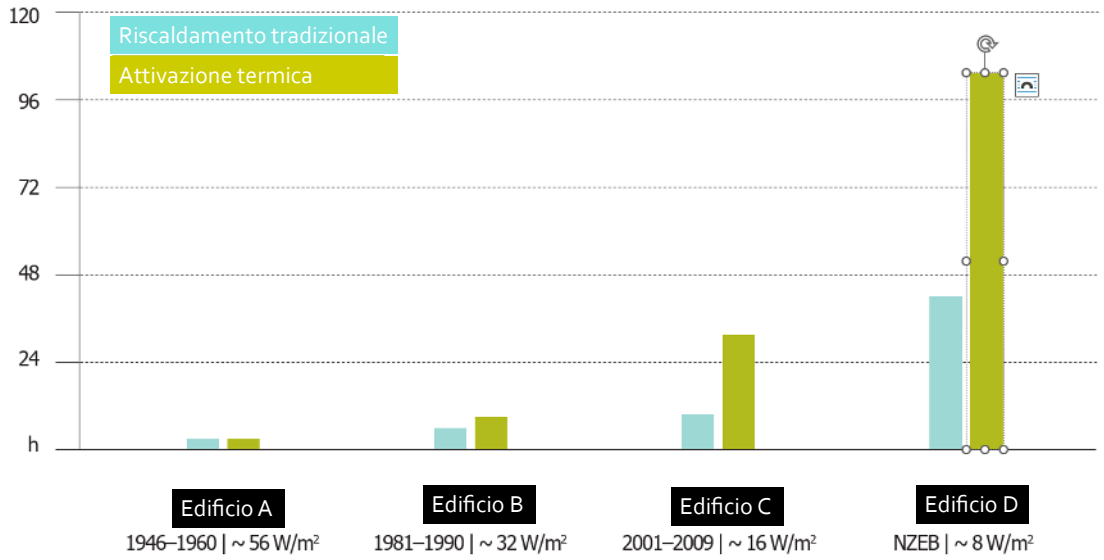

Fig. 8 | Confronto: *l'edificio B, con una potenza termica di ca. 32 W/m², la temperatura ambiente scende da 22 °C a 20 °C in 3 ore; invece, nell'edificio D, ben coibentato, il calo di temperatura dura 42 h. (© Fact Sheet Thermische Bauteilaktivierung)*

Utilizzo della capacità di stoccaggio esistente

Gli edifici in costruzione massiccia hanno una certa capacità di accumulo, indipendentemente dallo standard energetico e dal tipo di sistema di emissione di calore. Ma come si evince dal grafico quanto migliore è l'isolamento dell'edificio, tanto più a lungo il calore accumulato può mantenere la temperatura ambiente nel range di comfort.

Energia rinnovabile generata localmente

La gestione di questa capacità di accumulo consente un maggiore utilizzo di solare termico, fotovoltaico, piccola energia eolica, piccola energia idroelettrica, ecc. "Elettricità in eccesso" rinnovabile dalla rete in combinazione con pompe di calore; la produzione di energia può essere spostata di alcune ore o giorni (load shifting, utilizzo dell'elettricità in modo favorevole alla rete e in orari con basse emissioni di CO_2).

Opzioni di flessibilizzazione per le reti micro, locale e teleriscaldamento

Come nel caso della rete elettrica, le variazioni di potenziale possono anche ridurre il carico sugli impianti di generazione di calore e delle infrastrutture di rete. Questa capacità di accumulo del componente, si può sfruttare anche in caso di un collegamento alla rete di teleriscaldamento utilizzando però il flusso di ritorno del teleriscaldamento per aumentare sia l'efficienza della rete che il numero degli allacci all'infrastruttura.

L'utilizzo della capacità di accumulo delle masse consente una funzione di raffreddamento facile da implementare ed efficiente dal punto di vista energetico. In combinazione con le sonde geotermiche, il terreno di un campo di sonde può essere utilizzato stagionalmente. Il calore residuo immagazzinato dal raffreddamento estivo migliora il guadagno di calore nella stagione di riscaldamento. Le pompe di calore funzionano quindi in modo molto più efficiente. Nei prossimi anni, l'aumento delle temperature esterne dovuto ai cambiamenti

climatici renderà più necessario raffrescare gli edifici. Per questi motivi, sta crescendo l'interesse verso i sistemi di attivazione termica delle masse.

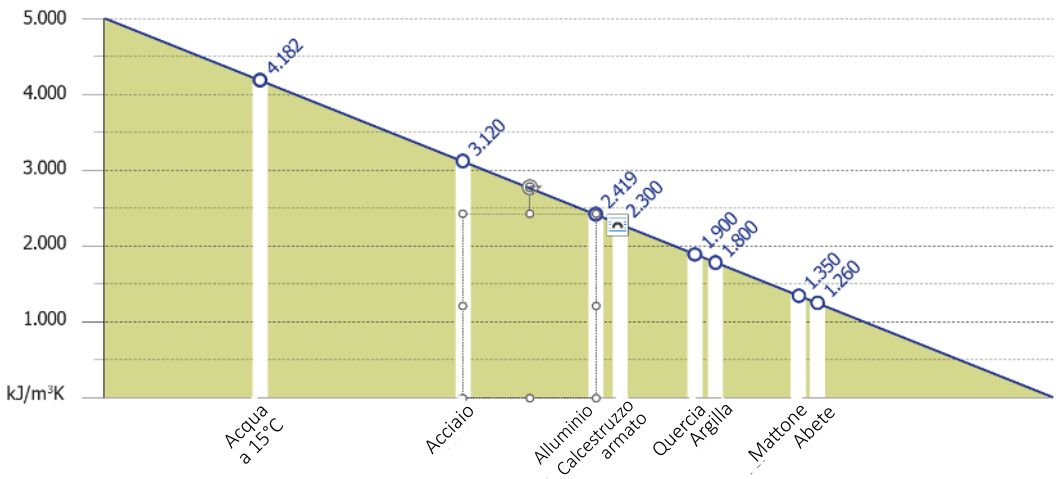

Fig. 9 | La capacità termica volumetrica s *in kilojoule [kJ] indica la quantità di calore necessaria per riscaldare 1 m³ di un materiale di 1 Kelvin [kJ/m3K]. Si calcola moltiplicando la capacità termica specifica per la densità. (© Fact Sheet Thermische Bauteilaktivierung)*

Capacità di accumulo d'energia in numeri

Il contenuto energetico di un corpo può essere aumentato elevando la sua temperatura. L'acqua ha una capacità termica particolarmente elevata ed è quindi un accumulatore termico ideale. Tuttavia, l'integrazione di grandi serbatoi d'acqua negli edifici residenziali è molto complessa. In termini di volume, il calcestruzzo può accumulare poco più della metà dell'energia dell'acqua, mentre il legno di abete può accumularne meno di un terzo.

