



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



Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA SISTEMA ELETTRICO

**Documento di sintesi delle attività di partecipazione
a gruppi internazionali IEA su efficienza energetica degli
edifici e applicazioni solari per il condizionamento**

Marco Citterio





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



Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA SISTEMA ELETTRICO

Documento di sintesi delle attività di partecipazione a gruppi
internazionali IEA su efficienza energetica degli edifici e applicazioni
solari per il condizionamento

Marco Citterio

DOCUMENTO DI SINTESI DELLE ATTIVITÀ DI PARTECIPAZIONE A GRUPPI INTERNAZIONALI
IEA SU EFFICIENZA ENERGETICA DEGLI EDIFICI E APPLICAZIONI SOLARI PER IL
CONDIZIONAMENTO

Marco Citterio

Aprile 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

Questo è un documento di sintesi delle attività svolte in ambito Agenzia Internazionale dell'Energia (IEA), dai gruppi di lavoro impegnati sugli edifici (Building Related Implementing Agreements). Il documento riassume le attività svolte da ENEA, Politecnico di Torino, Politecnico di Milano, Università di Palermo, Roma La Sapienza, Padova, Istituto Universitario di Architettura di Venezia

Premessa.....	4
1 Implementing Agreement Energy Conservation in Building and Community Systems.....	4
1.1 Annex 42 - FC+GOGEN-SIM: The Simulation of Building - Integrated Fuel Cell and Other Cogeneration Systems	6
1.1.1 Studio sulle prestazioni di sistemi di cogenerazione in diversi climi italiani	6
1.2 Annex 44 - Integrating Environmentally Responsive Elements in Buildings	9
1.2.1 Principi della progettazione “climatica”	10
1.2.2 Edifici responsivi e sostenibili.....	11
1.2.3 Elementi di edificio responsivi	11
1.2.4 Elementi responsivi esempi e classificazione	13
1.2.5 Tecnologie.....	16
1.2.6 Il processo di progettazione integrata	26
1.2.7 Il processo di progettazione integrata	27
1.2.8 Strategie progettuali e soluzioni tecniche.....	28
1.3 Annex 45 - Energy efficient Future Electric Lighting for Buildings.....	29
1.3.1 Introduzione.....	29
1.3.2 Subtask A: Targets for energy performance and human well-being	29
1.3.3 Subtask B: Innovative technical solution	30
1.3.4 Subtask C: Energy-efficient controls and integration	32
1.3.5 Subtask D: Documentation and dissemination.....	32
1.4 Annex 46 - Holistic Assessment Toolkit on Energy Efficient Retrofit Measures for Government Buildings	32
1.4.1 Esempio di scheda descrittiva: Controlli di Daylighting	34
1.4.2 Esempi di interventi di retrofit	38
1.5 Annex 48 - Heat pumping and reversible air conditioning.....	44
1.5.1 Strumentazione e metodi per le analisi sperimentali.....	45
1.5.2 Impiego di pompe di calore per il recupero energetico sull’aria di ventilazione	46
1.6 Annex 49 - Low Exergy Systems For High-Performance Built Environments.....	54
1.6.1 Introduzione.....	54
1.6.2 Subtask A: Exergy analysis methodologies	54
1.6.3 Subtask B: Exergy efficient community supply systems	60
2 Implementing Agreement Solar Heating and Cooling.....	66
2.1 Task 38: “Solar Air-Conditioning And Refrigeration”	67
2.1.1 Introduzione.....	67
2.1.2 I Subtask. Descrizione e i Work Package	67
2.1.3 Risultati preliminari e ulteriori lavori.....	69

Premessa

L'Agenzia Internazionale per l'Energia promuove le attività di ricerca mediante l'istituzione di alcuni Working Party. Il Dipartimento Tecnologie per l'Energia, Fonti Rinnovabili e Risparmio Energetico dell'ENEA partecipa ai seguenti WP

RENEWABLE ENERGY, partecipando ai lavori dei seguenti Implementing Agreement:

- Bioenergy (in collaborazione con il Dipartimento BAS)
- Hydrogen
- Photovoltaic Power Systems
- Solar Heating and Cooling
- Wind Turbine Systems (in collaborazione con il Dipartimento ACS)

ENERGY END-USE TECHNOLOGY, partecipando ai lavori dei seguenti Implementing Agreement:

Advanced Fuel Cells

Energy Conservation in Buildings and Community Systems

Hybrid and Electric Vehicles

FOSSIL FUELS, partecipando ai lavori del seguente Implementing Agreement:

IEA Clean Coal Centre

Ciascun Implementing Agreement organizza le attività di ricerca sottostanti, mediante la istituzione di gruppi di lavoro (Annex o Task) che sviluppino un determinato tema, generalmente nell'arco di 4 anni. Il prodotto finale di ciascun gruppo di lavoro è in genere una serie di documenti o strumenti progettuali, atti a facilitare lo sviluppo dell'impiego della tecnologia della quale ci si è occupati nel corso dello svolgimento dei lavori.

