



Ente per le Nuove tecnologie,
l'Energia e l'Ambiente



Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA SISTEMA ELETTRICO

Elementi responsivi e concetti integrati edificio/impianto Rapporto sulle attività della IEA ECBCS Annex 44

M. Perino, V. Serra, F. Zanghirella, A. Kindinis





Ente per le Nuove tecnologie,
l'Energia e l'Ambiente



Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA SISTEMA ELETTRICO

Elementi responsivi e concetti integrati edificio/impianto Rapporto sulle attività della IEA ECBCS Annex 44

M. Perino, V. Serra, F. Zanghirella, A. Kindinis

ELEMENTI RESPONSIVI E CONCETTI INTEGRATI EDIFICIO/IMPIANTO

Rapporto sulle attività della IEA ECBCS Annex 44

M. Perino, V. Serra, F. Zanghirella, A. Kindinis (Politecnico di Torino, Dipartimento di Energetica)

Marzo 2009

Report Ricerca Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA

Area: Usi finali

Tema: Determinazione dei fabbisogni e dei consumi energetici dei sistemi edificio-impianto, in particolare nella stagione estiva e per uso terziario e abitativo e loro razionalizzazione.

Interazione condizionamento e illuminazione

Responsabile Tema: Marco Citterio, ENEA

“Sviluppo di modelli e tecnologie per l’integrazione
luce naturale e artificiale e
partecipazione alle attività IEA connesse
all’ottimizzazione delle prestazioni energetiche
del sistema edificio-impianti”

Torino, 31 Marzo 2009

Coordinatore: prof. Marco Filippi





"Sviluppo di modelli e tecnologie per l'integrazione luce naturale e artificiale e partecipazione alle attività IEA connesse all'ottimizzazione delle prestazioni energetiche del sistema edificio-impianti"

**Elementi Responsivi e concetti integrati
edifico/impianto**

Politecnico di Torino -ENEA

Coordinatore del contratto: prof. Marco Filippi

Responsabile scientifico del settore

Elementi Responsivi (Attività IEA Annex 44) prof. Marco Perino

Collaboratori: prof. Valentina Serra
Ing. Fabio Zanghirella
Ing. Andrea Kindinis

Marzo 2009

Gruppo di ricerca TEBE



Prefazione

Questa guida riassume il lavoro di ricerca svolto dall'unità in seno all' IEA-ECBCS Annex 44 "Integrating Environmentally Responsive Elements in Buildings" ed è basata sui contributi di tutti i partecipanti al progetto.

Il testo è focalizzato sugli elementi di involucro innovativi in grado di rispondere ai cambiamenti delle condizioni climatiche e della domanda d'utilizzo. Descrive materiali, componenti, sistemi e concetti che sono stati sviluppati in laboratori ed edifici di tutto il mondo.

Questa guida mira ad essere utile nella ricerca di nuove soluzioni per l'ambiente costruito e per i problemi legati alla progettazione e costruzione di edifici sostenibili.

Riconoscimenti

Il materiale presentato in questa pubblicazione è stato raccolto ed elaborato all'interno di un Annex della IEA Implementing Agreement Energy Conservation in Buildings and Community Systems: Annex 44 "Integrating Environmentally Responsive Elements in Buildings".

La relazione è il risultato di uno sforzo congiunto internazionale condotto in 12 paesi. Un sentito ringraziamento va a tutti coloro che hanno contribuito al progetto.

1. Introduzione

Nella prima metà del ventesimo secolo i sistemi di ventilazione, condizionamento dell'aria e illuminamento artificiale sono stati sviluppati per soddisfare esigenze di comfort.

Prima dell'introduzione dei sistemi meccanici, la forma di un edificio era determinata dal clima e non dal suo stile. Il comfort era raggiunto con tecnologie passive e caratteristiche architettoniche decise in fase di progettazione.

Tuttavia, con l'avvento delle nuove tecnologie, gli architetti non sono più costretti dalla necessità di assicurare che gli edifici siano ampiamente illuminati da luce naturale, rimangano ventilati e freschi in estate e caldi d'inverno; siccome i sistemi di ventilazione e di illuminazione artificiale soddisfano le esigenze legate al comfort, i progettisti possono lavorare senza preoccuparsi di integrare nel disegno architettonico l'aspetto energetico e gli aspetti legati al comfort.

Queste innovazioni hanno dato inizio a una rivoluzione nel modo di progettare. Con la libertà di approccio alla progettazione architettonica come una pura forma d'arte, l'architetto crea un progetto e poi lo passa al progettista di impianti che aggiungerà i sistemi necessari per garantire le condizioni di comfort. Il risultato è che gli edifici generano un elevato consumo di energia per il riscaldamento, raffrescamento e illuminazione artificiale, hanno elevati costi di esercizio e significativi effetti sull'ambiente.

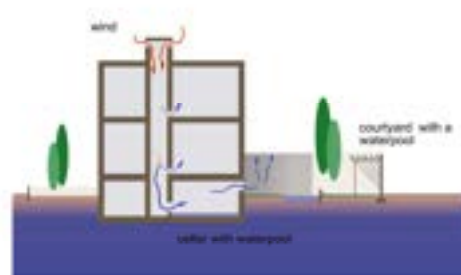
Oggi l'uso di energia per il riscaldamento, raffrescamento e ventilazione di edifici rappresenta oltre un terzo del totale della domanda di energia primaria nei paesi industrializzati, diventando una fonte di inquinamento per l'ambiente. Per raggiungere gli obiettivi fissati dal protocollo di Kyoto, è necessario individuare le tecnologie energetiche innovative e soluzioni per il medio e lungo termine, che facilitino l'attuazione e l'integrazione di tecnologie a bassa emissione di anidride carbonica, come dispositivi ad energie rinnovabili, integrati all'interno dell'ambiente costruito. L'introduzione di tecnologie a basse emissioni di anidride carbonica deve ancora affrontare grandi ostacoli soprattutto in relazione ai costi, alla costruzione, alla logistica, alle sfide tecnologiche, alla mancanza di comprensione e di conoscenza e alla mancanza di competenze necessarie.

Gli sforzi per migliorare l'efficienza energetica degli edifici negli ultimi decenni si sono concentrati su miglioramenti di efficienza per elementi specifici come l'involucro edilizio, le sue pareti, tetti e finestre (luce naturale, ventilazione, ecc) e sui miglioramenti di efficienza nella costruzione di impianti per riscaldamento, ventilazione, raffrescamento e illuminazione. Sino ad ora sono stati fatti significativi progressi, e molti elementi dell'edificio offrono la possibilità di miglioramenti di efficienza; tuttavia, questo approccio sembra aver raggiunto i suoi limiti.

È quindi necessario rivedere e modificare l'approccio progettuale. Prima dell'avvento delle moderne tecniche di progettazione, gli edifici, costruiti per proteggere dalle intemperie, erano progettati per sfruttare le condizioni climatiche giornaliere e stagionali attraverso l'orientamento strategico e il posizionamento degli accessi e delle finestre. Analogamente, l'uso di luce

naturale era previsto nella progettazione degli edifici. Gli architetti utilizzarono diverse soluzioni progettuali come atri, light shelf's, o edifici stretti in modo da portare la luce naturale all'interno degli edifici. Al fine di mantenere un comfort all'interno dell'edificio nel periodo estivo, erano utilizzate altre tecniche quali rivestire la parte esterna con materiali di colore chiaro o predisporre una ventilazione naturale con attivazione termica.

In contrasto le tecniche costruttive moderne raramente considerano l'orientamento, la forma dell'edificio, la luce naturale o sistemi di raffrescamento passivo. Ovviamente, c'è stata la necessità per gli architetti e progettisti di impianti di esaminare le implicazioni dei progetti edilizi sul conseguente fabbisogno energetico. Questo in ultima analisi, ha richiesto lo sviluppo di un processo che ha sottolineato l'uso di tecniche passive e attive (vale a dire, i sistemi meccanici) per soddisfare le esigenze legate al comfort.



Principi della progettazione "climatica"

Per migliorare l'efficienza energetica pur garantendo ottimali condizioni di comfort interno, gli edifici dovranno sfruttare sempre più "concetti integrati". In quest'ottica gli elementi costruttivi dell'edificio devono operare assieme alle tecnologie bioclimatiche per raggiungere un ottimo rendimento in termini di consumo energetico, comfort termico e qualità dell'aria negli ambienti chiusi. In particolare una grande potenzialità per il futuro può essere trovata negli elementi responsivi.

L'elemento responsivo in questo contesto è inteso come un elemento con la capacità di regolare dinamicamente le sue proprietà fisiche e il rendimento energetico in base alle mutevoli esigenze delle condizioni interne e alla variabilità delle condizioni esterne. Questa capacità può riguardare lo sfruttamento di energie rinnovabili (come l'utilizzo dell'energia solare attraverso le superfici trasparenti), il trasporto di energia (come la circolazione d'aria in apposite cavità), e l'accumulo di energia (utilizzando materiali con elevata capacità di stoccaggio).

Con l'integrazione degli elementi responsivi e degli impianti la progettazione cambia completamente passando dalla progettazione di sistemi individuali alla progettazione integrata che dovrebbe consentire un uso ottimale delle risorse energetiche naturali (illuminamento naturale, ventilazione naturale, raffrescamento passivo, etc) e una migliore integrazione dei dispositivi per lo sfruttamento dell'energia rinnovabile.

La novità rispetto alla procedura di progettazione classica è che oggi si ha accesso a un vasto numero di tecniche avanzate di progettazione e a strumenti di simulazione per prevedere le prestazioni; i materiali da costruzione presentano inoltre caratteristiche migliori, e soprattutto, si è in grado di misurare e controllare le prestazioni di un edificio e dei suoi servizi con un sistema di gestione dell'edificio (BEMS). Il BEMS svolge un ruolo cruciale per ottenere una prestazione ottimale dell'edificio, in termini di comfort e qualità dell'aria interna in funzione delle condizioni desiderate e in funzione delle condizioni climatiche esterne. I BEMS forniscono "l'intelligenza" a un edificio; in base al mutamento delle condizioni esterne e delle esigenze interne gli elementi responsivi possono essere pilotati dai BEMS per cambiare le loro caratteristiche fisiche.

1.1 Motivazioni per la progettazione integrata degli edifici utilizzando gli elementi responsivi

L'integrazione degli elementi responsivi e dei sistemi energetici nella progettazione integrata degli edifici porta a numerosi vantaggi:

- o L'integrazione degli elementi responsivi con i sistemi energetici porta a un sostanziale miglioramento nelle prestazioni ambientali e nei costi.
- o Sfrutta la qualità delle sorgenti energetiche (exergia) e stimola l'uso di fonti energetiche rinnovabili e sorgenti energetiche secondarie (quali calore sprecato, calore residuo etc.)
- o Migliora le possibilità di un accumulo passivo e attivo dell'energia
- o Integra principi architettonici nella progettazione integrata di edifici
- o Gli elementi responsivi portano a una maggiore integrazione delle tecnologie in relazione agli occupanti dell'edificio e ai loro comportamenti
- o Migliora lo sviluppo di nuove tecnologie e elementi nei quali sono combinate più funzioni nello stesso elemento costruttivo
- o Conduce a una migliore comprensione dei principi di progettazione integrata tra gli architetti e gli ingegneri

2. Edifici responsivi e sostenibili

L'approccio comune per ridurre l'energia consumata negli edifici è di creare un isolamento tra l'ambiente interno e l'ambiente esterno il più grande possibile, compatibilmente con la sua fattibilità economica.

Le condizioni esterne rimarranno isolate e separate dalle condizioni interne. In questo modo l'ambiente interno e l'ambiente esterno sono isolati e le condizioni interne dipendono dalle prestazioni dell'edificio. (schema edificio A)

Per poter colmare l'ulteriore necessità di risparmio energetico gli edifici devono adattarsi alle condizioni ambientali e devono sfruttarle in maniera ottimale.

Accanto a questo vi è un crescente interesse per lo sviluppo di edifici che "cooperano" con la natura e utilizzano le condizioni ambientali a disposizione (schema edificio B)

Pattern A



energy efficiency

Pattern B

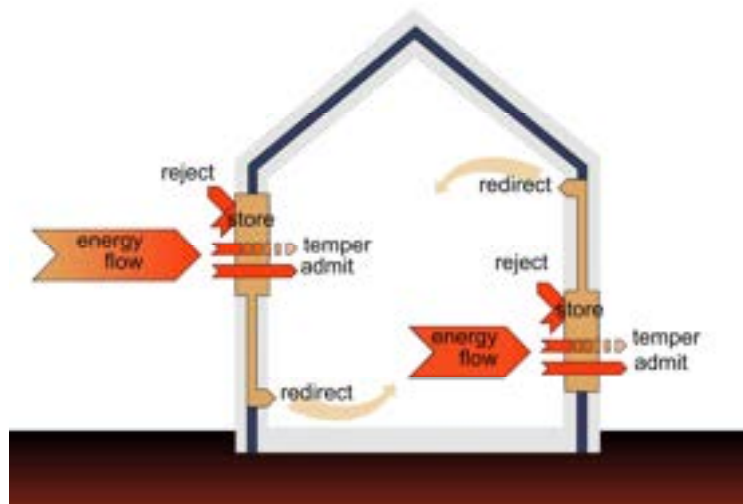


quality of living space

Questo comportamento responsivo può essere approcciato da un punto di vista tecnologico e da un punto di vista architettonico:

1. Il comportamento responsivo può sfruttare le fluttuazioni dinamiche dell'ambiente esterno per ridurre il consumo energetico degli impianti di condizionamento dell'aria e dei sistemi di illuminazione (approccio tecnologico)
2. Il comportamento responsivo può sfruttare le fluttuazioni dinamiche dell'ambiente esterno per migliorare il rapporto tra l'uomo e la natura, creando più produttività, salute, e un ambiente più confortevole (approccio architettonico)

In un edificio responsivo occorre trovare un'ottimizzazione tra i requisiti energetici, di salute e di comfort. Dal punto di vista della coesistenza dell'uomo con la natura l'approccio è di costruire edifici "aperti" all'ambiente e di evitare barriere tra l'interno e l'esterno (approccio inclusivo), mentre dal punto di vista tradizionale del controllo climatico l'approccio è stato sempre di costruire edifici con uno stretto legame con l'ambiente (approccio esclusivo).



Nell'approccio inclusivo la transizione tra ambiente interno e esterno avviene in una zona ibrida dove i guadagni energetici non sono respinti, ma accumulati, accettati o re-direzionati in funzione delle condizioni di comfort desiderate.

L'obiettivo è sviluppare edifici che abbiano la migliore combinazione di una progettazione passiva e tecnologie attive per convertire il modo di funzionamento giornaliero e stagionale in relazione alle condizioni interne e esterne.

In particolare si passa dal classico approccio progettuale in cui gli edifici sono stati progettati per proteggere dalle intemperie all'approccio progettuale per sfruttare le variazioni climatiche giornaliere e stagionali del clima esterno.



Tutto ciò apre nuove opportunità. Gli edifici non si comportano più come oggetti rigidi che necessitano di grossi impianti di riscaldamento e raffrescamento per mantenere le condizioni di comfort interno ma diventano sfere "viventi" attorno agli occupanti che sono in contatto con la natura, e protetti quando è necessario.

All'interno dell'Annex 44 le strategie integrate energetico ambientali dell'edificio sono definite come:

“Soluzioni di progettazione integrata dove gli elementi responsivi e i sistemi energetici sono integrati in un sistema in modo da raggiungere un’ottimale prestazione energetica in termini di consumi energetici, consumo di risorse, impatto ambientale e qualità dell’ambiente interno”

3. Elementi di edificio responsivi

Lo sviluppo, l’applicazione e l’implementazione degli elementi responsivi è un passo necessario per migliorare l’efficienza energetica dell’ambiente costruito.

Nell’Annex 44 un elemento responsivo è definito come:

Un elemento responsivo (*Responsive Building Element RBE*) è un componente dell’edificio che ha lo scopo di mantenere un appropriato equilibrio tra condizioni ottimali interne e le condizioni esterne rispondendo in maniera olistica e controllata ai cambiamenti dell’ambiente esterno o interno e agli interventi degli occupanti

I principi chiave sui quali poggiano gli elementi responsivi sono:

- Comportamento dinamico
- Adattabilità
- Capacità di svolgere funzioni differenti
- Controllo intelligente

I concetti di dinamicità e adattabilità si traducono nel fatto che le funzioni, le caratteristiche e le proprietà termofisiche di questi elementi possono cambiare nel tempo e adattarsi adeguatamente a diverse condizioni di occupazione, necessità, riscaldamento/raffrescamento, ventilazione ... e a diverse condizioni al contorno (meteorologiche, carichi interni, sostanze inquinanti...)