Le capacità termica volumetriche (s) a confronto:

- acqua: 4.182 kJ/m³K
- abete: 1.260 kJ/m³K
- calcestruzzo: 2.300 kJ/m³K

Non è possibile riscaldare in modo completamente uniforme un solaio massiccio in ca. Quindi, la capacità di accumulo teorica non può essere utilizzata pienamente.

Quanta energia viene effettivamente accumulata in un solaio attivato?
A scopo di stima, si consiglia di ipotizzare una capacità di accumulo di calore utilizzabile, ad esempio per un solaio in ca di 25 cm compreso di un pavimento standard, tra 0,11 e 0,14 kWh/m²K, (per m² superficie di solaio).

Esempio: 100 m² di un solaio termicamente attivato
La temperatura viene aumentata da 21°C a 25°C, accumulando circa 50 kWh di calore (valore orientativo). È qui che entra in gioco l'efficienza termica dell'edificio. A seconda dello standard energetico dell'edificio, 50 kWh (equivalenti a circa 5 litri di gasolio o 5 m³ di gas) possono riscaldare per qualche giorno o solo per poche ore.

4 Concetti energetici per edifici con TABS

La costante crescita dell'energia eolica e solare richiede che gli orari di utilizzo dell'elettricità diventino più flessibili. In base a un requisito dell'UE, si prevedono quindi nuovi modelli tariffari per la flessibilità nell'acquisto di energia elettrica.

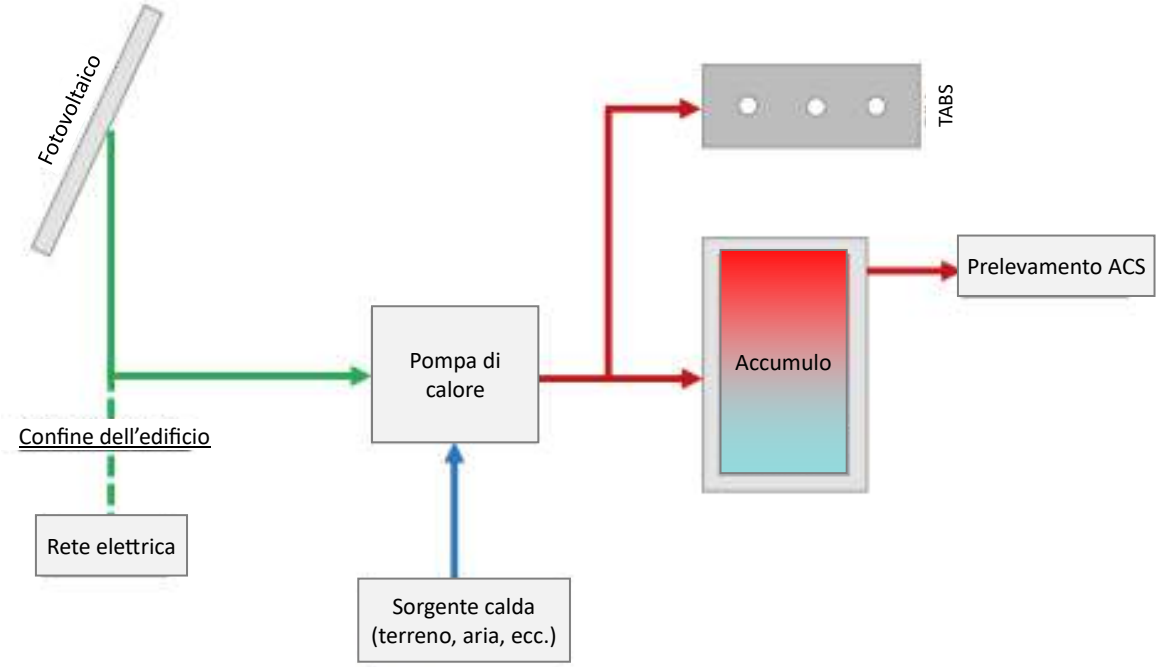

Fig.10 | Schema del sistema Sistema Fotovoltaico-Pompa di Calore-TABs *(©Simon Handler)*

Orientato verso il futuro

L'energia rinnovabile, come l'energia solare termica, l'energia eolica, il fotovoltaico in combinazione con pompe di calore, i collettori ibridi fotovoltaico-termici (collettori PVT), l'energia idroelettrica di piccola dimensione, ecc., generata localmente nella proprietà o nell'edificio può avere un utilizzo ottimizzato proprio con i TABS.

Grazie alla sua capacità di accumulo e alla bassa temperatura di esercizio, il TABS è predestinato all'accumulo intermedio di energia, di cui un'alta percentuale può poi essere consumata localmente (alto grado di autoconsumo).

Una nuova opzione è rappresentata dalle "comunità energetiche locali", che ottimizzano la distribuzione e la fatturazione dell'energia autoprodotta in associazioni di diversi edifici e consumatori.

5 Requisisti agli elementi strutturali

Norme nazionali e internazionali

Nell'installazione della rete di tubazioni è necessario rispettare tutte le norme nazionali e internazionali vigenti in materia di posa, installazione, prevenzione degli infortuni e sicurezza, nonché le informazioni tecniche fornite dal produttore del sistema. Devono essere rispettate anche le leggi, le norme, le direttive e le disposizioni vigenti (ad es. DIN, ÖNORM, SIA, UNI, EN, ISO, DVGW, TRGI, VDE e VDI), nonché le norme di tutela ambientale, le disposizioni delle associazioni di categoria e le prescrizioni degli enti di servizi pubblici locali.