Questo documento rappresenta lo stato di avanzamento dei lavori svolti dai gruppi italiani coinvolti nei principali IA che svolgono attività sugli edifici (i cosiddetti Building Related Implementing Agreements): in particolare si tratta degli IA ECBCS (Energy Conservation in Building and Community Systems) e SHC (Solar Heating and Cooling). Vista la natura poliennale delle attività, alcuni rapporti non possono risultare esaustivi del tema svolto, in particolare quelli relativi ad Annexes o Tasks che si trovano ancora nelle fasi intermedie del lavoro.

1 Implementing Agreement Energy Conservation in Building and Community Systems

L'Agreement su questo tema è attivo dal 1976 e ad esso partecipano oggi 23 paesi inclusa la Commissione Europea. L'Italia è rappresentata dall'ENEA nel Comitato Esecutivo. ENEA ha partecipato direttamente ai lavori della Annex 42 (FC+COGEN-SIM) e sta partecipando all'avvio dell'Annex 52 (Net Zero Energy Buildings).

Nel corso degli anni, sono stati definiti oltre 40 annessi, di questi, 8 sono in corso, 2 sono stati completati nel corso dell'ultimo anno e 2 sono in fase di preparazione.

Annexes in corso

Air Infiltration and Ventilation Centre (Annex 5)

Si tratta di un centro di informazione dedicato alle problematiche della ventilazione degli edifici. Lo scopo è quello di raccogliere tutte le informazioni sul tema e renderle disponibili alla comunità dei ricercatori.

FC+COGEN-SIM: The Simulation of Building - Integrated Fuel Cell and Other Cogeneration Systems (Annex 42):

Costituito nel 2003, l'annex si è occupato della simulazione di celle a combustibile e di sistemi di microgenerazione asserviti a edifici residenziali di taglia media e piccola. Le attività si sono

concluse alla fine del 2007, la partecipazione è stata garantita da ENEA e dalle Università di Napoli 2 e del Sannio.

Integrating Environmentally Responsive Elements in Buildings (annex 44):

L'annex si occupa di analizzare le prestazioni dei componenti integrati nella struttura dell'edificio (sistemi di facciata, sistemi di copertura, sistemi interrati e accumuli termici) in grado di assistere l'edificio nel mantenere condizioni ottimali di comfort e di efficienza energetica. La partecipazione italiana vede impegnato il Politecnico di Torino in qualità di subtask leader.

Energy efficient Future Electric Lighting for Buildings (Annex 45).

L'Annex si occupa di studiare sistemi innovativi per l'illuminazione degli edifici. L'ENEA in collaborazione con l'Istituto di Fisica Tecnica dell'Università La Sapienza di Roma. È stato richiesto un prolungamento: i lavori si concluderanno nel 2010.

Holistic Assessment Toolkit on Energy Efficient Retrofit Measures for Government Buildings (Annex 46)

L'Annex si occupa di sviluppare uno strumento per la verifica delle varie ipotesi progettuali in caso di retrofit di edifici di proprietà pubblica. Partecipa il Dipartimento BEST del Politecnico di Milano.

Cost-Effective Commissioning for Existing and Low-Exergy Buildings (Annex 47)

Si tratta del proseguimento dell'Annex 40, che si occupava del commissioning degli edifici di nuova costruzione. In questo caso ci si occupa di edifici esistenti e di edifici con sistemi di climatizzazione avanzati, a bassa energia, che impiegano, tipicamente, componenti integrati nell'involucro.

Heat Pumping and Reversible Air Conditioning (Annex 48)

L'Annex intende indagare i motivi di una scarsa diffusione dei sistemi a pompa di calore, se non per l'impiego per condizionamento, normalmente nei paesi caldi. Lo scopo dell'Annex è promuovere le migliori tecniche di impiego delle pompe di calore, specialmente negli edifici commerciali. In particolare l'intento è studiare l'integrazione di questi sistemi con l'impianto di condizionamento nel suo complesso. Il dip. di Energetica del Politecnico di Torino partecipa all'annex in qualità di Subtask Leader. L'Annex dovrebbe concludere i lavori nel corso del 2009.

Low Exergy Systems for High-Performance Built Environments (Annex 49)

L'attività è dedicata al tema dell'efficienza exergetica per i sistemi di heating e cooling per l'ambiente costruito.

Scopo dell'annex 49 è pertanto trovare delle strategie di uso dell'energia a bassa exergia, sia a livello di edificio sia a livello di community. Partecipano il Dip. BEST del Politecnico di Milano, il dipartimento di Fisica Tecnica dell'Università di Padova, il dipartimento di costruzione dell'Architettura dello IUAV di Venezia.