La coerenza tra i requisiti energetici e di comfort, e il comportamento e le proprietà degli elementi responsivi è garantita dall’intelligenza del controllo.

Quest’ultimo concetto, inoltre, consente la corretta integrazione dei principi operativi dei singoli elementi responsivi (RBE) con il resto dell’edificio e degli impianti.

In altre parole il corretto funzionamento di uno o più elementi responsivi, a livello dei componenti, è adattato e sintonizzato dal controllo intelligente per contribuire attivamente, a livello di sistema, ai concetti di edificio integrato come è schematicamente rappresentato in figura 3.1.

Solo attraverso l’integrazione degli elementi responsivi sotto la supervisione di un controllo intelligente, e con opportune strategie, è possibile sfruttare tutte le potenzialità.

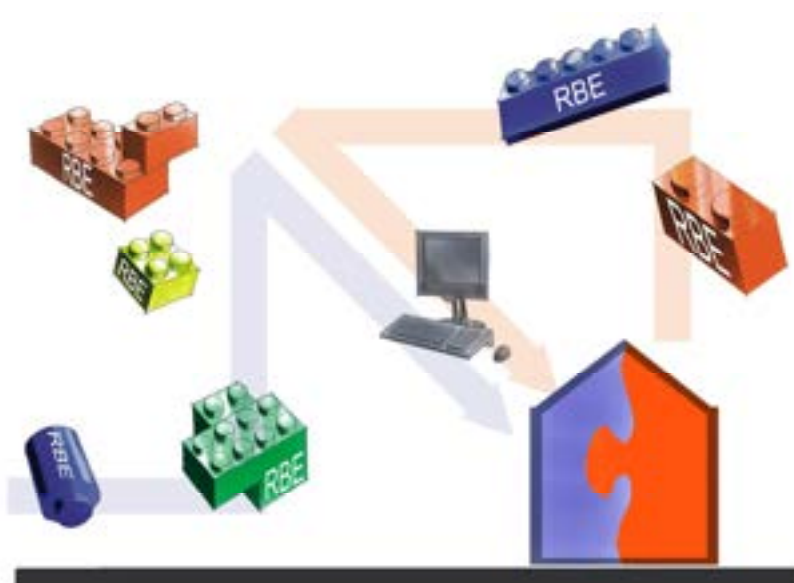


Figura 3.2 – Relazioni concettuali tra gli elementi responsivi e il controllo intelligente

In linea di principio un elemento responsivo può eseguire le seguenti azioni:

- L'aggiunta di componenti sulla superficie
- Un intervento nella parte interna
- Un cambiamento nelle caratteristiche fisiche dei materiali per
 - o La conduttività
 - o L'inerzia
 - o La trasparenza
 - o La permeabilità

In base alla loro funzione tecnologica (involucro, struttura, ...) gli elementi responsivi sono parte dell'edificio e devono adempiere ad altri requisiti. Questo limita la loro capacità di agire.

Nella tabella sottostante sono presentate le potenziali azioni responsive per i vari componenti dell'edificio.

Il campo di applicazioni degli elementi responsivi e dei loro principi di funzionamento è estremamente ampio, va dai componenti di involucro edilizio con un valore "aggiustabile" di trasmittanza e/o con un valore variabile di permeabilità all'aria alle strutture dell'edificio o a componenti in grado di immagazzinare energia termica, ai sistemi vetrati, con caratteristiche ottiche variabili agli elementi che sfruttano il raffrescamento evaporativo,....

RBE		Responsive Action					
		Addition	Intervention	Physical change			
Component	Element			Conductivity	Inertia	Transparency	Permeability
Envelope	Wall						
	Roof						
	Ceiling						
	Fenestration						
Super structure	Column/beam						
	Load bearing wall						
	Load bearing floor						
Sub structure	Pile						
	Foundation beams						
Underground structure	Earth to air heat exchangers						
Renders and finishes	Partition wall						
	Floor						
	Ceiling						

3.3 Elementi responsivi esempi e classificazione

Da un punto di vista pratico alcuni esempi di elementi responsivi includono: *facciate* (facciate ventilate, facciate a doppia pelle, facciate adattative, isolamento dinamico,...) *fondamenta e altri sistemi sotterranei* (sistemi ad accoppiamento con il terreno, “embedded ducts”,...) *immagazzinamento di energia* (uso attivo della massa termica, legno massiccio, attivazione del nucleo per raffrescamento e riscaldamento, materiali a cambiamento di fase,...) *tetti* (tetti verdi,...) *sistemi passivi solari, tecnologie a luce diurna, raffrescamento evaporativo* (tetti a stagno, muri d’acqua, ...)

Usando una facciata espansiva, per esempio, è possibile cambiare le proprietà di isolamento termico dell’involucro dell’edificio in modo da sfruttare le migliori opportunità offerte dalle condizioni ambientali interne e esterne; in particolare verranno aumentate le dispersioni attraverso le pareti quando l’ambiente interno sarà più caldo del necessario mentre verrà ridotta la trasmittanza quando l’edificio dovrà essere scaldato.

Inoltre, la facciata ventilata può essere integrata con un sistema di ventilazione, al fine di agire, a seconda delle condizioni limite, come una sorta di un collettore solare ad aria (per pre-riscaldare l’aria di ventilazione durante l’inverno) o come un condotto di scarico per l’aria di ventilazione (al fine di attenuare i guadagni solari durante la stagione di raffrescamento).

Mediante l’uso dei materiali a cambiamento di fase o ad attivazione termica della massa, per esempio, diventa possibile immagazzinare energia solare, e quindi ridurre i consumi di combustibile fossile per il riscaldamento degli ambienti. Il principio di funzionamento è il seguente: durante i periodi della giornata nei quali gli apporti solari gratuiti combinati con i carichi interni eccedano la domanda energetica il surplus energetico (che avrebbe surriscaldato l’ambiente) può essere immagazzinato.

L’energia accumulata potrà essere utilizzata successivamente durante le ore in cui l’edificio sarà soggetto a perdite di calore che andrebbero compensate da un idoneo impianto di riscaldamento (con un consumo primario di energia).

Un successivo sviluppo di questa tecnologia potrà comprendere l’integrazione dei materiali a cambiamento di fase o elementi attivati termicamente con gli impianti di condizionamento.

Alcuni elementi responsivi sono ben conosciuti e usati da un lungo periodo (i tetti verdi e alcune tecnologie per l’immagazzinamento dell’energia termica sono stati usati sin dall’antichità. Le facciate ventilate sono largamente utilizzate dagli anni ottanta/novanta) ma tradizionalmente la loro adozione mancava di integrazione e controllo (era solo un elemento dinamico utilizzato in maniera “scollegata”). Per queste ragioni le prestazioni misurate in campo sono state inferiori a quelle attese.

Altri elementi di involucro responsivo, invece, sono relativamente nuovi, come l’isolamento dinamico o, in alcuni casi sono tecnologie avanzate sperimentate solo in laboratorio, e non ancora adottate in nessun edificio esistente (come verrà illustrato nel paragrafo 3.5).

Nell'attività di ricerca dell'IEA – Annex 44, l'attenzione è stata focalizzata su 5 specifici elementi responsivi, le cui prospettive di miglioramento e diffusione nel settore edilizio sembrano promettenti. Queste sono:

- Facciate integrate avanzate (AIF),
- Attivazione termica della massa (TMA),
- Accoppiamento con il terreno (EC),
- Isolamento dinamico (DI),
- Materiali a cambiamento di fase (PCM).

Le facciate integrate avanzate sono una famiglia di elementi che raccoglie un numero di differenti soluzioni tecnologiche.

Tra le più conosciute e diffuse è possibile citare:

- | | |
|---|-------------|
| – Facciate ventilate trasparenti | (AIF – TVF) |
| – Facciate ventilate opache | (AIF – OVF) |
| – Facciate trasparenti con fotovoltaico integrato | (AIF – PVT) |
| – Facciate opache con fotovoltaico integrato | (AIF – PVO) |
| – Collettori solari (ad aria o acqua) integrati | (AIF – SC) |
| – Con materiali isolanti trasparenti | (AIF – TIM) |

Alcune facciate possono essere frutto di una combinazione di quelle elencate precedentemente. Comunque deve essere considerato il fatto che le finestre giocano un ruolo importante nel componente facciata e che possono comportarsi come un elemento responsivo (questo è il caso dei sistemi di finestre intelligenti come ad esempio le SWindow).

Analogamente alle facciate integrate avanzate esistono differenti configurazioni per l'attivazione termica della massa, che possono essere raggruppate in due grandi categorie:

- attivazione termica della massa – attivazione superficiale (TMA – SA),
- attivazione termica della massa – attivazione del nucleo (TMA – CA).

Per quanto riguarda la prima categoria, l'uso tipico è quello di sfruttare l'inerzia termica degli elementi di costruzione (come struttura dell'edificio, pavimenti, soffitti,), dei mobili e delle strutture interne (opportunamente selezionati in base alla loro maggiore capacità termica) attraverso una corretta integrazione con l'edificio e con il sistema di ventilazione (un esempio tipico è rappresentato dal cosiddetto "raffrescamento notturno"). In questo tipo di configurazione lo scambio di calore avviene sulla superficie del componente d'edificio.

Nel caso di attivazione termica della massa con attivazione del nucleo, invece, lo sfruttamento dell'inerzia termica avviene mediante un fluido (normalmente aria o acqua) che scorre in una rete di condotti o canali integrati

all'interno della struttura o dell'elemento stesso (in alcuni casi il fluido è costituito dai gas di combustione).

In questo tipo di sistemi lo scambio di calore non avviene solo in superficie del componente dell'edificio ma coinvolge anche la parte interna dell'elemento.

Gli elementi responsivi possono essere classificati in base a:

- sistema tecnologico (involucro, struttura, ...) e elementi dove l'elemento responsivo può essere integrato,
- azione svolta (riscaldamento, raffrescamento, ventilazione, illuminamento naturale, accumulo termico, ...),
- connessione con gli impianti di condizionamento e tipo di fluido utilizzato.

La tabella 1 fornisce una panoramica degli elementi responsivi, evidenziando le funzioni svolte e il tipo di integrazione con l'edificio.

Lista dei simboli utilizzati nella Tabella 1:

AIF – TVF:	Facciata trasparente ventilate	DI:	Isolamento dinamico
AIF – OVF:	Facciata opaca ventilata	PCM:	Materiali a cambiamento di fase
AIF – PVT:	Facciata trasparente con fotovoltaico integrato	TVR:	Tetti ventilati trasparenti
AIF – PVO:	Facciata opaca con fotovoltaico integrato	OVR:	Tetti ventilati opachi
AIF – SC:	Collettore solare integrato (aria o acqua)	PVTR:	Tetti trasparenti con fotovoltaico integrato
AIF – TIM:	Materiali isolanti trasparenti	PVOR:	Tetti opachi con fotovoltaico integrato
TMA – SA:	Attivazione termica della massa, attivazione superficiale	SCR:	Collettori solari integrati – tetti
TMA – CA:	Attivazione termica della massa, attivazione del nucleo	TIMR:	Materiali isolati trasparenti

Tabella 1 – Azioni e possibili integrazioni degli elementi responsivi negli edifici.

technological system	Element	Actions								Type of RBE	Connection of the element with the fluid network of the HVAC system is needed			When integrated with HVAC systems the thermal fluid is:	
		Reduction of heating loads	Reduction of cooling loads	Heating	Cooling	Electric energy production	Thermal energy storage	Ventilation	Daylighting		Yes	No	Not necessarily	air	water
Envelope	Walls	✓	✓	✓				✓	✓	AIF - TVF			✓	✓	
		✓	✓	✓			✓	✓		AIF - OVF			✓	✓	
			✓			✓			✓	AIF - PVT		✓			
			✓			✓				AIF - PVO		✓			
		✓	✓	✓			✓			AIF - SC	✓			✓	✓
		✓	✓						✓	AIF - TIM		✓			
		✓	✓				✓			TMA - SA			✓	✓	
		✓	✓	✓	✓		✓			TMA - CA	✓				✓
		✓	✓					✓		DI	✓			✓	
		✓	✓				✓			PCM		✓			
		✓	✓	✓				✓	✓	TVR			✓	✓	
		✓	✓	✓			✓	✓		OVR			✓	✓	
	Roof		✓			✓			✓	PVTR		✓			
			✓			✓				PVOR		✓			
		✓	✓	✓			✓			SCR	✓			✓	✓
		✓	✓						✓	TIMR		✓			
		✓	✓				✓			TMA - SA			✓	✓	
		✓	✓	✓	✓		✓			TMA - CA	✓				✓
		✓	✓					✓		DI	✓			✓	
		✓	✓				✓			PCM		✓			
		✓	✓				✓			TMA - SA		✓			
		✓	✓	✓	✓		✓			TMA - CA	✓			✓	✓
		✓	✓							PCM			✓	✓	✓
	Floors	✓	✓				✓			TMA - SA		✓			
		✓	✓	✓	✓		✓			TMA - CA	✓			✓	✓
	Ceilings	✓	✓				✓			PCM			✓	✓	✓
		✓	✓				✓			TMA - SA		✓			
		✓	✓	✓	✓		✓			TMA - CA	✓			✓	✓
	Fenestration							✓	✓	PCM			✓	✓	✓
										AIF - Swindow	✓			✓	
Superstructure	Column/Beam						✓			TMA - SA		✓			
							✓			TMA - CA	✓				✓
							✓			PCM		✓			
	Load bearing wall						✓			TMA - SA		✓			
							✓			TMA - CA	✓				✓
Substructures	Piles						✓			PCM		✓			
							✓			TMA - CA	✓				✓
	Foundation beams						✓			EC			✓	✓	
Undeground system	Earth to Air Heat Exchangers			✓	✓			✓		TMA - CA	✓			✓	✓
	Underground spaces			✓	✓			✓		EC	✓			✓	
	Cellar			✓	✓		✓			EC	✓			✓	
	Garages			✓	✓		✓			TMA - SA			✓	✓	
Renders & Finishes	Partition wall						✓			TMA - SA		✓			
							✓			PCM		✓			
	Floor						✓			TMA - SA		✓			
	Ceiling						✓			PCM		✓			
Other spaces	Sun space, courtyards & atria			✓	✓		✓	✓	✓	PCM		✓			
	Staircase & Corridors							✓	✓	PCM		✓			
	Roof gardens & Winter gardens			✓	✓					PCM		✓			

3.4 Tecnologie

3.4.1 Facciate integrate avanzate (AIF)

Descrizione dei principi e dei concetti

Una facciata integrata avanzata è un componente d'involucro edilizio che presenta caratteristiche adattative in sintonia con le condizioni climatiche e fisiche di una particolare località e i requisiti dell'ambiente interno. Una facciata integrata avanzata ha le funzioni di protezione, sicurezza, privacy mentre contribuisce a:

- Migliorare le condizioni dell'ambiente interno,
- diminuire l'utilizzo della luce artificiale e del sistema di riscaldamento/raffrescamento,
- sfruttare le energie rinnovabili (termica e fotovoltaica, ventilazione naturale),
- ridurre i costi di esercizio.

Una facciata integrata avanzata dovrebbe, per il più tempo possibile, fare uso di sorgenti di energia naturali e rinnovabili (energia solare, eolica, calore del terreno, ...) per mantenere i requisiti dell'edificio in termini di riscaldamento, raffrescamento, ventilazione e illuminazione.

Essa dovrebbe anche essere il risultato di una "progettazione intelligente", piuttosto che solo un incoerente assemblaggio di "componenti intelligenti", quindi il processo di progettazione deve essere integrato in modo da poter sfruttare le potenzialità delle facciate integrate avanzate.

Tra tutte le possibili soluzioni e configurazioni nell'Annex 44 ci si sofferma su due principali categorie:

- Facciate trasparenti ventilate,
- finestre intelligenti.

3.4.1.1 Facciate trasparenti ventilate

La combinazione tra il concetto di facciata a doppia pelle e il controllo intelligente rappresenta un cambiamento da un involucro statico a un involucro con comportamento dinamico.