ISO 11855

La serie di norme **ISO 11855 si applica ai sistemi di riscaldamento e raffreddamento radianti integrati a flusso d'acqua negli edifici residenziali, commerciali e industriali** e può anche essere utilizzata per i sistemi integrati in superficie senza intercapedini d'aria aperte nelle costruzioni di pareti, pavimenti e soffitti. I sistemi di superfici con intercapedini d'aria aperte che non sono integrati nella struttura dell'edificio non sono coperti da questa norma. La serie di norme ISO 11855 può essere applicata anche all'uso di liquidi diversi dall'acqua come fluido di riscaldamento e raffrescamento. La serie di norme ISO 11855 non contempla il collaudo dei sistemi. I metodi descritti non si applicano ai pannelli riscaldati o raffrescati a soffitto o alle travi.

Calcolo del TABS secondo **ISO 11855-4**

La norma ISO 11855-4 consente di calcolare la capacità di raffrescamento di picco dei sistemi di elementi termoattivati (TABS) sulla base degli apporti di calore, (come ad esempio gli apporti solari, quelli interni e di ventilazione,) nonché le dimensioni del compressore, il flusso del vettore fluido e il fabbisogno di raffrescamento dell'acqua previsto per il sistema.

Caratteristiche del solaio ad attivazione termica

Un requisito fondamentale del solaio ad attivazione termica della massa è che, in modalità di riscaldamento, il calore emesso dal solaio deve essere trasferito al locale sottostante. Allo stesso modo, in modalità di raffrescamento il calore deve essere estratto dalla stanza sottostante al solaio. Per questo motivo, è necessario **evitare materiali ad alta resistenza termica all'intradosso del solaio**, in quanto ridurrebbero significativamente l'emissione e l'assorbimento di calore del solaio termicamente attivato.

L'inserimento del sistema di tubazioni in un solaio in cemento armato fa sì che il calore della serpentina venga distribuito sia verso il basso che verso l'alto. La percentuale del flusso di calore verso l'alto - cioè nella direzione indesiderata -rispetto al flusso di calore totale emesso dalla serpentina dipende dalla resistenza termica del pavimento sul solaio in c.a.

Normalmente i solai tra i piani hanno un isolamento acustico di calpestio. La resistenza termica può essere aumentata con uno strato isolante aggiuntivo (circa 5-10 cm), riducendo così notevolmente il flusso di calore verso l'alto dalla serpentina delle tubazioni.

L'ultimo solaio o il solaio del tetto deve essere coibentato molto bene e privo di ponti termici, perché altrimenti in inverno le perdite di calore verso alto sarebbero troppo elevate.

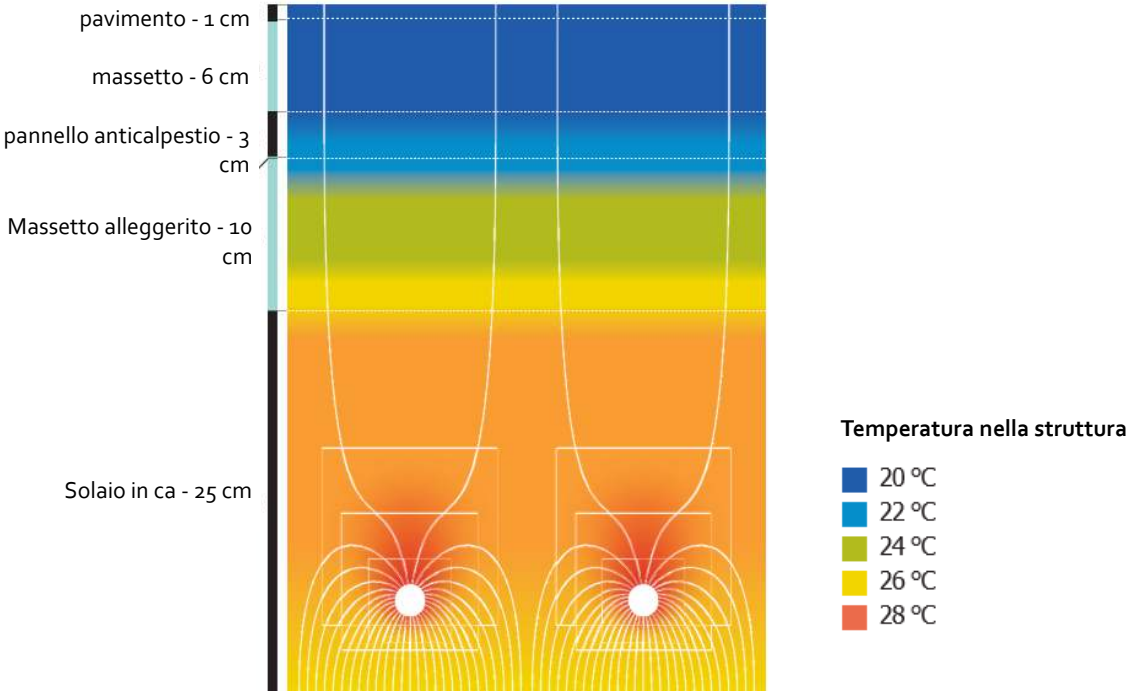

Fig. 11 | Andamento delle temperature e flusso di calore *nel solaio con gli strati di pavimento (©Klaus Krec)*

esempio: flusso di calore in un solaio attivato

In modalità di riscaldamento:

temperatura del fluido riscaldante 28 °C
temperatura dell'aria dell'ambiente 20 °C.

Le linee del flusso del calore mostrano che la maggior parte del calore dissipato dal sistema di tubazioni viene rilasciato nello spazio sottostante al solaio. I confronti hanno inoltre dimostrato che la posizione del sistema di tubazioni nel solaio (al centro o in prossimità della superficie) non influisce in modo determinante.