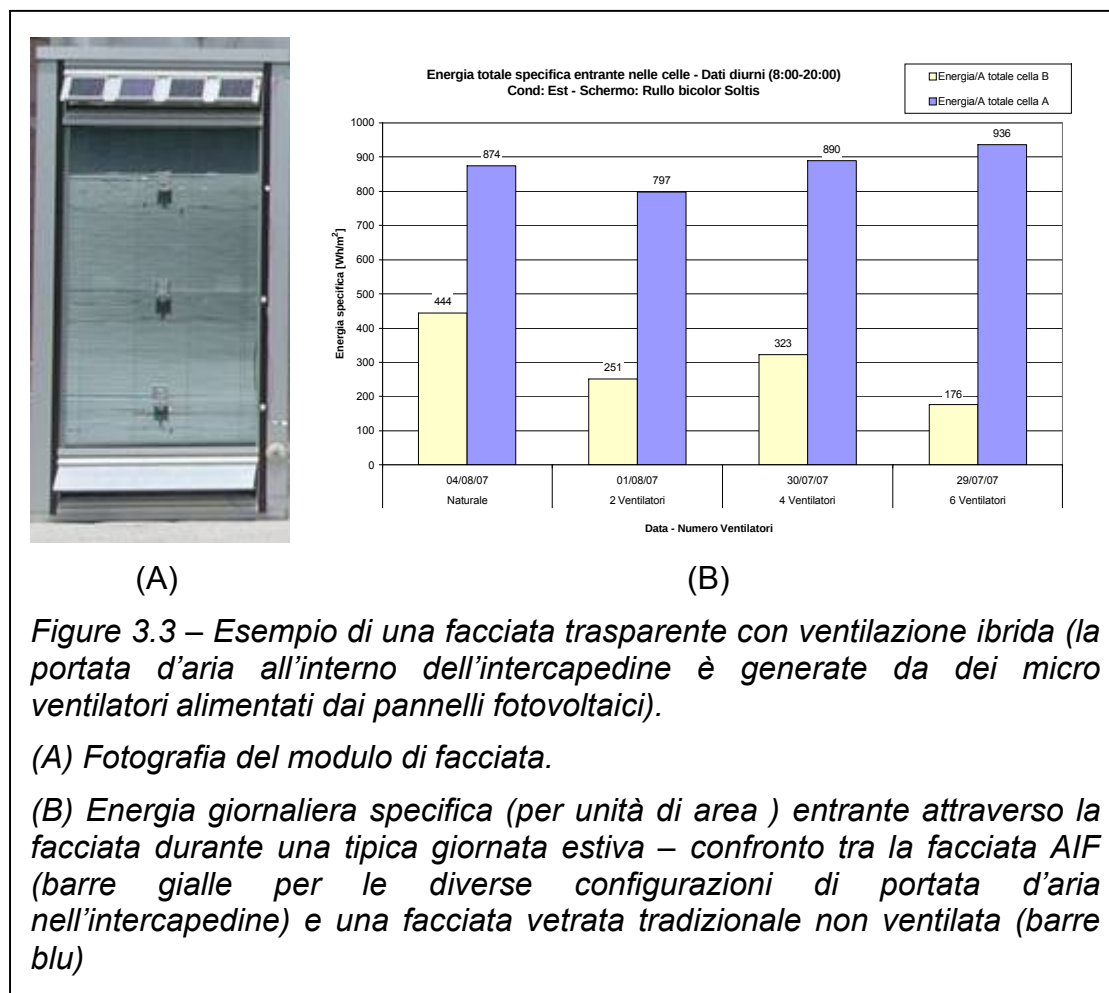
Il principio di funzionamento di una facciata ventilata trasparente è di usare un'intercapedine d'aria tra due superfici vetrate per ridurre l'impatto termico dell'ambiente esterno sull'ambiente interno.

L'aria all'interno dell'intercapedine può essere movimentata da una ventilazione naturale, meccanica o ibrida, o può semplicemente rimanere ferma e agire come un cuscinetto d'aria. Si comporta come una specie di preriscaldatore (sfruttando la radiazione solare) durante la stagione invernale mentre consente il raffrescamento della facciata nella stagione estiva, riducendo quindi i carichi termici entranti nell'ambiente interno. Le possibilità di controllo delle interrelazioni tra la pressione indotta dal vento e la portata d'aria attraverso la facciata (attraverso la gestione della permeabilità all'aria dell'edificio) possono aumentare le possibilità di utilizzo della ventilazione naturale in edifici alti o in zone particolarmente ventose.

Tipicamente l'intercapedine d'aria prevede l'alloggiamento di uno schermo solare che da solo o in combinazione con un altro schermo interno consente di sfruttare in maniera ottimizzata la luce naturale.

I pannelli fotovoltaici possono essere facilmente integrati nelle facciate trasparenti ventilate. La combinazione di queste due tecnologie offre dei benefici:

- Le celle fotovoltaiche possono essere raffreddate dall'aria di ventilazione all'interno dell'intercapedine (aumentando il rendimento delle celle stesse),
- Le celle fotovoltaiche possono essere usate come schermo solare.



Punti chiave

Il risparmio energetico ottenibile da una facciata ventilata trasparente deriva da un maggiore uso della luce diurna sulle zone periferiche e da un migliore comportamento termico della facciata, che può portare a una riduzione dell'uso di aria condizionata.

In particolare l'uso di facciate ventilate e adeguatamente integrate¹ consente di:

- Ridurre il consumo energetico dovuto all'illuminazione artificiale,
- Ridurre il fabbisogno energetico per riscaldamento e raffrescamento (grazie a una riduzione delle perdite di calore e ai guadagni attraverso l'involucro dell'edificio),

¹ L'integrazione deve essere fatta tra l'edificio e gli impianti.

- Preriscaldare l'aria di ventilazione durante la stagione invernale.

È stato dimostrato che, utilizzando le facciate ventilate trasparenti, può essere ottenuta una riduzione dei carichi termici tra 38 e 52 W/m².

In confronto a componenti di involucro trasparenti tradizionali anche il comfort termico è migliore perché la temperatura superficiale del vetro interno è vicina alla temperatura dell'aria interna.

Limitazioni

In un certo numero di casi, è stato evidenziato che l'abitudine e la moda hanno avuto un ruolo primario nel guidare le scelte del progettista dell'edificio verso l'adozione di una facciata ventilata trasparente. Di conseguenza, in molti edifici esistenti è stata posta poca attenzione in fase di progettazione su: rendimento termico, strategie di integrazione e problematiche legate al comfort portando a prestazioni non soddisfacenti.

Gli ostacoli alla realizzazione nascono principalmente dai costi, dalle regole antincendio e dalle leggi vigenti.

Inoltre, la mancanza di conoscenze e la mancanza di adeguati e affidabili strumenti di progettazione rendono l'analisi di questi elementi molto difficile e inattendibile.

3.4.1.2 Finestre intelligenti

Le finestre intelligenti sono finestre in grado di adattarsi dinamicamente, sono progettate per essere integrate in sistemi a ventilazione ibrida e ventilazione naturale. La configurazione base consiste in una finestra incernierata orizzontalmente appena sopra la metà altezza. Quando aperta, il peso della finestra è bilanciato con un contrappeso posto alla sommità della finestra.

In questo modo la pressione del vento può essere usata per controllare automaticamente e dinamicamente il grado di apertura della finestra stessa. Differenti configurazioni e combinazioni di peso, e fulcro della cerniera consentono di sfruttare l'elemento come uno scarico o un'immissione d'aria, come illustrato schematicamente in figura 3.4.

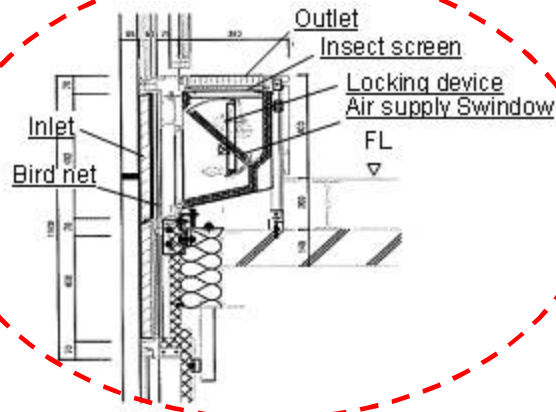
Punti chiave

Le finestre *Swindows* possono essere proficuamente integrate in sistemi a ventilazione naturale e ibrida. Esse agiscono in modo dinamico e auto-regolate. L'uso delle finestre *Swindows* come elemento di immissione o di ripresa dell'aria consente un controllo efficiente della portata d'aria, i cui valori possono essere tenuti al livello desiderato indipendentemente dalle condizioni al contorno interne e esterne. In questo modo è possibile garantire una qualità soddisfacente dell'aria interna senza il rischio di ventilare troppo o troppo poco l'edificio (e quindi ottimizzando i consumi energetici).

Nella figura 3.5 è mostrata una tipica strategia di ventilazione e lo schema di funzionamento di una *Swindows* per un sistema di ventilazione naturale.

Limitazioni

Il principio di funzionamento è basato sulla variazione automatica dell'area aperta per la mandata dell'aria o la ripresa. Nel caso di vento forte la sezione aperta viene ridotta automaticamente e la portata è mantenuta pressoché costante. Possono nascere dei problemi in assenza di vento o con vento debole e le differenze di temperatura tra l'ambiente interno e l'ambiente



A) Swindow – air supply type.

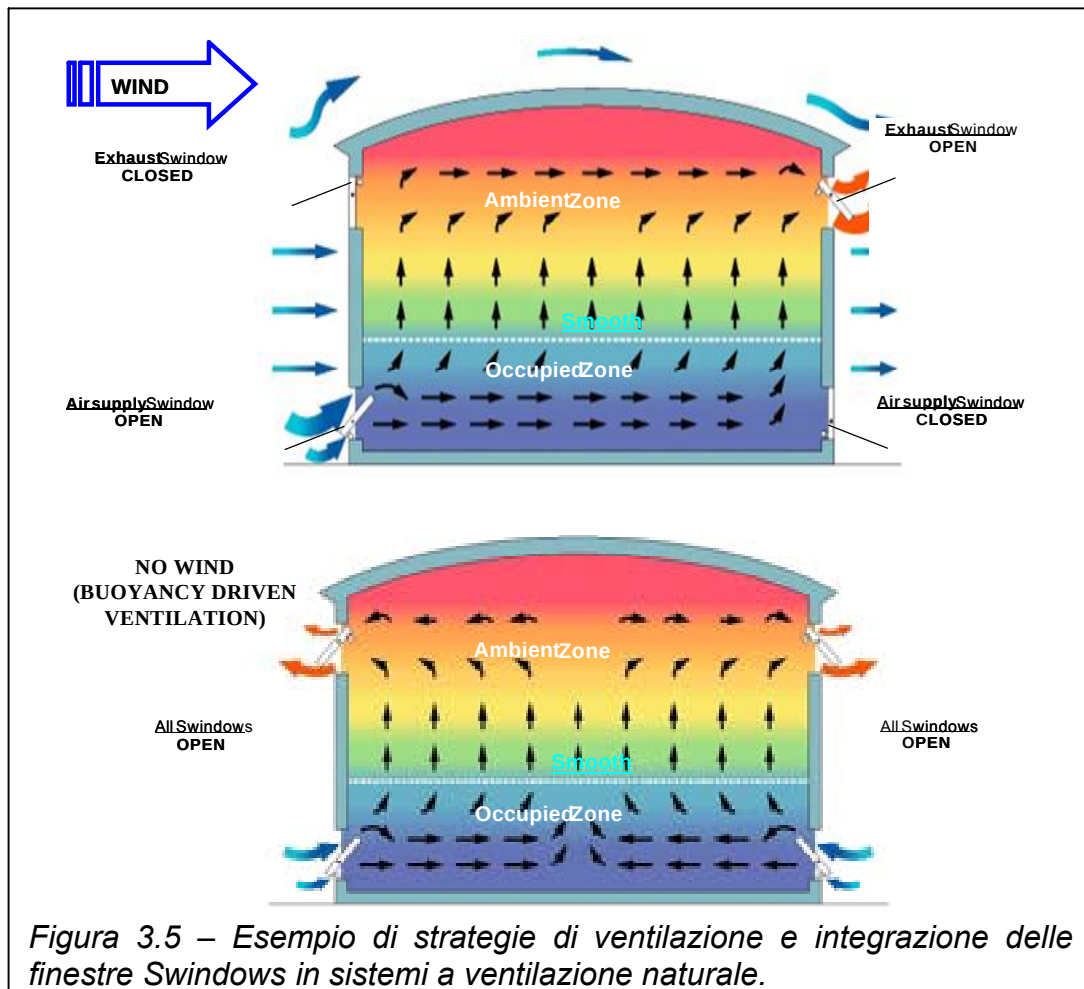


B) Swindow – Exhaust Type.

Figure 3.4 – Swindow example of application.

esterno sono piccole. In queste condizioni, anche con una completa apertura della finestra Swindows la portata di ventilazione può essere troppo bassa portando quindi a livelli insufficienti di qualità dell'aria interna (in questo caso solo l'adozione di un sistema di ventilazione ibrido può risolvere queste limitazioni).

Inoltre le problematiche legate all'acustica (rumori provenienti dall'ambiente esterno e ponti acustici tra le stanze adiacenti) e alla sicurezza (ladri) possono rappresentare una barriera all'implementazione delle finestre Swindows.



3.4.2 Attivazione termica della massa (TMA)

Descrizione dei principi e dei concetti

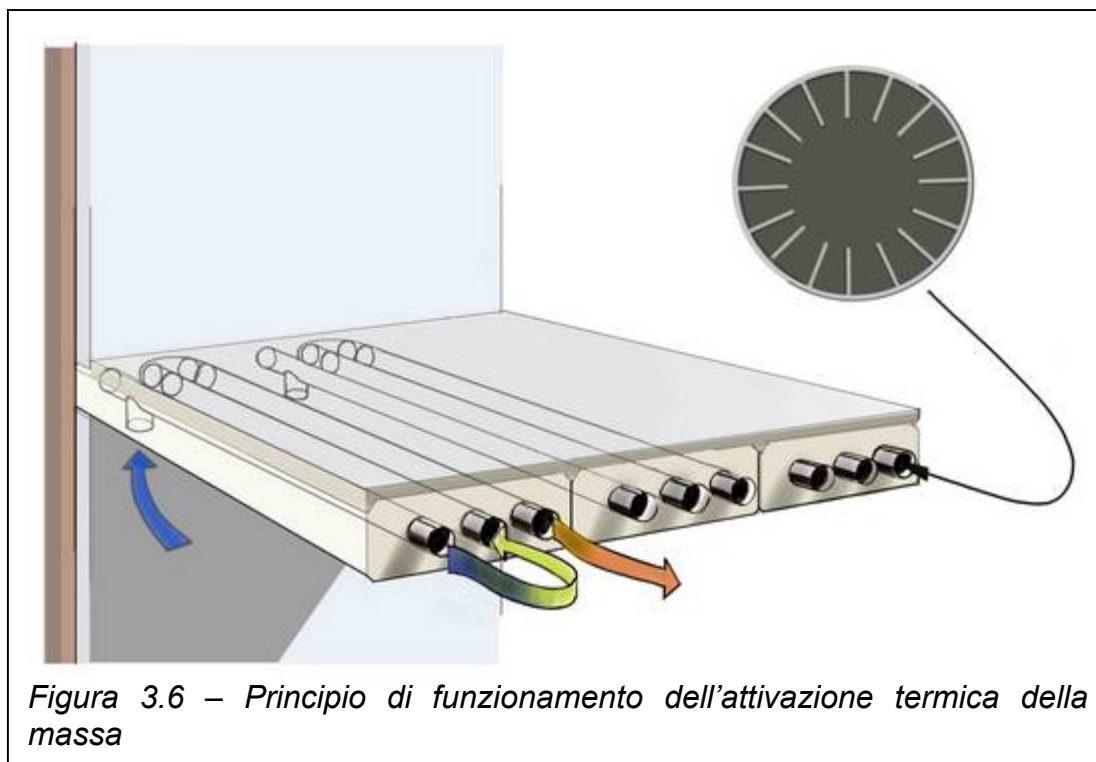
La massa termica (TM) è definita come la massa dell'edificio che può essere usata per immagazzinare energia termica a scopi di riscaldamento/raffrescamento.

Il principio di funzionamento sfrutta la capacità termica delle strutture degli edifici e/o degli elementi dell'edificio per immagazzinare energia termica (per riscaldamento e raffrescamento) quando l'energia fornita ² supera l'energia richiesta.

In questo modo è possibile, da un lato, ridurre il surriscaldamento o un raffrescamento eccessivo dell'ambiente interno (che può avvenire in alcuni periodi del giorno, della settimana o del mese) e dall'altro sfruttare l'energia immagazzinata quando è necessario (figura 3.6).

Grazie a questo principio di funzionamento l'attivazione termica della massa può essere effettivamente usata per ridurre gli effetti avversi sull'ambiente interno delle ampie fluttuazioni della temperatura esterna, dell'irraggiamento solare e dei carichi interni.

² Tipicamente questa energia è fornita da sorgenti naturali (energia solare, aria esterna, acqua di pozzo, ...)



L'attivazione termica della massa rappresenta quindi un potente strumento a disposizione di ingegneri e architetti per gestire in modo efficiente i flussi energetici all'interno dell'edificio e consentire notevoli risparmi energetici per il controllo della temperatura nell'ambiente interno.

Per esempio in inverno, parte dei guadagni solari immagazzinati dalla massa termica durante la giornata possono essere restituiti durante la notte, riducendo la domanda energetica.

In estate, durante la giornata la massa termica dell'edificio può accumulare grosse quantità di calore dall'esterno ritardando e riducendo lo scambio di calore dall'esterno all'interno, consentendo una riduzione dei picchi di energia per il raffrescamento. Risultati simili possono essere ottenuti da elementi ad attivazione termica della massa accoppiati con un sistema di ventilazione notturna. Gli elementi coinvolti applicando i principi di attivazione termica della massa sono: i componenti di involucro edilizio, le partizioni interne, l'arredamento o persino la struttura dell'edificio.

In funzione delle strategie utilizzate per attivare la massa termica dell'edificio e in funzione della posizione degli elementi ad attivazione termica nell'edificio è possibile distinguere tra 4 principali categorie di elementi:

1. Attivazione termica della massa – attivazione superficiale (TMA – SA),
2. Attivazione termica della massa – attivazione del nucleo (TMA – CA)³,
3. Attivazione termica della massa – attivazione esterna,
4. Attivazione termica della massa – attivazione interna.

³ Nella categoria degli elementi TMA - CA sono inclusi i "Sistemi termo attivi" (TABS) (Definizione usata nello standard europeo EN 15377, 2008). Il libro REHVA Guidebook by Babiak et al. (2007a) si riferisce a questi sistemi con il termine: "Thermally-Active Building System".

Da un punto di vista teorico è possibile combinare liberamente caratteristiche degli elementi appartenenti alle categorie 1 e 2 con le caratteristiche degli elementi appartenenti alle categorie 3 e 4 (per esempio un elemento ad attivazione termica superficiale può appartenere alla categoria attivazione interna così come attivazione esterna).

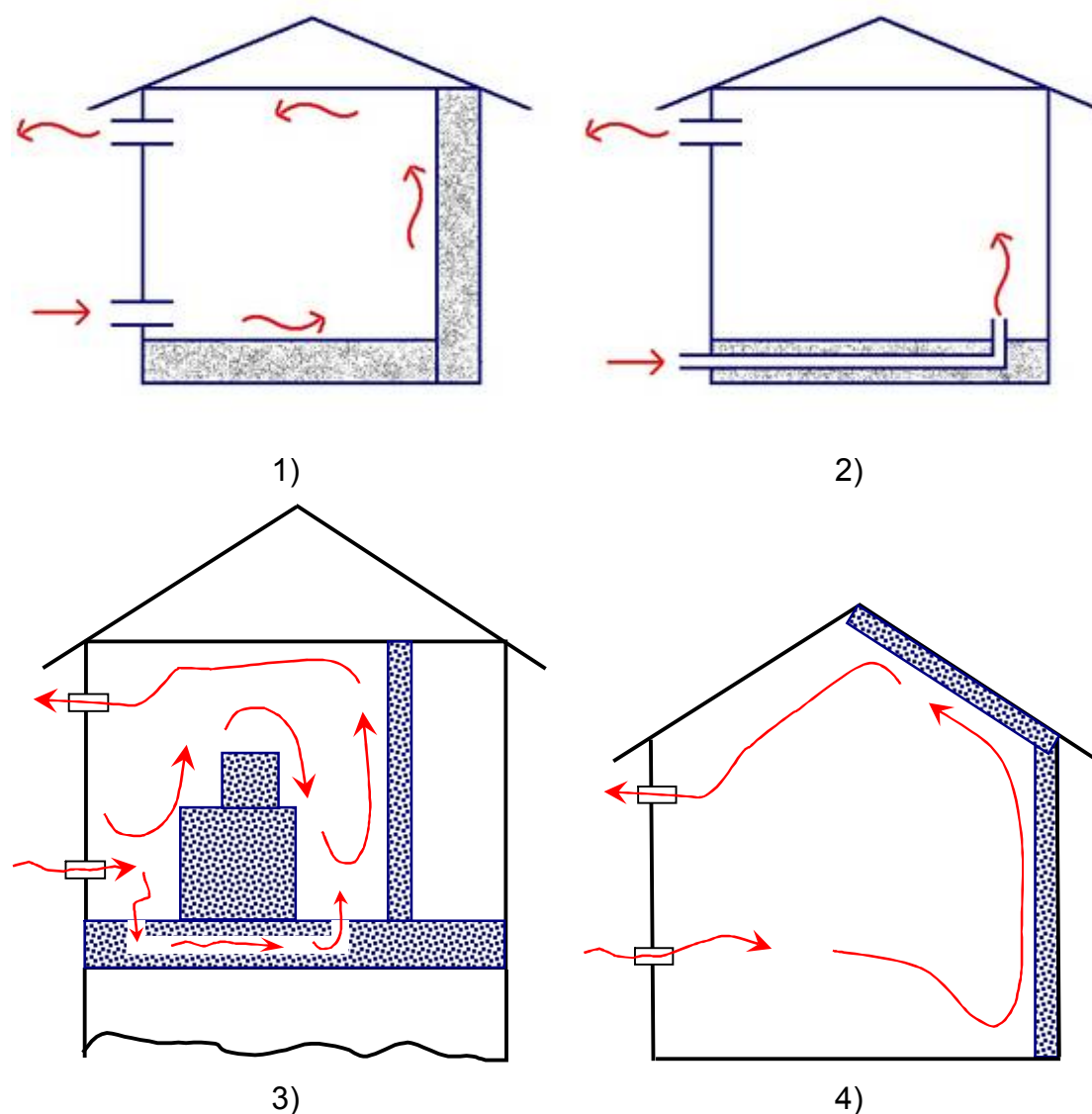


Figura 3.7 – Principi di funzionamento TMA: 1) TMA – SA: l’attivazione coinvolge solo la superficie dell’elemento; 2) TMA – CA: l’attivazione coinvolge l’intera struttura dell’elemento; 3) massa termica esterna; 4) massa termica interna.

Per quanto riguarda la prima categoria l’uso tipico è sfruttare l’inerzia termica dell’elemento d’edificio, dell’arredamento e delle strutture interne. Questi elementi massivi vengono attivati termicamente semplicemente attraverso l’aria di ventilazione che scorre all’interno dell’edificio⁴ e/o attraverso lo scambio di calore con l’ambiente circostante.

⁴ Un esempio tipico è rappresentato dal cosiddetto “night cooling” dove utilizzando una grossa portata di ventilazione durante la notte è possibile immagazzinare del freddo per usarlo durante il giorno successivo.

Il principale vantaggio di questa soluzione è la struttura relativamente semplice del sistema e la facilità dell'implementazione.

Gli svantaggi sono principalmente legati al fatto che l'aria di ventilazione e lo scambio di calore con l'ambiente di solito non sono abbastanza efficaci per attivare l'intera massa dell'elemento.

Nei sistemi TMA-SA infatti, solo il primo strato dell'elemento in contatto con l'aria di ventilazione e/o con l'ambiente (con un spessore che tipicamente è di pochi centimetri) partecipa attivamente allo scambio di calore. Le strutture profonde non sono coinvolte nel fenomeno. In riferimento ai concetti di TMA-CA sono state studiate varie soluzioni per incrementare l'efficacia dei sistemi ad attivazione termica della massa e per far sì che una porzione maggiore di elemento massivo venga interessata dall'accumulo termico.

Con questi elementi lo sfruttamento dell'inerzia termica è ottenuto mediante un fluido (tipicamente aria o acqua) che scorre all'interno di un'opportuna rete di condotti o canali all'interno delle strutture dell'elemento stesso.

Grazie a questa strategia è quindi possibile:

- Incrementare la superficie di scambio tra il fluido termovettore e il componente per l'accumulo di energia,
- Raggiungere con il fluido porzioni più grandi dell'edificio.

La figura 3.6 mostra un esempio di un elemento ad attivazione termica del nucleo ad aria (massa termica interna). Per quanto riguarda la posizione degli elementi (categorie 3 e 4) è necessario osservare che gli elementi di massa termica esterni, come muri o tetti sono direttamente esposti alle variazioni di temperatura dell'aria esterna e all'irraggiamento solare. Gli elementi di massa termica interni, invece, come l'arredamento, i muri interni in cemento sono solamente esposti all'aria interna. (figura 3.7).

Gli elementi appartenenti alla categoria 3 hanno lo scopo di attenuare i flussi termici dovuti alla non stazionarietà delle condizioni al contorno imposte all'edificio dall'ambiente interno (e da un punto di vista termo fisico il principio sul quale poggiano è di smorzare i cosiddetti guadagni termici).

Gli elementi di massa termica interni, invece, hanno lo scopo di migliorare l'inerzia termica dell'ambiente interno e agiscono per ridurre i carichi di riscaldamento e raffrescamento.

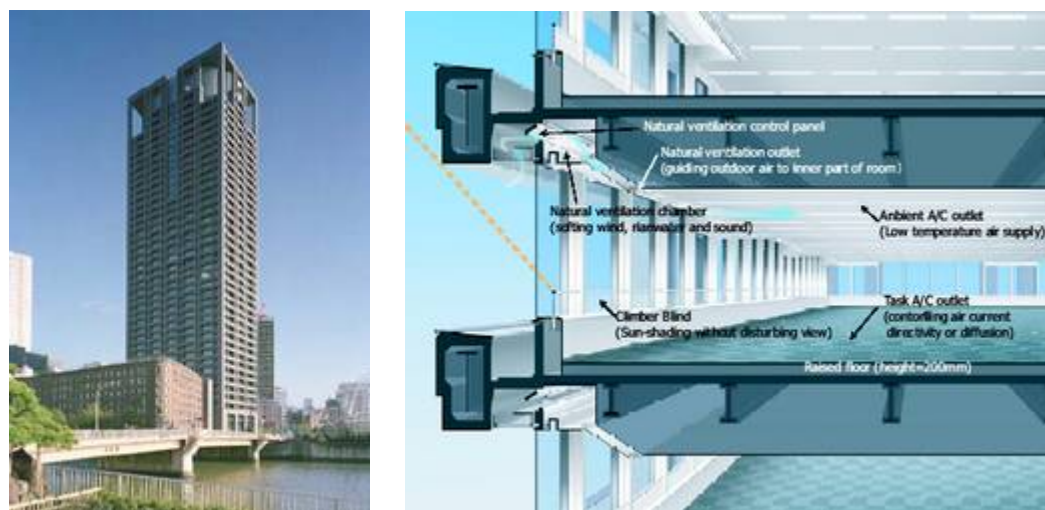
Da un punto di vista pratico il concetto di massa termica può essere applicato a edifici residenziali, scolastici e commerciali (uffici) (Le figure 3.8 e 3.9 mostrano, ad esempio, il concetto di attivazione termica della massa applicato a un edificio ad uso uffici).

In generale l'attivazione termica della massa è particolarmente efficace per i climi con elevate escursioni termiche tra il giorno e la notte. Finora la maggior parte degli esempi pratici di attivazione termica della massa applicata a edifici esistenti si trovano in fasce climatiche moderate.

Elementi chiave

Quando sono applicati i principi di attivazione termica della massa i picchi di carico per riscaldamento e raffrescamento sono attenuati e spostati nel tempo. Questo porta a una riduzione della taglia dell'impianto di riscaldamento/raffrescamento e in alcuni casi favorevoli l'impianto può non essere più presente.

Di conseguenza possono essere raggiunti ottimi risultati in termini di risparmio energetico e riduzione dei costi per l'installazione degli impianti di riscaldamento/raffrescamento (in climi caldi i risparmi nei costi possono raggiungere il 40/50%).



(A)

(B)

Figura 3.8 – Esempio di sistema ad attivazione termica della massa (KANDEN Building of Kansai Electric Power Company, Inc. – KEPC- in Osaka).

(A) Foto dell'edificio

(B) Schema dell'elemento ad attivazione termica della massa (una lastra massiva) accoppiata con l'impianto di condizionamento.

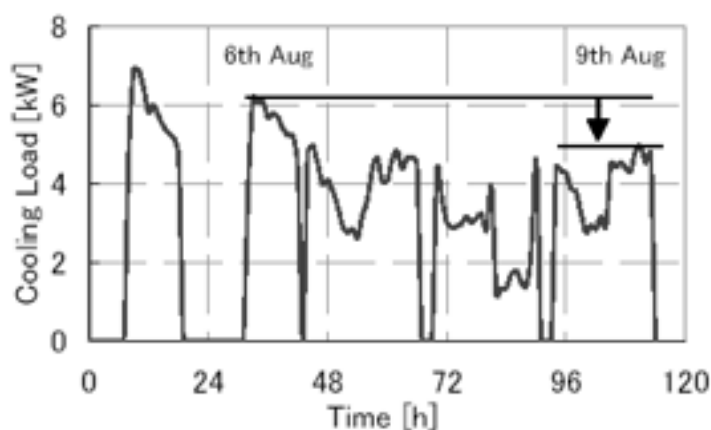


Figura 3.9 – Profilo temporale dei carichi di raffrescamento durante alcune giornate estive. È chiaramente evidenziata la riduzione dei picchi di carico dovuta dall'attivazione termica della massa (la giornata del 6 agosto è senza attivazione termica della massa mentre il 9 agosto è con l'attivazione termica della massa, in questo caso la riduzione percentuale è del 30%).

Applicazioni pratiche dei concetti di attivazione termica della massa in condizioni climatiche "Europee" hanno dimostrato come siano possibili dei risparmi a livello energetico fino al 40% in confronto a edifici tradizionali di pari dimensioni.

Lo spostamento dei carichi di picco inoltre consente di rimuovere l'energia termica con impianti di condizionamento nel momento (notturno) in cui i prezzi dell'elettricità sono più bassi, diminuendo così i costi di esercizio (Nelle fasce climatiche medio orientali l'uso di questi sistemi ha consentito un risparmio di energia elettrica pari a circa il 15%).

Un ulteriore vantaggio dell'attivazione termica della massa accoppiata a un sistema di ventilazione meccanica è che la temperatura del fluido operativo può essere vicina alla temperatura ambiente, aprendo così la strada all'uso di fonti di energia rinnovabili (pompe di calore, scambio con il terreno, scambiatori di calore, ...) e a migliori efficienze nella conversione dell'energia primaria, rispetto a sistemi tradizionali.

L'uso dell'attivazione termica della massa implica un alto livello di "autocontrollo" (piccoli cambiamenti di temperatura tra la superficie raffreddata o riscaldata e l'ambiente influenzano lo scambio di calore) e migliori condizioni di comfort (l'uso di superfici scaldanti o fredde crea un ambiente confortevole: un ridotto spazio destinato ai dispositivi di scambio termico, nessun rischio di scottature, minor polvere dispersa nell'aria interna, ...).

Quando si usano sistemi TMA-CA la portata d'aria di ventilazione deve essere dimensionata solamente per assicurare livelli accettabili di qualità dell'aria interna (i carichi termici sono estratti dal sistema radiante). Ne consegue che i canali possono essere di dimensioni ridotte e non si rende necessario l'uso di soffitti sospesi. (in alcuni casi quando l'elemento ad attivazione termica è il soffitto stesso i soffitti sospesi non possono essere usati).

La mancata introduzione dei soffitti sospesi ha il vantaggio di ridurre l'altezza totale dell'edificio (l'altezza può essere ridotta del 15-20% per piano) e di conseguenza i costi di costruzione e del materiale vengono ridotti.

Limitazioni

Al fine di ottenere un effettivo accumulo termico e un corretto processo di rilascio del calore lo scambio termico superficiale, funzione del coefficiente di scambio termico convettivo e dell'area, deve essere sufficientemente elevato.