DONT'S

Quando si progetta l'attivazione termica della massa, occorre tenere presente che alcune zone non devono essere attivate. Si tratta di aree sottoposte a carichi strutturalmente elevati e quindi con un'alta densità di armatura, come le zone dei pilastri nel solaio o le zone di montaggio delle pareti divisorie o altre installazioni. Questo aspetto deve essere tenuto in particolare considerazione nel caso della serpentina in prossimità della superficie. Non sono ammessi controsoffitti o altri rivestimenti che impediscano l'emissione di calore radiante nell'ambiente.

6 Controllo e regolazione del TABS

Tecnologia di controllo / monitoraggio del punto di rugiada

Per il controllo dell'attivazione termica della massa (solaio di riscaldamento e raffrescamento), i casi invernale ed estivo vengono considerati in modi diversi.

In **inverno, quando viene utilizzato come solaio riscaldante**, la temperatura di mandata viene solitamente controllata a livello centrale. A tal fine, la temperatura viene determinata in modo variabile dal sistema di controllo centralizzato (MCR: tecnologia di misurazione, controllo e regolazione) in base alla temperatura esterna. Si deve tenere conto dei criteri di comfort. Ogni ambiente va controllato singolarmente (unità di controllo per ambiente) per regolare il fabbisogno di riscaldamento in base alle esigenze, intervenendo sulla la valvola di regolazione.

In **estate, quando viene utilizzato come solaio raffreddante**, è necessario tenere conto di alcune caratteristiche particolari, derivanti dalla necessità di tener conto del punto di rugiada e dell'umidità dell'aria del locale.

Controllo della Temperatura di mandata e dell'ambiente

Deve essere tecnicamente escluso la formazione di condensa sul solaio o nelle zone limitrofe. A tal fine, la temperatura di mandata dell'acqua di raffrescamento viene regolata a livello centrale in base alla temperatura esterna e all'umidità. Di norma, una temperatura di mandata dell'acqua di raffrescamento non deve essere inferiore a 16°C in modo da escludere in gran parte la formazione di condensa sui solai di raffrescamento e sulle tubature dell'acqua fredda. Inoltre, è necessario monitorare il punto di rugiada per ogni ambiente. A tal fine, un sensore del punto di rugiada per stanza è integrato nella regolazione del singolo locale. Questo assicura l'arresto del flusso dell'acqua di raffreddamento in caso di rischio di formazione di condensa sul solaio, per evitare danni strutturali all'elemento costruttivo in caso di condizioni climatiche umide o di elevati carichi di umidità.

Impianto di ventilazione con deumidificazione

La combinazione di **solai raffreddanti con un sistema di ventilazione** garantisce un'elevata qualità dell'aria con condizioni di comfort ottimali. L'impianto di ventilazione immette nell'ambiente aria deumidificata e pre-raffrescata leggermente inferiore alla temperatura ambiente ed espelle l'aria umida e viziata. In questo modo si garantisce un ricambio d'aria anche sotto l'aspetto della salubrità. Inoltre, si evita quasi totalmente la possibile formazione di condensa sul solaio raffreddante, poiché la temperatura critica del punto di rugiada è inferiore alla temperatura di mandata dell'acqua di raffrescamento. Le basi tecniche di questa soluzione sono tratte dal diagramma di Mollier per l'aria umida.

Raccomandazioni per la regolazione

In sintesi, si può affermare che le combinazioni di cui sopra consentono di controllare in modo ottimale e affidabile i solai riscaldanti e raffrescanti:

- Controllo della temperatura di mandata del riscaldamento in base alla temperatura esterna
- Controllo della temperatura di mandata del raffrescamento in base alla temperatura esterna e all'umidità
- Monitoraggio del punto di rugiada per ambiente
- Impianto di ventilazione con regolazione dell'umidità e ricambio d'aria igienico.

7 Progettazione del TABS

Il calcolo della **potenza di riscaldamento e di raffrescamento** tiene conto delle specifiche fisiche dell'involucro edilizio compreso la valutazione energetica degli impianti. Per motivi energetici ed ecologici si dovrebbe puntare a basse temperature di sistema in modalità di riscaldamento e ad alte temperature di sistema in modalità di raffrescamento.

La scelta del sistema può quindi avvenire sulla base del calcolo della potenza di riscaldamento e di raffrescamento e delle caratteristiche prestazionali dei sistemi in questione. Inoltre devono essere prese in considerazione anche le specifiche architettoniche e tecniche dell'edifici.

Condizioni di comfort

Le condizioni standard per il comfort vengono definite per tutti i sistemi di riscaldamento durante la fase di progettazione. Il comfort termico si ottiene quando la temperatura dell'aria, la temperatura superficiale, le differenze di temperatura, l'umidità e la velocità dell'aria rimangono entro determinati limiti di comfort. Questo avviene con il TABS correttamente progettato e realizzato, a condizione che anche l'involucro dell'edificio sia privo di difetti e ben isolato termicamente.

Quando si progetta il TABS, di solito si ipotizza una **temperatura dell'ambiente di 22°C e una temperatura del solaio di 26°C**. Più la temperatura ambiente si avvicina alla temperatura del solaio, meno calore emette il solaio. Se la temperatura ambiente è uguale a quella del solaio, l'elemento attivato non può più emanare calore. Questo effetto, che si verifica nei sistemi di riscaldamento e raffrescamento con temperature di esercizio relativamente basse, è noto come effetto di autoregolazione. Se i requisiti di comfort sono soddisfatti, la temperatura del solaio può essere regolata in modo flessibile senza riduzione del comfort.

Allo scopo di controllo può essere fatto una verifica del comfort secondo norma:
EN ISO 7730, EN 15251. Per maggiori informazioni consultare il sito *www.bauteilaktivierung.info*

Potenza di riscaldamento – Comfort invernale

Negli edifici con bassi carichi di riscaldamento, un solaio con attivazione termica è un sistema di riscaldamento conveniente. Si raccomanda che la potenza termica con il TABS, come l'unico impianto di riscaldamento, non superi i 25 W/m². Nella maggior parte dei casi, questo valore non può essere raggiunto senza una ventilazione controllata degli ambienti residenziali con recupero di calore.