In generale è difficile migliorare significativamente il coefficiente di scambio termico convettivo senza l'uso di ventilazione meccanica; ne consegue che indipendentemente dal tipo di attivazione termica della massa la superficie dell'elemento ad attivazione termica è un parametro cruciale nella progettazione.

A causa della limitata capacità di accumulo (e rilascio) i concetti di attivazione termica della massa sono adatti a edifici con bassi carichi termici di riscaldamento e raffrescamento ($40 - 50 \text{ W/m}^2$); diventa pertanto necessario un buon isolamento termico dell'edificio, un'opportuna schermatura solare e una riduzione dei carichi termici interni. In edifici con elevati carichi di riscaldamento e raffrescamento sono necessari impianti meccanici addizionali per il condizionamento dell'aria.

Gli edifici che adottano principi di attivazione termica della massa senza l'uso di altri sistemi meccanici di ventilazione e condizionamento non sono in grado di poter garantire una temperatura costante all'interno dell'edificio; gli occupanti dovranno accettare variazioni di temperatura.

Il sistema ad attivazione termica della massa per funzionare in modo ottimale durante le differenti stagioni dovrà essere in grado di bilanciare le perdite di

energia e i carichi di raffrescamento (la stessa superficie di scambio termico è usata per raffrescamento e per riscaldamento).

L'adozione dei sistemi ad attivazione termica della massa in zone climatiche fredde è limitata principalmente dalla capacità di riscaldamento del sistema. Comunque, nella stagione di riscaldamento, è presente il rischio di "cold downdraft" alle finestre, che può essere evitato progettando finestre con una trasmittanza inferiore a $1.2 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, o con un sistema di riscaldamento addizionale nelle zone perimetrali.

Nella zone climatiche tropicali invece l'uso dei sistemi ad attivazione termica della massa è limitato dal fatto che la temperatura dell'elemento attivato termicamente deve mantenersi superiore alla temperatura del punto di rugiada dell'aria per evitare fenomeni di condensa. Nei caso in cui sia presente un grado di umidità relativa elevato un sistema di ventilazione meccanica, con un sistema di deumidificazione dovrà essere accoppiato al sistema di attivazione termica della massa.

Durante la stagione di raffrescamento il controllo del sistema ad attivazione termica della massa sull'umidità relativa potrebbe limitare la capacità di raffrescamento.

In edifici ad uso uffici, è molto comune l'utilizzo di un pavimento sollevato per la gestione dei cavi. Nel caso in cui l'elemento ad attivazione termica della massa sia una lastra di calcestruzzo, la maggior parte del calore fluirà dal lato del soffitto, il che significa che i soffitti sospesi non devono essere utilizzati. Senza la presenza del soffitto sospeso devono essere valutate attentamente in sede progettuale le problematiche legate all'acustica e agli impianti di illuminazione.

Per assicurare una corretta implementazione dei sistemi ad attivazione termica della massa è necessario utilizzare standard costruttivi molto elevati.

La risposta nel tempo dei sistemi ad attivazione termica della massa è piuttosto lunga ed è condizionata dalla presenza della massa termica; non è possibile effettuare il controllo completo dell'edificio ma solamente di una zona per non rendere difficoltoso il controllo dell'accumulo e rilascio di energia.

3.4.3 Accoppiamento con il terreno (EC)

Descrizione dei principi di funzionamento

Il principio fondamentale dell'accoppiamento con il terreno (EC) è di ventilare l'aria nell'ambiente interno attraverso uno o più condotti interrati, in modo da sfruttare la capacità di accumulo termico stagionale del terreno.

Nella figura 3.10 è mostrato l'effetto di raffrescamento dell'aria durante il periodo estivo e l'effetto di riscaldamento dell'aria durante l'inverno.

La capacità termica del terreno è quindi usata per immagazzinare energia e per preriscaldare o preraffreddare l'aria di ventilazione, con conseguenti risparmi energetici per l'edificio.

Negli edifici in cui è richiesta una temperatura dell'aria interna tra i 20°C e i 26°C l'accoppiamento con il terreno è usato prevalentemente per il raffrescamento, dal momento che le temperature del terreno di solito sono inferiori alla temperatura interna. L'accoppiamento con il terreno può anche essere utilizzato per il riscaldamento invernale quando la temperatura dell'aria

esterna è molto più bassa rispetto alla temperatura del terreno, ma in questo caso è necessario l'impiego di un sistema di riscaldamento aggiuntivo.

Frequentemente questa tecnologia è classificata come ETAHE "Earth To Air underground Heat Exchangers".

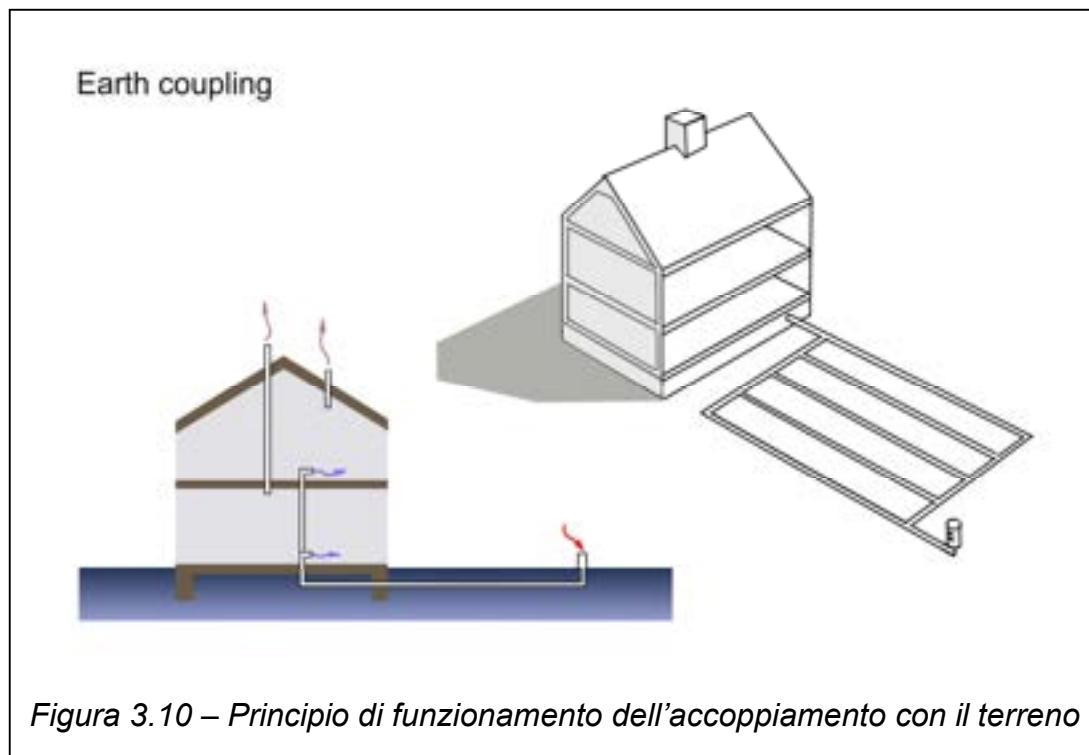


Figura 3.10 – Principio di funzionamento dell'accoppiamento con il terreno

I sistemi ad accoppiamento con il terreno possono essere classificati in sistemi ad circuito aperto e sistemi a circuito chiuso (quest'ultima soluzione è meno utilizzata).

Nei sistemi a circuito aperto l'aria di immissione è prelevata direttamente dall'esterno (la figura 3.10 è un esempio di sistemi a circuito aperto). Un sistema a circuito chiuso ha sia l'immissione sia la ripresa dell'aria collegati all'ambiente interno; questo sistema è principalmente applicato a serre, stalle e edifici con una sorgente separata di aria fresca per ventilazione.

Il principale vantaggio del sistema a circuito aperto è che l'elemento di accoppiamento con il terreno prevede un percorso per l'aria di ventilazione. Tuttavia devono essere considerati con attenzione durante il processo di progettazione i problemi legati all'ingresso di insetti e piccoli animali e i problemi legati alla trasmissione del rumore.

In termini di integrazione con l'edificio e i suoi impianti i sistemi ad accoppiamento con il terreno possono essere classificati in piccoli e larghi a seconda della dimensione della sezione trasversale del canale.

La maggior parte dei sistemi ad accoppiamento con il terreno sono integrati in edifici a ventilazione meccanica dove ventilatori elettrici movimentano l'aria. In questi casi il sistema ad accoppiamento con il terreno consiste spesso in un singolo condotto o in una serie di condotti paralleli costituiti in metallo prefabbricato, PVC o cemento, con diametri compresi tra i 15 e i 40 cm (sistemi con sezione piccola).

Le tipiche configurazioni per i condotti sono le seguenti:

- Posa delle tubazioni in scavi nell'area circostante

- Posa delle tubazioni negli scavi delle fondazioni
- Tubazioni in parallelo direttamente sotto le fondazioni o fra le fondazioni.

Negli anni passati alcuni sistemi ad accoppiamento con il terreno sono stati installati in edifici a ventilazione ibrida. Per questo tipo di applicazioni la soluzione migliore è rappresentata da condotti a sezione molto larga.

L'integrazione degli elementi ad accoppiamento con il terreno e i sistemi a ventilazione ibrida è considerata come un nuovo approccio a futuri miglioramenti nell'efficienza energetica degli edifici (gli svantaggi di questa configurazione sono legati all'adozione di condotti a sezione molto larga).

Per quanto riguarda l'impianto i sistemi ad accoppiamento con il terreno devono essere posizionati il più in profondità possibile nel terreno affinché le variazioni di temperatura vengano smorzate.

Tuttavia, i costi di scavo per la posa degli elementi ad accoppiamento con il terreno non sono bassi. In applicazioni esistenti, i condotti sono solitamente interrati da 1 fino a 4 metri dalla superficie.

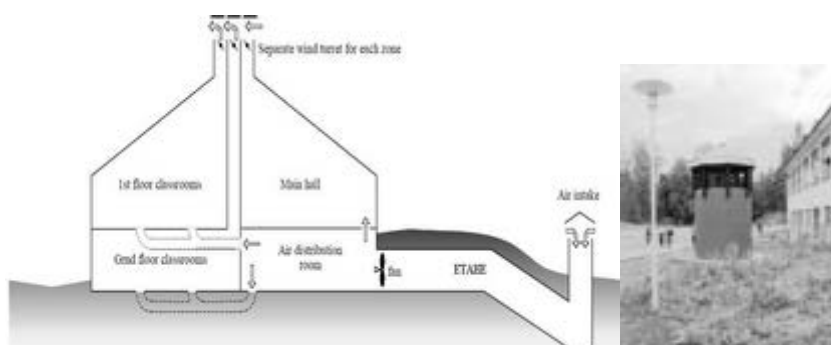


Figura 3.11 – Esempio di un sistema ad accoppiamento con il terreno integrato con un sistema di ventilazione ibrida. Schema della Jaer School (Norway).

I sistemi ad accoppiamento con il terreno non sono ristretti a una particolare tipologia di edifici; alcuni esempi di applicazioni comprendono serre, stalle, edifici residenziali e commerciali. Il principio di funzionamento rende questi sistemi adatti a un ampio campo di differenti condizioni climatiche a condizione che:

- Sia disponibile una adeguata escursione termica tra estate e inverno e tra il giorno e la notte,
- I carichi di raffrescamento non siano troppo elevati,
- requisiti flessibili per le condizioni dell'ambiente interno (uso del comfort adattativo e deriva delle temperature piuttosto che l'approccio "a punto fisso" del PMV)

Punti chiave

Il principale vantaggio dei sistemi ad accoppiamento con il terreno è rappresentato dai risparmi energetici per il raffrescamento e in alcuni casi per il riscaldamento.

In particolare per un ampio campo di condizioni climatiche l'adozione di un impianto ad accoppiamento con il terreno correttamente progettato può consentire di non usare altri sistemi meccanici di raffrescamento. Possono

essere ottenuti risparmi in termini di costi di costruzione e costi di esercizio. (i sistemi ad accoppiamento con il terreno possono essere meno costosi e più facili da realizzare rispetto a un sistema attivo di raffrescamento, inoltre hanno una vita maggiore). Comunque i costi di manutenzione e di esercizio sono minori in confronto a sistemi tradizionali meccanici.

L'aria in uscita dal sistema ad accoppiamento con il terreno può essere successivamente trattata da unità di trattamento dell'aria perché i sistemi ad accoppiamento con il terreno sono compatibili con gli altri componenti dei sistemi di ventilazione.

In alcune situazioni l'appropriato sfruttamento del trasporto di umidità tra l'aria e i condotti interrati può realizzare un parziale controllo passivo dell'umidità. Inoltre i condotti possono avere un effetto filtrante (riduzione della concentrazione di particelle, spore e batteri nell'aria).

Limitazioni

Le limitazioni sono dovute alla disponibilità di spazio (i sistemi sono ingombranti) e alle difficoltà nello scavare alcuni tipi di terreno (terreno roccioso).

In alcune condizioni climatiche deve essere valutato con attenzione e gestito il rischio di condensa all'interno dei condotti. Se il sistema non è correttamente progettato e gestito potrebbero nascere problemi legati a una cattiva qualità dell'aria (dovuti a funghi e crescita di batteri nei canali). In tutti i casi, anche quando il processo non è portato fino alle condizioni di saturazione il raffrescamento dell'aria prodotto dall'accoppiamento con il terreno aumenta l'umidità relativa dell'aria. Un sistema ausiliario di deumidificazione potrebbe essere necessario per garantire appropriate condizioni di comfort interno.

L'installazione del sistema di scambio del calore dovrebbe essere effettuata con la massima precisione per quanto riguarda le norme igieniche e la tenuta. È necessaria quindi la supervisione di un progettista o di un esperto di ventilazione.

In alcuni casi l'investimento iniziale per l'installazione di un impianto ad accoppiamento con il terreno è maggiore rispetto a un sistema tradizionale di condizionamento dell'aria. Comunque va tenuto in considerazione il fatto che un sistema ad accoppiamento con il terreno ha una vita molto lunga e i potenziali risparmi energetici possono portare a una soluzione competitiva.

La presenza di gas radon nel suolo può impedire l'uso dei sistemi ad accoppiamento con il terreno.

3.4.4 Isolamento dinamico (DI)

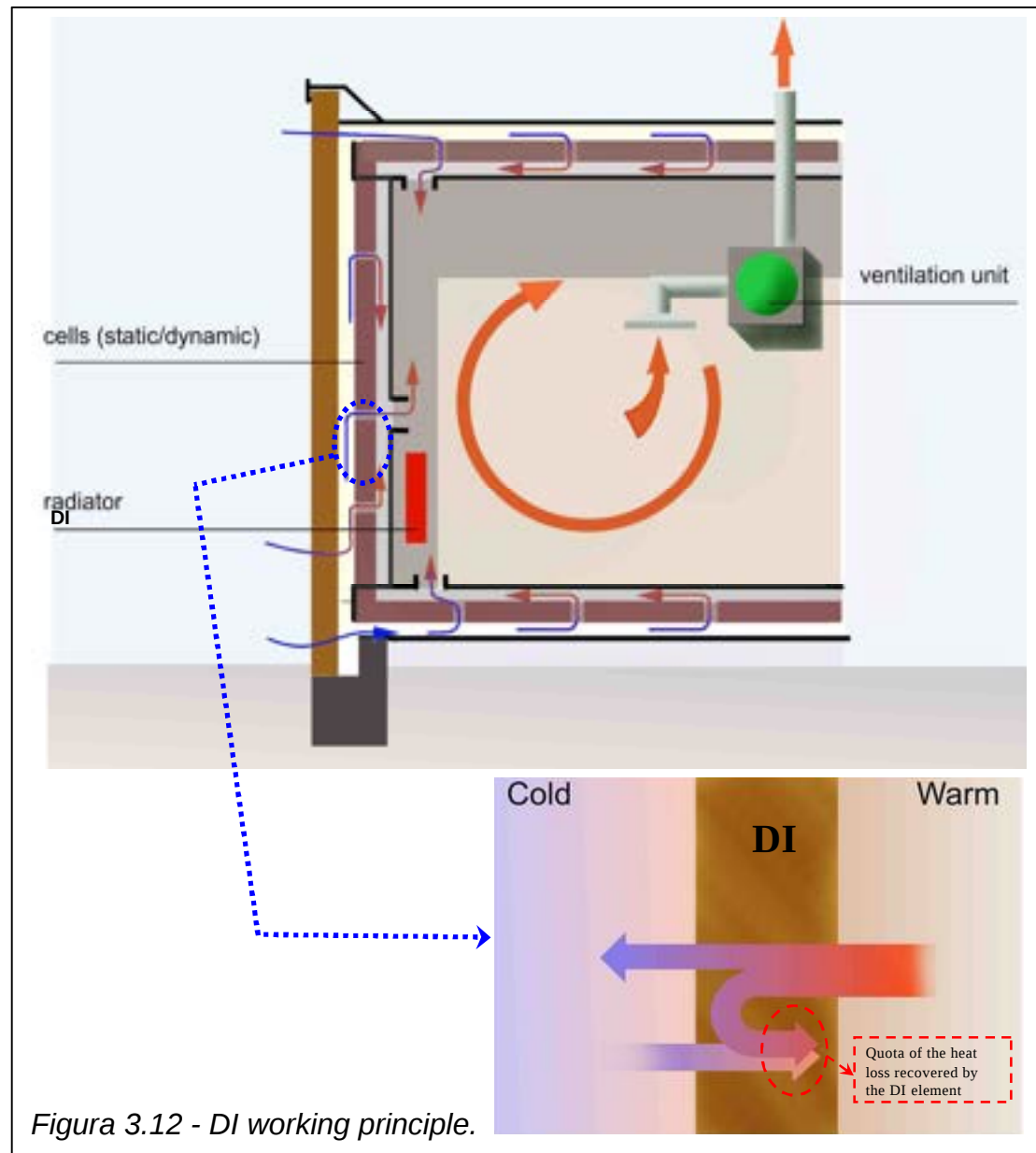
Descrizione dei principi di funzionamento

Il concetto di isolamento dinamico combina i principi convenzionali di isolamento con le caratteristiche di scambio termico di un componente esterno dell'edificio (un muro o il tetto).