La modellazione realistica è resa possibile da una simulazione termica dinamica dell'edificio.

Ricambio d'aria

Per garantire un **buon apporto di aria fresca**, la ventilazione meccanica controllata con recupero di calore è oggi uno standard. Ciò è tanto più importante in quanto gli edifici odierni hanno un **involucro edilizio molto ermetico** per ridurre al minimo le perdite di calore (n50 ben al di sotto di 1,0/h). Senza un regolare ricambio d'aria possono verificarsi problemi negli ambienti come l'accumulo di umidità, odori, agenti inquinanti e altro.

Locali speciali: Bagni

A volte l'inerzia dei sistemi di riscaldamento a superficie a bassa temperatura e la mancanza di un punto di calore percepibile vengono considerati uno svantaggio. Per esigenze particolari, come ad esempio nei servizi igienici, dove sono richieste temperature più elevate per brevi periodi o dove c'è bisogno di calore anche nei periodi di passaggio e in estate, è possibile installare un sistema di riscaldamento a radiatori/pavimento, che può essere integrato nella produzione dell'acqua calda sanitaria o alimentato elettricamente.

Potenza di Raffrescamento – Cestivo

L'ampia superficie del TABS consente di ottenere un piacevole effetto di raffrescamento anche con piccole differenze di temperatura. La regolazione della temperatura attraverso un solaio attivato è significativamente più favorevole in termini di comfort rispetto a un pavimento raffreddato. Tuttavia, la capacità di raffrescamento è limitata, quindi è importante che anche altre misure siano utilizzate in modo efficace (ombreggiatura, riduzione al minimo delle fonti di calore nell'abitazione, ecc.) e che l'edificio soddisfi i requisiti minimi estivi.

Raccomandazioni per le verifiche

Calcolo della potenza di raffrescamento:

- VDI 2078
- SIA 382/2
- ÖNORM H 6040
- CasaClima o norme nazionali

Poiché il TABS non è ancora regolato da norme, si raccomandano le seguenti verifiche:

Potenza di riscaldamento nell'ambiente più sfavorevole

- DIN EN 12831 e simulazione termodinamica
- SIA 384.201, SIA 380/1
- ÖNORM H 7500-1 e simulazione termodinamica
- UNI TS 11300 o CasaClima

Garanzia di qualità nell'esecuzione

- DIN EN ISO 9972, Verifica della permeabilità all'aria degli edifici
- SN EN ISO 9972, Verifica della permeabilità all'aria degli edifici
- ÖNORM EN ISO 9972, Verifica della permeabilità all'aria degli edifici
- UNI EN ISO 9972, Verifica della permeabilità all'aria degli edifici e regolamento CasaClima "Blower-Door-Test"

8 TABS nel risanamento

Per la ristrutturazione degli edifici esiste tuttavia la possibilità di adeguare un impianto con un sistema di riscaldamento o di raffrescamento delle superfici, sfruttando, il vantaggio di temperature di mandata più basse (viceversa nel caso del raffrescamento) e del calore radiante. Tuttavia, il retrofit per l'attivazione termica della massa è ancora in fase di ricerca e sperimentazione.

Soluzioni per il risanamento

Un'ottima soluzione per una ristrutturazione, grazie alla facilità di montaggio a soffitto o a parete, sono ad esempio i tappetini radianti a tubi capillari con un'altezza di circa 5 mm o pannelli di cartongesso con tubature integrate o elementi riscaldanti elettrici. Analogamente all'"attivazione convenzionale dei componenti" nelle nuove costruzioni, questi sistemi richiedono temperature di mandata di 25-30°C, il che li rende particolarmente interessanti per l'uso in ristrutturazioni a basso consumo energetico o secondo gli standard nZEB.
Sul mercato sono disponibili anche sistemi di intonaco con integrati "sistemi di tubazioni su guide" che richiedono una sottile copertura di intonaco per pareti e soffitti e con sistemi di costruzione a secco Anche con questo metodo sono possibili altezze di montaggio di 2,5-3 cm con materiali speciali per tubi.

Fattori di determinazione sul sistema e sull'efficacia

La "profondità di diffusione del calore" nell'elemento, la temperatura superficiale e la velocità di reazione alle variazioni delle condizioni ambientali (variazione dei carichi interni, radiazione solare, ecc.) sono influenzate dalla distanza tra i tubi, dal diametro dei tubi, dalla conducibilità termica dell'elemento o dello strato di intonaco e dalla posizione del registro dei tubi nell'elemento.

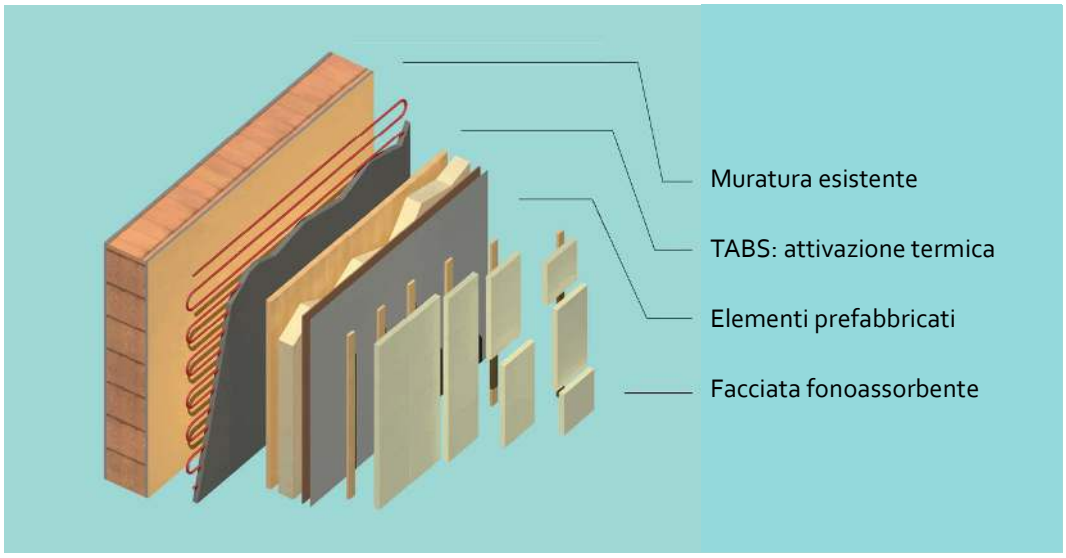

Fig. 12 | Esempio progetto di ricerca: „Smart Skin – facciata multifunzionale a Salisburgo "
Risanamento di un edificio residenziale esistente con TABS. Installazione dei tubi sulla parete esterna e montaggio di elementi coibenti prefabbricati di materiali di legno. Collaborazione della TU Vienna e della FH Salisburgo e partner commerciali. (© Rendering: Smart City Demo – Wohnen findet Stadt – FH Salzburg)

Le tipologie di costruzione in Italia sono ancora molto tradizionali. Negli edifici esistenti si trovano generalmente solai in laterizio e vengono ancora oggi installati nelle nuove costruzioni. Quindi, è stata quindi effettuata una simulazione termica di un solaio in laterizio con sottostante un pannello di raffrescamento. I risultati sono riportati nel grafico seguente.

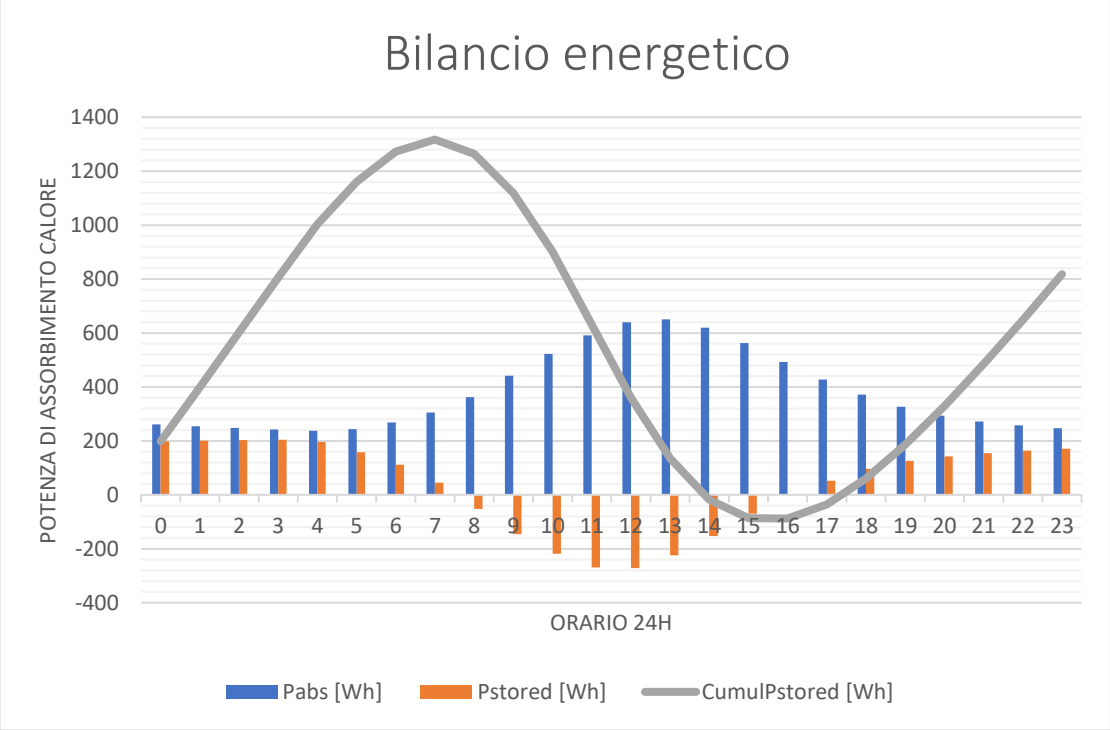

Fig. 13 | CFD-Simulazione solaio in laterizio con panello raffreddante *(Software Ansys Fluent)*

Acqua:	*portata 0,16kg/s, temperatura di mandata 18°C*
Pabs:	*Capacità di assorbimento del calore dell'acqua*
Pstored:	*Potenza termica residua nel solaio*
CumulPstored:	*Somma della potenza termica accumulata nel solaio*