Viene creato un passaggio per l'aria nello strato esterno del muro o del tetto. Viene generata una portata d'aria da una sotto pressione nell'ambiente interno, di solito creata attraverso un sistema di ventilazione meccanica (ventilazione naturale e sistemi ibridi hanno dimostrato incoraggianti prestazioni).

L'aria scorre attraverso un'apertura o attraverso un materiale isolante termico fibroso. In questo modo l'aria scambia calore con la struttura interna del muro ed è preriscaldata (durante il periodo invernale) o preraffreddata (durante il periodo estivo se le condizioni dell'ambiente interno sono correttamente condizionate).

Il preriscaldamento o il preraffrescamento dell'aria di ventilazione è ottenuto "a spese" delle perdite di calore attraverso il muro, che vengono in questo modo ridotte. Il principio è schematizzato in figura 3.12.



I sistemi a isolamento dinamico consentono un effettivo pretrattamento dell'aria di ventilazione.

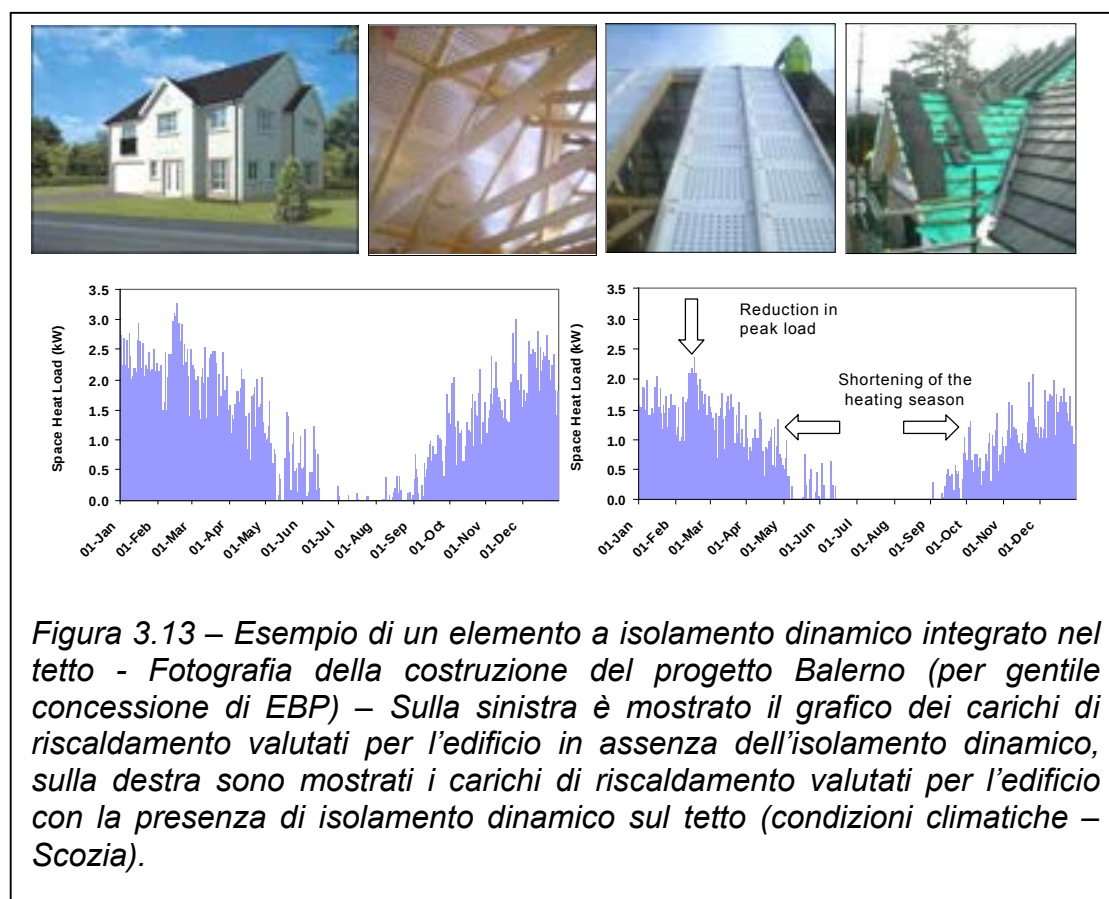
Le tecnologie esistenti di isolamento dinamico possono essere divise in due principali categorie:

1. muri a cavità: questo tipo di elementi adotta delle cavità per far circolare il fluido (principalmente aria) nel muro. L'aria generalmente scorre nelle cavità in direzione parallela al muro. La struttura interna del muro agisce quindi come uno scambiatore di calore.
2. muri traspiranti: in questa tecnologia l'aria scorre attraverso uno strato isolante permeabile. L'interazione della fase gassosa con la fase solida

agisce come uno scambiatore di calore controcorrente. (la tecnologia dei muri traspiranti può essere usata anche per i tetti)

Da un punto di vista costruttivo gli elementi ad isolamento dinamico hanno i seguenti componenti:

- uno strato esterno; potrebbe essere una lastra di cemento armato prefabbricato, o un foglio di metallo perforato. L'aria di ventilazione può essere introdotto a partire dal basso o dall'alto di questo elemento, attraverso un'apposita apertura,
- uno strato di isolamento dinamico; potrebbe essere un materiale poroso/fibroso come paglia compressa, lana di roccia o fibre isolanti di cellulosa. Questo strato traspirante lascia l'aria entrare all'interno perché esiste una differenza di pressione tra l'ambiente interno e l'ambiente esterno,
- uno strato d'aria, usato generalmente per separare gli altri due strati. Lo strato d'aria si comporta come un plenum e consente una distribuzione omogenea del flusso d'aria sull'intera superficie dello strato isolante.



Dal punto di vista delle prestazioni è preferibile costruire elementi a isolamento dinamico usando materiali fibrosi/porosi perché sono intrinsecamente buoni isolanti.

Possono anche essere utilizzati materiali in muratura con un'elevata capacità termica per produrre un muro composito, permeabile con una bassa trasmittanza ed elevata capacità termica.

La maggior parte delle applicazioni pratiche dei sistemi ad isolamento dinamico adottano i principi dei muri traspiranti a causa della loro più facile implementazione.

Punti chiave

Gli elementi a isolamento dinamico sono considerati come uno dei possibili metodi per ridurre le dispersioni di calore dell'edificio e raggiungere condizioni migliori di qualità dell'aria interna.

I sistemi ad isolamento dinamico hanno le potenzialità per essere implementati nella maggior parte delle condizioni climatiche.

Per ciò che riguarda i consumi energetici i principali benefici nell'uso dell'isolamento dinamico sono:

- riduzione del fabbisogno energetico per riscaldamento e raffrescamento (secondo i risultati di una ricerca l'adozione dell'isolamento dinamico in un edificio porta a risparmi energetici di circa il 10%).
- Dal momento che si possono ridurre le dispersioni di calore utilizzando una sottile parete con isolamento dinamico, è possibile evitare di utilizzare pareti spesse per soddisfare le normative edilizie. È quindi possibile sfruttare meglio l'area a disposizione, con il vantaggio del risparmio di occupazione del suolo e la riduzione dei costi di costruzione.
- Con l'uso dell'isolamento dinamico i componenti di involucro edilizio diventano elementi di immissione e di distribuzione dell'aria; viene così evitata la costruzione di condotti di ventilazione e vengono ridotti i costi per l'installazione.

Oltre al vantaggio dei risparmi energetici la struttura fibrosa dell'isolamento dinamico offre una soluzione efficace e a basso costo per migliorare la qualità dell'aria in quanto agisce come un filtro.

Limitazioni

Le problematiche da tenere in considerazione utilizzando una tecnologia a isolamento dinamico sono:

- Rischio di temperature troppo basse del muro interno (portando a condizioni di discomfort),
- difficoltà nel controllare l'uniformità del flusso d'aria sulla superficie del muro,
- trasporto di umidità e fenomeni di condensa,
- accumulo di polveri e altre particelle intrappolate nell'isolante, che possono facilitare la crescita di batteri (il sistema a isolamento dinamico funziona come un filtro per l'aria),
- consumi elettrici per la movimentazione dei ventilatori (l'elemento a isolamento dinamico diventa meno attraente se i consumi energetici legati ai ventilatori diventano rilevanti, questo svantaggio può essere evitato da un'opportuna minimizzazione delle perdite di carico).

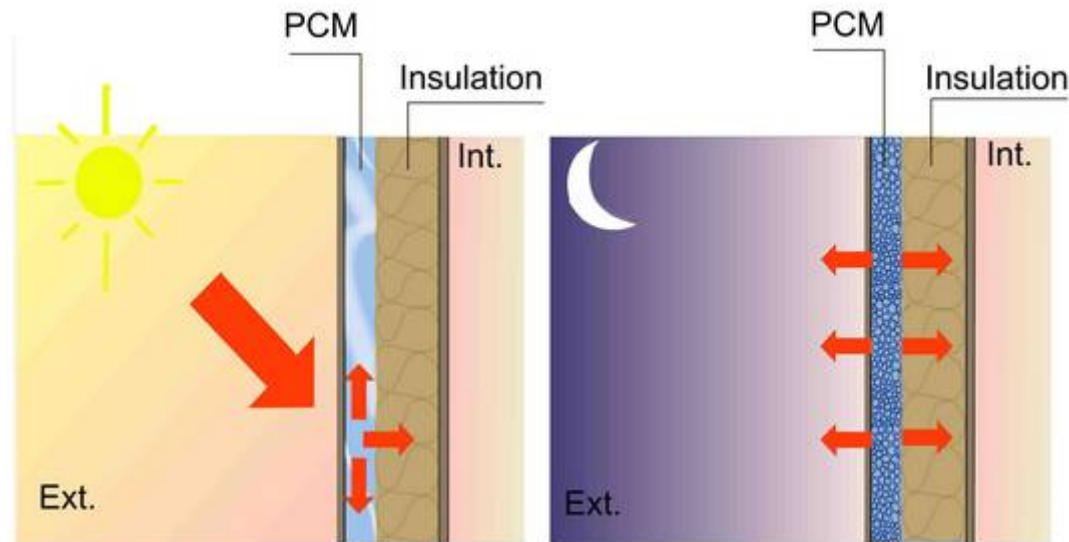
Infine va considerato che i sistemi a isolamento dinamico sono una tecnologia abbastanza recente, esistono pochi esempi funzionanti e finora non sono disponibili strumenti di progettazione integrati nei comuni software di progettazione.

3.4.5 Materiali a cambiamento di fase (PCM)

Descrizione dei principi di funzionamento

I materiali a cambiamento di fase sono materiali che alla pressione atmosferica cambiano la loro fase a una temperatura prossima alla temperatura ambiente.

Il principio di funzionamento sfrutta la loro capacità di accumulare grosse quantità di energia a temperature vicine a quella di fusione. Infatti fintanto che è in atto il cambiamento di fase il calore è accumulato e rilasciato senza notevoli variazioni di temperatura.



Questa proprietà può essere utilizzata con due diversi obiettivi:

- a) come un mezzo per aumentare l'inerzia termica (massa termica) dei componenti dell'edificio e, di conseguenza, per ridurre e spostare i carichi di riscaldamento e di raffreddamento,
- b) per creare accumuli termici.

Nel primo caso, i PCM sono più efficaci rispetto ad altre tecnologie per l'attivazione termica della massa, in quanto la loro capacità di accumulo di energia per unità di massa è molto maggiore rispetto a quella dei normali materiali da costruzione, come il cemento. Grazie a questa proprietà i PCM sono spesso utilizzati in caso di costruzioni leggere.

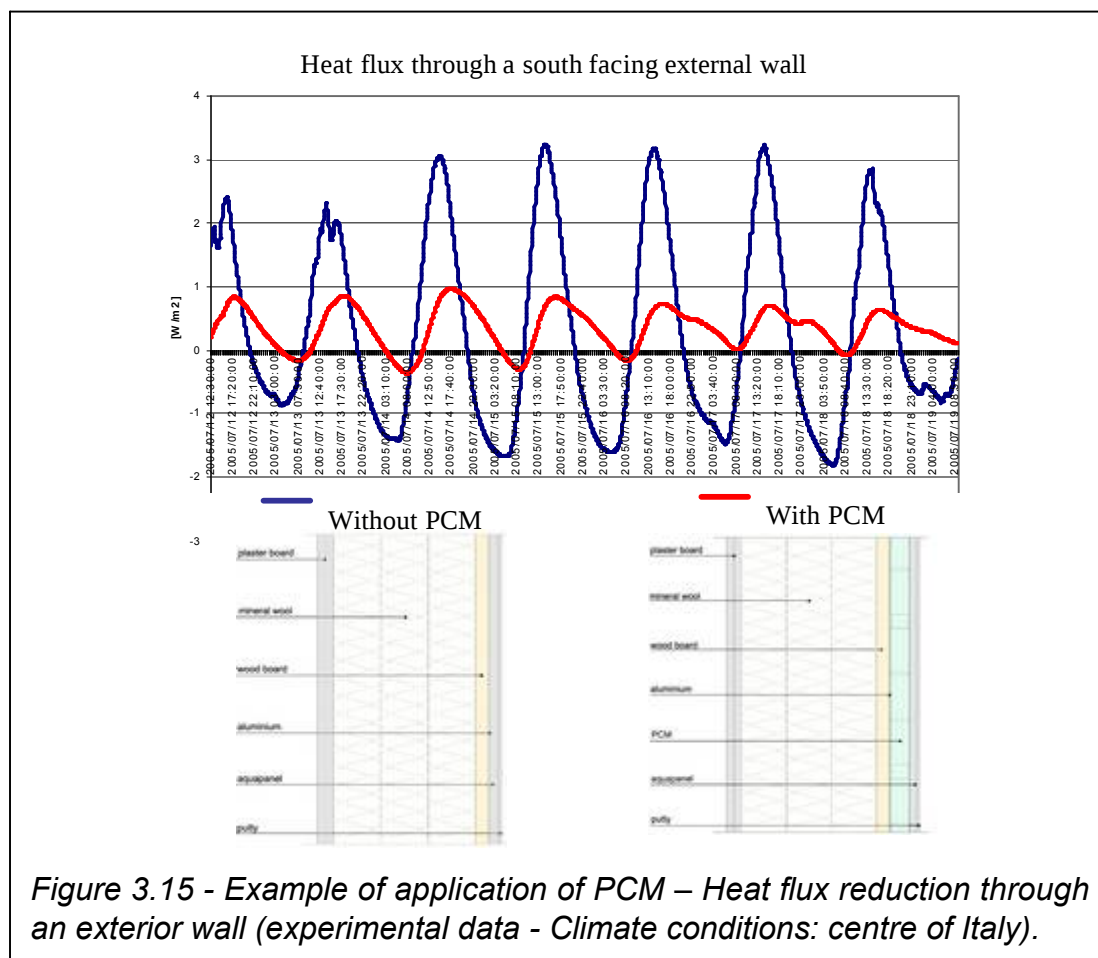
Nel secondo caso i PCM consentono di progettare e costruire sistemi compatti per accumulo energetico, soluzione facile da integrare nell'edificio e nei suoi impianti.