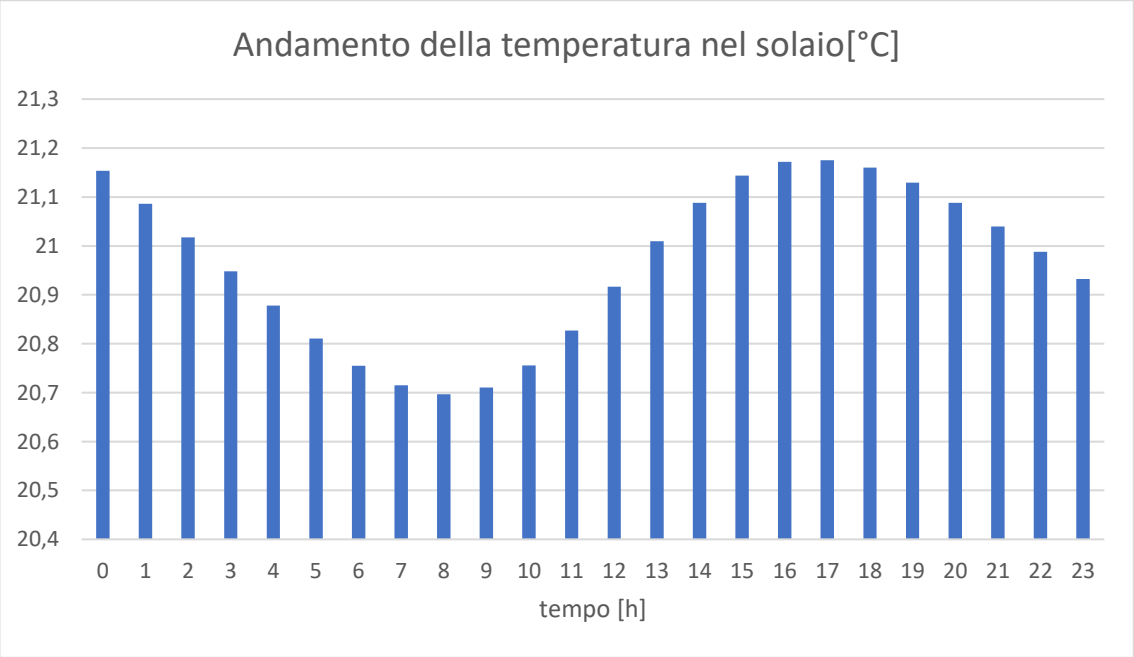

Fig. 14 | CFD-Simulazione solaio in laterizio con panello raffrescante *(Software Ansys Fluent)*

La potenza termica residua nel solaio-***Pstored*** -è la somma del calore assorbito dai locali sopra e sotto il solaio, meno la potenza termica assorbita e dissipata dall'acqua- ***Pabs. CumulPstored*** mostra la somma oraria dell'energia immagazzinata nel soffitto.

Guardando il bilancio energetico dopo 24 ore, in totale sono stati assorbiti circa 9,1 kWh dall'acqua che scorre attraverso il pannello di raffrescamento. La potenza termica residua nel soffitto è di circa 820 Wh.

L'energia termica disponibile nel solaio (Pstored) è negativa durante nelle ore di picco di fabbisogno energetico. Ciò significa che in queste ore l'energia di raffrescamento dell'acqua non è sufficiente e l'energia accumulata nelle ore precedenti viene utilizzata per raffrescare gli ambienti.

Nel complesso, la simulazione mostra che la potenza di raffrescamento è sufficiente a creare un clima interno confortevole.

9 Costi del TABS

Fig.12| Complesso residenziale MGG22 (Vienna, A): *Il calore per riscaldamento e ACS sono generati mediante PDC sole/acqua con sonde geotermiche. A tale scopo sono state installate 30 sonde geotermiche, ciascuna lunga 150 m. A una profondità di 10-20 m, la temperatura rimane costante a 10-12°C durante tutto l'anno. Nella modalità di riscaldamento, il calore geotermico estratto viene portato a un livello di temperatura più elevato mediante una PDC. In modalità di raffrescamento, il calore viene convogliato nel terreno e rigenerato allo stesso tempo. (© A. Kromus, Z+B)*

Costi di costruzione

Il vantaggio principale del TABS è che lo stesso sistema può essere utilizzato sia per il riscaldamento che per il raffrescamento. Questo vantaggio diventerà ancora più importante in futuro. La confortevole funzione di raffrescamento può essere integrata praticamente senza costi aggiuntivi.

I costi netti di costruzione solo per TABS generalmente non sono superiori a quelli del riscaldamento a pavimento, anzi, grazie alla semplicità del sistema, tendono a essere più bassi. Tuttavia, mancano ancora sistemi di regolamentazione standard per una regolamentazione preventiva del mercato. Di conseguenza, è possibile ipotizzare costi aggiuntivi rispetto ai sistemi tradizionali.

Per gli edifici a uso commerciale il TABS è uno standard da molto tempo; quindi, non dovrebbero esserci incertezze sui prezzi. Possono esserci costi aggiuntivi se l'isolamento termico soddisfa solo i requisiti minimi e deve essere migliorato per garantire che il riscaldamento sia possibile solo con il BTA e che anche la potenza termica del BTA sia mantenuta bassa. Lo standard energetico degli edifici residenziali (nuova costruzione) dovrebbe essere già così elevato che non sia necessario prevedere miglioramenti.
Nell'ambito della progettazione, si prevedono costi più alti per il coordinamento e la progettazione aggiuntiva.

Costi di progettazione

Per la progettazione del TABS si consiglia una simulazione termica, in quanto questo metodo di calcolo consente di considerare ogni stanza singolarmente e di verificare se il comfort è garantito anche durante i periodi di freddo più lunghi. Questa simulazione non è ancora uno standard nella progettazione di edifici residenziali, ma i costi possono essere rapidamente ammortizzati e il TABS viene dimensionato in modo più efficiente.

Costi di energia e esercizio

I costi energetici e di esercizio sono abbastanza contenuti mentre il rischio di bollette salate è relativamente basso, a causa dei volumi di energia e alla flessibilità (il prezzo della CO_2 e i costi più elevati per i picchi di carico non sono del tutto improbabili nei prossimi anni).

I costi di esercizio per il raffrescamento sono bassi, poiché l'effetto si ottiene già con il passaggio dell'acqua fredda (free cooling). Tutto ciò che serve è l'energia utilizzata per la pompa di ricircolo. Il raffrescamento con pompa di calore è possibile anche con carichi di raffreddamento più elevati, a condizione che non ci sia rischio di condensa. A tal fine, in base alla potenza assorbita dalla pompa di calore nella rispettiva condizione di funzionamento, il fabbisogno di elettricità è inferiore a quello del raffrescamento con, ad esempio, apparecchi split.

Non ci sono costi diretti di manutenzione per il TABS.

Vita utile del TABS

Carichi a bassa temperatura, materiali dei tubi di alta qualità senza giunti e incorporati nell'elemento in ca consentono in genere di ottenere un sistema di riscaldamento/raffrescamento senza manutenzione e di lunga durata, anche se i produttori non danno garanzie per cento anni.

Gli elementi inseriti nel calcestruzzo sono generalmente ben protetti. Se vengono danneggiati durante l'installazione o il getto, questo verrà rilevato durante la prova di pressione e potrà essere risolto durante i lavori di costruzione. Adottando le stesse precauzioni che si usano per la rete elettrica, è opportuno evitare di perforare i tubi.

Per l'elemento attivato è necessario specificare una profondità massima di perforazione (ad esempio, 6 cm). Tuttavia, è possibile localizzare e riparare in modo permanente le perdite dei tubi negli elementi in calcestruzzo con diversi metodi.