Quando i PCM sono usati per migliorare l'inerzia termica dell'edificio sono tipicamente integrati:

- nelle strutture in muratura esterne⁵,

⁵ Per aumentare la cosiddetta massa termica esterna, vedi sezione 3.4.2.

- in pannelli sottili (tipicamente PCM granulare) usati come partizioni interne⁶,
- Nell'intonaco di soffitti, muri⁶,
- In applicazioni sotto il pavimento⁷.



Quando i PCM sono utilizzati per creare accumuli termici sono tipicamente accoppiati a unità di trattamento aria tradizionali, utilizzando appropriati scambiatori di calore ad aria o acqua (la figura 3.16 mostra un esempio di applicazione).

Punti chiave

L'adozione dei PCM in muri esterni e componenti d'involucro consente un miglior controllo dei flussi termici tra l'ambiente interno e l'ambiente esterno.

Viene migliorato, inoltre, lo sfruttamento del potenziale di energia solare (accumulata durante il giorno e rilasciata durante la notte) (figura 3.15).

Grazie ai PCM vengono ridotte e spostate nel tempo le fluttuazioni e i picchi di carico. Gli stessi effetti possono essere raggiunti con l'uso di PCM integrato nelle partizioni interne e sotto il pavimento. In particolare, in quest'ultimo caso, siccome il flusso solare investe direttamente la superficie del pavimento è possibile ottenere un efficiente controllo dei carichi solari.

Lo smorzamento e lo spostamento nel tempo dei carichi termici consente di installare impianti di condizionamento di taglia inferiore con una conseguente

⁶ Per aumentare la cosiddetta massa termica interna, vedi sezione 3.4.2.

diminuzione dell'investimento e dei costi di esercizio.

In condizioni favorevoli l'adozione di scambiatori di calore ad aria con PCM fornisce una soluzione a basso costo per un condizionamento dell'aria puramente passivo.

Limitazioni

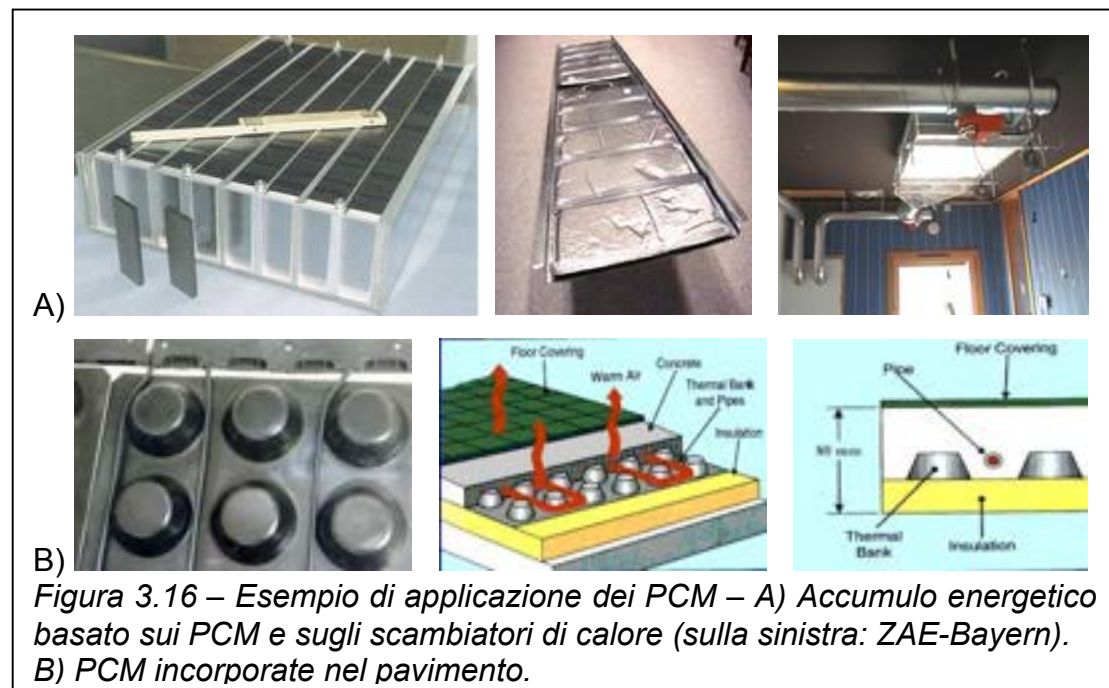
Gli ostacoli a una larga diffusione dell'uso dei PCM sono principalmente legati alla durabilità dei materiali PCM disponibili oggi sul mercato.

Le prestazioni termiche dell'elemento tendono a diminuire dopo un certo numero di cicli termici di fusione/solidificazione.

Un altro aspetto critico è rappresentato dalle difficoltà di una corretta progettazione e dimensionamento dei componenti che fanno uso dei PCM (tipi di materiale, spessore dello strato, quantità, punto di fusione,...) dovuto alla mancanza di strumenti di simulazione e progettazione.

In relazione alle condizioni climatiche i due principali fattori che possono limitare l'uso effettivo di questa tecnologia sono: la temperatura dell'aria esterna di notte (durante la stagione di raffrescamento deve essere sufficientemente bassa rispetto a quella diurna) e il coefficiente di scambio termico tra l'aria e l'elemento che ingloba i PCM.

Una delle maggiori difficoltà nella gestione dei sistemi basati sui PCM è rappresentata infatti dalla necessità di rimuovere l'energia immagazzinata dall'elemento e di dissiparla nell'ambiente esterno.



4 Il processo di progettazione integrata

4.1 Il concetto di progettazione integrata

I concetti di progettazione integrata nel contesto di questa pubblicazione sono soluzioni progettuali in cui un'ottima prestazione ambientale è realizzata in termini di rendimento energetico, di consumo di risorse, di impatto ambientale e di qualità dell'ambiente interno. Ne consegue che i concetti di progettazione integrata sono soluzioni progettuali che mantengono un giusto equilibrio tra le condizioni ottimali interne e l'impatto ambientale reagendo in maniera controllata e olistica ai cambiamenti delle condizioni esterne o interne e agli interventi degli occupanti e che si sviluppano da un processo di progettazione integrata multidisciplinare, che utilizza un approccio in tre fasi per l'ottimizzazione dell'efficienza energetica (Trias Energetica) e comprende considerazioni sull'integrazione dei fattori umani e architettonici.

2.1 Principi e concetti di progettazione integrata

I concetti di progettazione integrata includono tutti gli aspetti della costruzione di edifici (architettura, facciate, strutture, funzione, incendio, acustica, materiali, uso dell'energia, qualità dell'ambiente interno, etc...). Questi concetti possono essere suddivisi in tre parti:

- o Il concetto architettonico dell'edificio,
- o Il concetto strutturale dell'edificio,
- o Il concetto energetico e ambientale dell'edificio

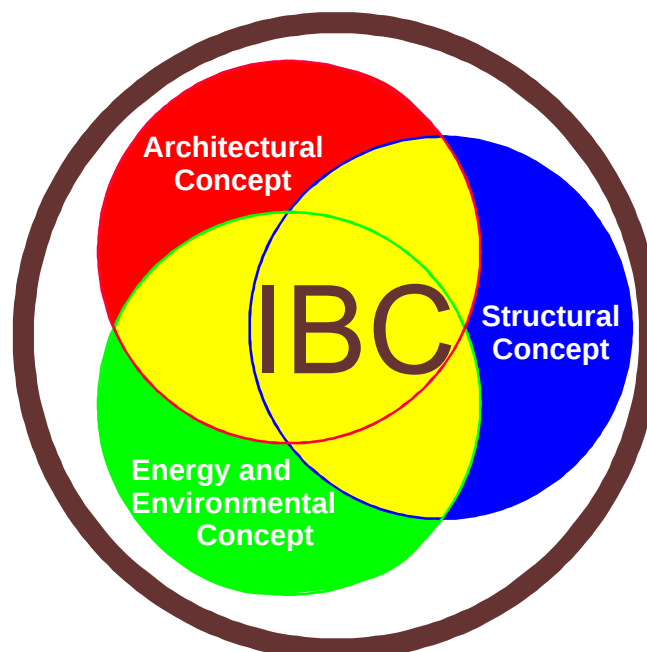


Figura 7.

Questa suddivisione rispecchia le differenti professioni coinvolte nella progettazione dell'edificio e ciascun concetto è sviluppato in parallelo dalle tre professioni usando i loro metodi e strumenti ma è inserito in un processo di progettazione integrata, portando a una soluzione integrata.

4.2. Dal componente al concetto

Gli sforzi per migliorare l'efficienza energetica degli edifici nell'ultima decade si sono concentrati sui miglioramenti dell'efficienza di specifici elementi di edificio e degli impianti. Sono stati fatti significativi miglioramenti e la maggior parte degli elementi dell'edificio e degli impianti offre ancora opportunità di miglioramento. Comunque questo approccio sembra aver raggiunto il suo limite.

Le prestazioni di elementi individuali sono sempre pesantemente dipendenti dalla prestazione del sistema di cui fanno parte, per esempio l'efficienza di una pompa di calore dipende dalle prestazioni dell'intero sistema di riscaldamento e raffrescamento, che consiste nella sorgente, nella distribuzione e nell'erogazione. Le prestazioni di una finestra ben coibentata dipendono non solo dal grado di isolamento del vetro ma anche dal telaio, dai distanziatori etc.

Anche l'approccio a un livello di sistema non è più appropriato. Gli edifici sono diventati concetti integrati nei quali lavorano assieme sistemi avanzati per raggiungere prestazioni avanzate a livello energetico, di comfort e di salute.

In particolare il campo degli elementi di edificio responsivi, che appartiene ai servizi dell'edificio ma anche alla tecnologia dell'edificio ha grossi potenziali per il futuro raggiungimento di ulteriori risparmi energetici.

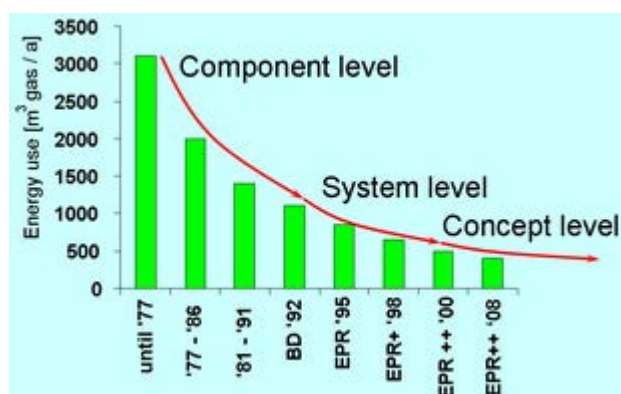


Figura 1. La crescita della domanda energetica porta a requisiti a un livello di concetto.

In questo contesto il termine responsivo è inteso come la capacità di modificare dinamicamente le proprietà fisiche e le prestazioni energetiche a seconda dei cambiamenti nell'ambiente interno e esterno. Questa capacità si riferisce alla cattura dell'energia (finestre) al trasporto dell'energia (come la movimentazione dell'aria in cavità) e all'accumulo di energia (come nei materiali con elevata capacità termica).

Con l'introduzione degli elementi responsivi e gli impianti la progettazione dell'edificio è completamente cambiata, dalla progettazione di un sistema individuale alla progettazione di un concetto di edificio integrato, che consenta un uso ottimale delle risorse energetiche naturali (luce diurna, ventilazione naturale, raffrescamento passivo, etc.) così come l'integrazione di dispositivi che sfruttino energie rinnovabili.

4.2 Il processo di progettazione integrata

Questi edifici responsivi sensibili all'ambiente fanno uso di elementi responsivi e possono essere progettati solo mediante un approccio integrato. Questo approccio integrato segue le fasi della "Trias energetica" ed ha lo scopo di sfruttare le condizioni ambientali con l'uso di sistemi attivi e passivi.

Il processo di progettazione che integra tutte le discipline si è evoluto in un processo sequenziale portato avanti in discipline separate. L'usuale interazione tra i progettisti di impianti e gli architetti non si verifica più, e ciò ha severamente compromesso la capacità di ciascuna disciplina di contribuire alla progettazione globale.



Oggi, il settore edile è nelle fasi iniziali di una rivoluzione che reinventerà il processo di progettazione utilizzato prima dell'avvento degli impianti di condizionamento. Si formano gruppi di progettisti che includono architetti e ingegneri e la progettazione degli edifici è sviluppata in un processo iterativo dalla progettazione concettuale delle idee alla progettazione definitiva. I fabbisogni energetici dell'edificio e le dimensioni degli impianti di condizionamento vengono ridotte, senza l'uso di tecnologie sofisticate, ma solo attraverso una efficace integrazione dei disegni architettonici e degli impianti. L'approccio della progettazione integrata raggiunge questi risultati grazie al rapporto che si crea tra l'edificio, la sua architettura e gli impianti di condizionamento. Oltre a questo l'approccio della progettazione integrata porta a un miglioramento nell'impatto ambientale degli edifici, così come a una riduzione dei problemi di costruzione e costi inferiori.

In un processo progettuale sequenziale è più difficile per un ingegnere all'ultima fase di progettazione avere lo stesso impatto che ha l'architetto nella fase di progettazione concettuale e il rischio che vengano progettati concetti "poveri" è alto.

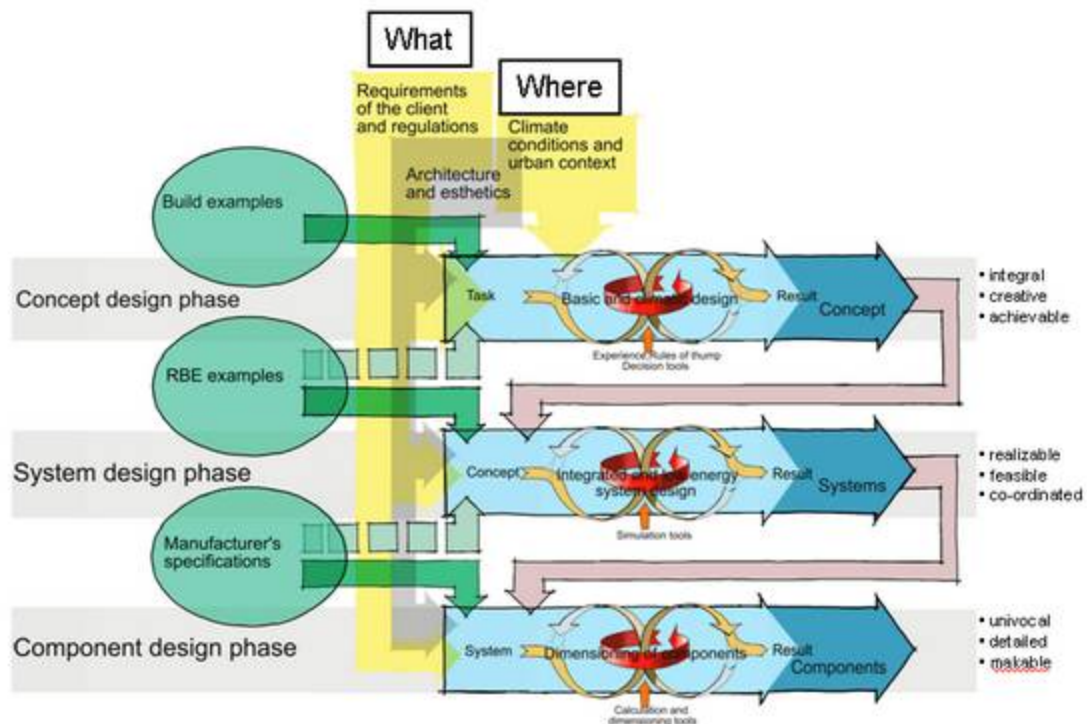
Esistono numerose conseguenze se non vengono prese decisioni appropriate nella fase di progettazione concettuale. L'edificio avrà costi maggiori di costruzione e di esercizio (per esempio spesso è impiegato l'uso di enormi impianti di condizionamento e spesso è necessaria maggiore energia per compensare un cattivo orientamento, o una scorretta disposizione delle finestre, etc.).

I costi non sono solo in termini di denaro ma anche in termini di esaurimento di fonti energetiche non rinnovabili, in termini di degrado dell'ambiente e spesso anche in termini di cattive condizioni di comfort. Edifici inefficienti contribuiscono in maniera significativa all'inquinamento e all'effetto serra, che possono alterare in modo negativo la vita sulla terra.

Un processo di progettazione integrata assicura che le conoscenze e le esperienze formate da considerazioni analitiche del progetto siano formalizzate, strutturate e inglobate nella progettazione pratica.

Nel processo di progettazione integrato l'esperienza degli ingegneri è disponibile fin dall'inizio nella fase preliminare di progettazione e

l'ottimizzazione della progettazione architettonica con gli impianti può iniziare nello stesso momento in cui nella prima fase di progettazione sono sviluppate le idee. Il risultato è che i partecipanti contribuiscono con le loro idee e le loro conoscenze tecniche in una delle prime fasi e collettivamente. I concetti di energia e impianti non verranno progettati in modo complementare alla progettazione architettonica, ma come parte integrante di un edificio.



4.2 Ostacoli nell'implementazione

Quando viene attraversato il confine tra l'architettura e l'ingegneria nascono numerosi ostacoli e il processo progettuale contiene numerose sfide per le persone del gruppo coinvolte nel progetto.

Gli architetti appartengono alla tradizione artistica e umanistica, mentre gli ingegneri appartengono alla tradizione tecnico scientifica.

Ciò crea spesso problemi per gli architetti e gli ingegneri che lavorano in squadra, perché la comunicazione tra i due gruppi è basata su un linguaggio comune e in questo caso le lingue sono diverse.

Il processo di progettazione integrata è un metodo olistico che intreccia elementi di conoscenza provenienti dall'ingegneria con il processo di progettazione architettonica per formare una nuova strategia globale per ottimizzare le prestazioni degli edifici. Ciò implica la valutazione e la ponderazione di diverse caratteristiche prestazionali di edifici, che spesso non sono confrontabili, il che richiede la disponibilità di tutti i partecipanti a raggiungere compromessi accettabili.

L'obiettivo della progettazione integrata è un miglioramento e una maggiore ottimizzazione delle prestazioni dell'edificio a vantaggio del proprietario dell'immobile e degli occupanti. Cambiamenti nel processo di progettazione e nei metodi richiedono investimenti in formazione e nella fase iniziale questo comporterà un maggior costo per i progettisti. Pertanto non si può sperare che

gli architetti e i progettisti siano i principali sostenitori di questi cambiamenti a meno che i proprietari di immobili e i clienti riconoscano i vantaggi e siano disposti a contribuire agli investimenti necessari per attuare le modifiche.

4.3 Strategie di progettazione e condizioni al contorno

Come nel classico approccio progettuale, una progettazione sostenibile dovrebbe iniziare con una approfondita analisi delle condizioni ambientali e dovrebbe determinare i benefici ambientali di diverse soluzioni progettuali come il luogo di costruzione, l'orientamento ottimale, la protezione dal sole e dal vento, le possibilità di accoppiamento con il terreno etc. La maggior parte di queste valutazioni deve essere fatta tenendo in considerazione aspetti architettonici e estetici, ma è il primo passo per il raggiungimento di un progetto a maggiore risparmio energetico.

È necessario inoltre tenere in considerazione i requisiti di qualità dell'aria interna e di comfort. Le condizioni fisse ed uniformi, come indicato negli ultimi decenni possono essere trasformate in condizioni adattative, in relazione al luogo, alla funzione, al tempo e alle attività nell'edificio.

4.4 Strategie progettuali e soluzioni tecniche

Per giungere a soluzioni progettuali integrate e per sviluppare un concetto di edificio a basso consumo energetico e a basso impatto ambientale è necessario definire e applicare una strategia di progettazione. Nell'Annex 44 la strategia progettuale si basa sul metodo descritto da Lysen (1996) del "Trias Energetica". Questo approccio è stato studiato nell'Annex 44, con attenzione verso le tecnologie che saranno applicate, a seconda della fase di progettazione, si veda la figura 12.

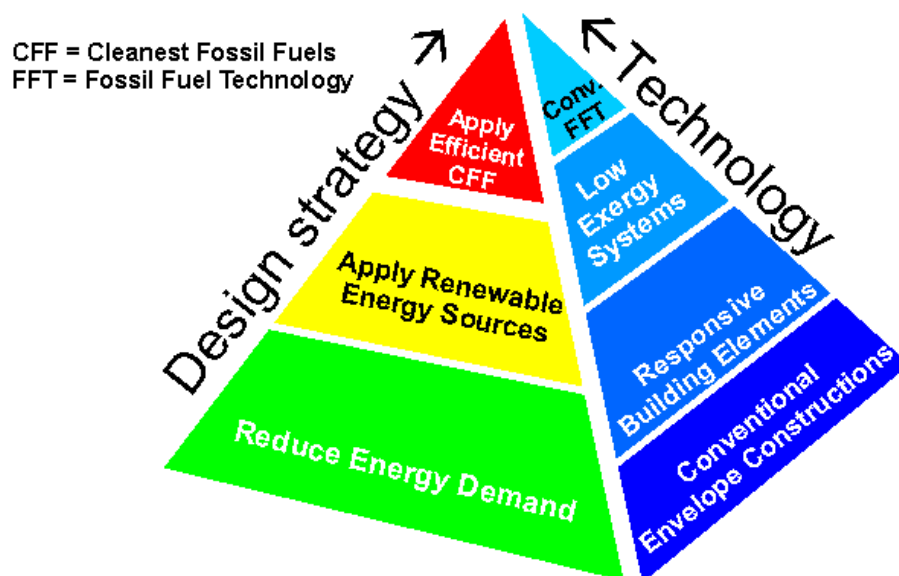


Figura 12. Illustrazione delle strategie di progettazione e delle corrispondenti tecnologie - Annex 44

La parte sinistra della piramide mostra le strategie progettuali mentre la parte destra della piramide mostra le soluzioni tecniche in ciascuno dei passaggi.

La figura posiziona chiaramente gli elementi responsivi come una tecnologia a cavallo tra il primo passaggio “riduzione della domanda energetica” e il secondo “uso di fonti rinnovabili”.

Una strategia di progettazione integrata inizia alla base della piramide e applica le seguenti strategie e tecnologie:

Passaggio 1. Riduzione della domanda

Ottimizzazione della forma degli edifici, utilizzo di involucri edilizi convenzionali, ben isolati ed a tenuta all'aria, recupero energetico dell'aria di ventilazione durante la stagione di riscaldamento, utilizzo di impianti di illuminazione efficienti, riduzione delle perdite di carico nei canali di ventilazione dell'aria, etc

Utilizzo di elementi responsivi come facciate avanzate con esposizione ottimale delle finestre, sfruttamento della luce naturale, uso appropriato della massa termica, redistribuzione del calore all'interno dell'edificio, isolamento dinamico, etc.

Passaggio 2. Utilizzo di fonti di energia rinnovabili

Fornire un uso ottimale di riscaldamento passivo solare, luce naturale, raffrescamento notturno, accoppiamento con il terreno. Utilizzo di collettori solari, moduli fotovoltaici, energia geotermica, accumuli sotterranei d'acqua, biomasse, etc,... Ottimizzazione dell'uso di energie rinnovabili applicando sistemi a bassa exergia.

Passaggio 3. Uso efficiente di combustibili fossili

Se è necessaria energia ausiliaria utilizzare il combustibile fossile meno inquinante in maniera efficace, per esempio con pompe di calore, caldaie ad alta efficienza, etc... Fornire un controllo intelligente del sistema incluso il riscaldamento, ventilazione, illuminazione.

I principali benefici di questo metodo riguardano l'importanza di ridurre i carichi termici prima di aggiungere sistemi per l'erogazione di energia. Questo promuove soluzioni solide con il minor impatto ambientale possibile.

4.5 Applicazione delle strategie di progettazione

La tabella sottostante mostra i passaggi per l'applicazione delle strategie di progettazione nelle varie fasi progettuali.

Fase 1: Progettazione base

Nella prima fase della progettazione l'attenzione viene concentrata nella riduzione della domanda di riscaldamento, raffrescamento, illuminazione e ventilazione.

Fase 1A riduzione della domanda: riduzione dei carichi termici interni e ottimizzazione della luce diurna

La priorità è ridurre i carichi interni e esterni. I carichi interni possono essere ridotti con risparmi energetici nell'uso dei computers, fotocopiatrici e con l'installazione di impianti di illuminazione efficienti. La scelta più efficace è di massimizzare l'autonomia di luce naturale delle stanze riducendo quindi l'uso di energia per l'illuminamento artificiale.

	Riscaldamento	Raffrescamento	Illuminazione	Ventilazione
Fase 1	Conservazione	Riduzione del calore	Luce diurna	Controllo delle sorgenti
Progettazione base	1. Riduzione del rapporto superficie volume 2. Zone 3. Isolamento 4. Infiltrazioni	1. Riduzione dei guadagni termici interni 2. Riduzione dei guadagni termici esterni 4. Massa termica	1. Altezza della stanza e forma 2. Zone 3. Orientamento	1. Superfici materiali emissioni 2. Zone 3. "Local exhaust" 4. Posizione della presa d'aria
Fase 2	Riscaldamento passivo	Raffrescamento passivo	Ottimizzazione dell'illuminamento	Ventilazione naturale
Progettazione climatica	1. Guadagni solari diretti 2. Muri ad accumulo termico 3. serre solari	1. Free cooling 2. Raffrescamento notturno 3. Raffrescamento dal terreno	1. Finestre (tipologia e posizione) 2. Vetri 3. Lucernari 4. Light shelves	1. Finestre e aperture 2. Atrii 3. Distribuzione dell'aria 4. Controllo della ventilazione
Fase 3	Applicazione degli elementi responsivi	Applicazione degli elementi responsivi	Illuminamento responsive Sistemi di illuminamento	Ventilazione ibrida
Progettazione integrate	1. Facciate intelligenti 2. Attivazione termica della massa 3. Accoppiamento con il terreno 4. Strategie di controllo	1. Facciate intelligenti 2. Attivazione termica della massa 3. Accoppiamento con il terreno 4. Strategie di controllo	1. Facciate intelligenti 2. Finiture interne 3. Strategie di controllo della luce naturale 4. ...	1. Canali integrati nell'edificio 2. Eccedenze attraverso le stanze 3. Strategie di controllo 4. ...
Fase 4	Sistemi di riscaldamento a bassa temperatura	Sistemi di raffrescamento a alta temperatura	Illuminazione artificiale ad alta efficienza	Ventilazione meccanica a bassa pressione
Progettazione di sistemi meccanici a bassa exergia	1. Uso di energie rinnovabili 2. Riscaldamento/raffrescamento a pavimento 3. ...	1. Uso di energie rinnovabili 2. Riscaldamento/raffrescamento a pavimento 3. ...	1. LED 2. ...	1. Distribuzione efficiente dell'aria 2. sistemi a bassa pressione, filtrazione efficiente e recupero termico 3. Ventilatori a bassa pressione 4. ...
Fase 5	Sistemi di riscaldamento	Sistemi di raffrescamento	Illuminamento artificiale	Ventilazione meccanica
Progettazione di sistemi meccanici convenzionali	1. Radiatori 2. Pannelli radianti 3. Sistemi ad aria tiepida	1. Soffitti raffrescanti 2. Sistemi ad aria fredda	1. Lampade 2. Controllo dell'illuminamento	1. Distribuzione efficiente dell'aria 2. estrazione meccanica 3. ventilazione meccanica

Figura 13. Tipiche considerazioni progettuali a ciascuna fase progettuale riviste da Norbert Lechner.

Siccome l'efficacia della luce naturale è maggiore rispetto a quella artificiale l'uso di luce naturale porta miglioramenti sia nei consumi elettrici sia nella riduzione dei carichi di raffrescamento.

Fase 1B riduzione della domanda: riduzione dell'energia di riscaldamento, raffrescamento e ventilazione

Il passaggio successivo consiste nell'ottimizzare il riscaldamento e il raffrescamento agendo sul rapporto superficie volume, le zone, l'ombreggiamento, il livello di isolamento e un controllo della ventilazione. È necessario uno speciale sforzo nell'applicazione di accumuli termici a lungo termine. In tal caso i guadagni nel riscaldamento e raffrescamento nel corso dell'anno devono essere sintonizzati tra loro in modo da evitare sbilanciamenti.

Le decisioni nella prima fase determinano la grandezza dei carichi di riscaldamento, raffrescamento e illuminazione; una buona progettazione è necessaria per minimizzare l'uso di servizi. Cattive decisioni in questa fase possono facilmente raddoppiare e triplicare la dimensione degli impianti meccanici. Dove appropriato i progetti devono evitare di escludere l'ambiente ma devono rispondere a fattori quali le condizioni esterne, il grado di occupazione e devono fare un buon uso di luce naturale, ventilazione, guadagni solari, ombreggiamento, quando portano benefici.

In una fase iniziale dovrebbe essere possibile modificare il progetto per ridurre la capacità, le dimensioni e la complessità degli impianti, riducendo anche i costi senza dover ridurre funzionalità dal progetto.

Fase 2: Progetto e ottimizzazioni dell'energia passiva

La seconda fase involve l'ottimizzazione dei guadagni naturali e "gratuiti" dal sole, dal vento e dagli accumuli termici. Questo è fatto con i guadagni solari diretti, free cooling, applicazione della massa termica e ventilazione naturale. Il loro effettivo funzionamento è legato dalle condizioni climatiche esterne, come la presenza di vento, la presenza di sole, i ritmi del giorno e della notte e la temperatura del terreno. Decisioni appropriate in questa fase possono ridurre notevolmente i carichi portando a una riduzione nelle dimensioni e nella complessità degli impianti.

Fase 3: Progettazione di sistemi integrati e applicazione degli elementi responsivi

La terza fase contiene la progettazione dei sistemi integrati con gli elementi responsivi. In questa fase l'attivazione degli elementi dell'edificio mediante gli impianti rafforza l'ulteriore utilizzo di componenti. I guadagni energetici negli elementi di costruzione sono controllati in modo attivo cambiando e influenzando il comportamento fisico e le proprietà dei componenti dell'edificio. Esempi di prestazioni di elementi responsivi sono descritti nel dettaglio nel capitolo

Fase 4: Progettazione di sistemi meccanici a bassa exergia

Per realizzare le condizioni di comfort richieste vengono utilizzati sistemi meccanici di riscaldamento, raffrescamento e ventilazione che gestiscono i carichi rimanenti dagli effetti combinati delle precedenti fasi.

Per migliorare l'applicazione di fonti di energia rinnovabile la priorità spetta ai sistemi meccanici a bassa exergia, riferendosi alla generazione dell'energia,

alla distribuzione e all'erogazione. Con ciò diventa cruciale per raggiungere prestazioni efficienti e ottimizzate, una sintonia tra generazione, distribuzione e erogazione di energia.

Fase 5: Progettazione efficiente dei sistemi meccanici convenzionali

La quinta fase consiste nella progettazione degli impianti convenzionali.

È importante garantire che i servizi funzionino in armonia tra loro senza interazioni dannose o conflitti. Molti problemi energetici possono essere fatti risalire a un conflitto tra gli impianti e molti conflitti sono questioni legate al sistema di controllo. Una strategia di progettazione energetica efficiente dovrebbe evitare questo e le ragioni di conflitto dovrebbero essere individuate ed eliminate per evitare di portare avanti una cattiva progettazione. Non è una buona politica sperare che il sistema di controllo permetterà di risolvere i conflitti.

Fase 6: Controlli avanzati (Integrati nelle fasi 3 ,4 e 5)

Per giungere a un funzionamento efficiente dell'edificio e per ottenere un'efficienza energetica ottimale il controllo dei guadagni energetici è diventato un elemento decisamente più cruciale rispetto al passato. I sistemi necessitano di considerazioni progettuali e devono essere in grado di sintonizzarsi con le differenti condizioni climatiche esterne e le diverse esigenze di comfort interno degli occupanti. Sensori avanzati accoppiati a sofisticati algoritmi di controllo sono ancora in fase di sviluppo e necessitano di ulteriori miglioramenti.