Incentivo:Delibera No. 1143 + 1144

I **contributi per progetti con la tecnologia TABS** è approvata nelle delibere della giunta della Provonicia n. 1143 (aziende) e n. 1144 (privati) del 19 dicembre 2023.

10 Accoglienza e comfort abitativo

I requisiti degli edifici moderni sono un elevato comfort termico per l'utente, un funzionamento a risparmio energetico e rispettoso nei confronti dell'ambiente, nonché bassi costi di investimento e di gestione. L'attivazione termica della massa può contribuire in modo determinante al raggiungimento di questi obiettivi.

- Comfort grazie alla prevalenza dell'effetto radiante rispetto a quello convettivo
- Assenza di movimento di aria e polvere
- Ambienti confortevoli tutto l'anno
- Prudenza nella perforazioni dei solai
- Il riscaldamento senza termosifoni offre la possibilità di un migliore utilizzo degli spazi e dell'arredo ed evita di avere una fonte di calore di tipo convettivo

Comfort

L'installazione del sistema di riscaldamento e raffreddamento nel solaio, come componente omogeneo e di grande superficie, offre dei vantaggi impiantistici. Le ampie superfici attivate consentono temperature di esercizio molto basse e creano un clima interno equilibrato, caratterizzato da un elevato livello di comfort grazie all'alta percentuale di calore o fresco radiante emesso.

Riscaldamento

Le piccole differenze di temperatura distinguono il TABS dai sistemi di riscaldamento con emissione di calore puntuali (p. es. radiatori), che sono sempre associati al movimento dell'aria (convezione) e quindi anche alla polvere a causa delle differenze di temperatura molto più elevate.

Raffrescamento

Nel caso di un sistema di condizionamento d'aria convenzionale, il calore viene estratto dall'ambiente in modo convettivo attraverso il ricambio d'aria. Entrambi questi problemi vengono risolti dal sistema TABS grazie al riscaldamento e al raffreddamento delle superfici anziché dell'aria dell'ambiente.

I residenti di edifici dotati di sistemi TABS considerano queste qualità particolarmente confortevoli.

11 Norme & Regolamenti

L'elenco delle norme non è completo.

ISO 11855-4	Progettazione dell'ambiente costruito - Sistemi di riscaldamento e raffreddamento radianti integrati - Parte 4: Dimensionamento e calcolo della potenza dinamica di riscaldamento e raffrescamento dei sistemi termo-attivi dell'edificio (TABS)
UNI EN 1264	Sistemi radianti annegati a pavimento, parete e soffitto
UNI EN 12831	Energy performance of buildings - Method for calculation of the design heat load - Part 1: Space heating load, Module M3-3
UNI EN 12828	Heating systems in buildings - Design for water-based heating systems
UNI EN 14240	Ventilation for buildings - Chilled ceilings - Testing and rating
DIN EN 14336	Heating systems in buildings - Installation and commissioning of water-based heating systems
UNI EN 15251	Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics.
EN 16798-3	Energy performance of buildings - Ventilation for buildings - Part 3: For non-residential buildings - Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems (Modules M5-1, M5-4)
EN ISO 7730	Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria (ISO7730:1994)
DIN 1946-6	Erstellen eines Lüftungskonzepts ATV
DIN 4108	Wärmeschutz im Hochbau
DIN 4109	Schallschutz im Hochbau
DIN 18380	Heizungsanlagen und zentrale Wassererwärmungsanlagen
VDI 2073-2	Hydraulik in Anlagen der Technischen Gebäudeausrüstung
VDI 207	(Kühllastberechnung) Berechnung von thermischen Lasten und Raumtemperaturen
VDI 6031	Abnahmeprüfung von Raumkühlflächen
VDI 6034	Raumkühlflächen-Planung, Bau und Betrieb
VDMA 24186	Wartung von technischen Anlagen und Ausrüstungen in Gebäuden
DGP n. 1143	Delibera della giunta provincale 19/12/2023, art.13, g (persone private)
DGP n. 1144	Delibera della giunta provincale 19/12/2023, art.14, g (aziende)

12 Riferimenti bibliografici/Link

Innovation Map https://www.zukunft-bau.at/innovationslandkarte

La mappa dell'innovazione della ZAB Zukunftsagentur Bau (www.) offre una raccolta di progetti innovativi su vari temi. Sul tema "attivazione termica" sono già stati inseriti oltre 120 progetti provenienti da 4 Paesi. I progetti comprendono ristrutturazioni e condomini di nuova costruzione, oltre a edifici pubblici come scuole, università e uffici.

Per ogni progetto è presente un riquadro informativo con i dati più importanti, alcune foto e una breve descrizione. In questo modo si ottiene una buona panoramica delle numerose possibilità del TABS!

FactSheet Thermische Bauteilaktivierung, Klima- und Energiefonds www.klimafonds.gv.at

Planungsleitfaden Energiespeicher Beton: **Thermische Bauteilaktivierung**

www.nachhaltigwirtschaften.at

www.zement.at

Projektpartner

ZAB Zukunftsagentur Bau GmbH	www.zukunft-bau.at/en
BI Bayern innovativ GmbH	www.bayern-innovativ.de/en
BETONSUISSE Marketing AG	www. betonsuisse.ch
Innovation Salzburg GmbH	www.innovation-salzburg.at/en
Technische Hochschule Rosenheim	www.th-rosenheim.de/en

Riferimenti fotografici:

Progress Group	www.progress.cc/it
Betonkerntemperierung Rehau	www.rehau.com

Link utili:

Bundesverband Flächenheizungen und Flächenkühlungen e.V.	www.flaechenheizung.de
Bundesverband Geothermie	www.geothermie.de
Betonkerntemperierung Rehau	www.rehau.com
Fachhochschule Salzburg	www.fh-salzburg.ac.at/en

Interreg

Co-funded by
the European Union

Alpine Space

Cool*Alps

This project is co-funded by the European Union through the Interreg Alpine pace programme.