Prefabricated Systems for Low Energy / High Comfort Building Renewal (Annex 50)

L'Annex intende studiare le applicazioni di sistemi prefabbricati per il retrofit degli edifici residenziali.

Energy Efficient Communities (Annex 51)

L'Annex intende studiare ed applicare principi di progettazione olistica alla pianificazione energetica di comunità e produrre i necessary strumenti progettuali per i pianificatori urbanistici, i decision makers e gli stakeholders. L'annex è in fase preparatoria e si prevede il termine nel 2012.

Annexes in fase preparatoria

Net Zero Energy Solar Buildings (Annex 52)

Scopo dell'Annex è lo sviluppo di concepts per la progettazione e la realizzazione di edifici a zero emissioni. L'annex è in fase preparatoria e si prevede il termine nel 2013.

Total Energy use in Buildings: Analysis & Evaluation Methods (Annex 53)

Scopo dell'Annex è lo sviluppo di metodologie e strumenti per la misura e l'analisi dei consumi energetici degli edifici.

1.1 Annex 42 - FC+GOGEN-SIM: The Simulation of Building - Integrated Fuel Cell and Other Cogeneration Systems

Scopo dell'Annex è stato quello di individuare sia i sistemi disponibili per la cogenerazione di piccola taglia per applicazioni nel residenziale, sia mettere a disposizione modelli di simulazione dinamica di tali sistemi (celle a combustibile, motori a combustione interna, motori Stirling). Questi modelli sono stati implementati sui sistemi di simulazione quali TRNSYS e SimuLink ed hanno consentito la realizzazione di studi parametrici per la definizione delle condizioni ottimali di impiego di detti sistemi nel campo dell'edilizia residenziale.

Uno di questi sistemi (motore a combustione interna) è stato utilizzato per uno Studio sulle prestazioni di sistemi di cogenerazione in diversi climi italiani [1].

1.1.1 Studio sulle prestazioni di sistemi di cogenerazione in diversi climi italiani

Lo scopo di questo studio è la valutazione delle prestazioni energetiche, ambientali ed economiche di un sistema di cogenerazione basato su un motore a combustione interna ed applicato ad edifici rappresentativi dello stock di edilizia sociale costruiti nel periodo 1976 – 85. Lo studio è stato sviluppato per 4 delle 6 zone climatiche italiane (B, C, D ed E). I risultati sono stati confrontati con quelli ottenuti da un sistema di riferimento convenzionale costituito da caldaie a gas ed alimentazione da rete. Il modello di simulazione utilizzato è il TRNSYS, sul quale è stato implementato il modello di motore a combustione interna, caratterizzato e calibrato secondo le caratteristiche di modelli commercialmente disponibili sul mercato. Il modello consente di calcolare l'ammontare di energia primaria, termica ed elettrica utilizzata dall'edificio. In Fig. 1 è riportato lo schema dell'impianto di cogenerazione simulato.

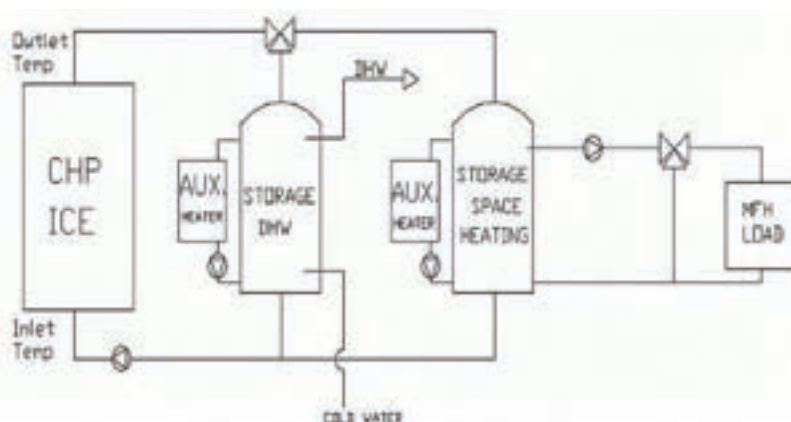


Fig. 1 – Schema dell'impianto di cogenerazione simulato

I profili di consumo elettrici utilizzati sono stati differenziati per ciascuna zona climatica presa in considerazione. Il profilo di consumo di acqua calda sanitaria sono stati generati con l'impiego dello strumento sviluppato in ambito IEA dalla Task 26 dell'Implementing Agreement Solar Heating and Cooling. Per quanto riguarda il calcolo della energia primaria nell'uso dell'energia elettrica è stato utilizzato il mix europeo. Il sistema di distribuzione termica all'interno dell'edificio è costituito da radiatori.

Le caratteristiche del sistema di cogenerazione sono riportate di seguito

Tipo: Motore a combustione interna, connesso in rete

Combustibile: metano

Uscita elettrica nominale: 35 kWe

Uscita termica nominale: 78 kWt

Range di modulazione: 100% - 50%

Efficienza elettrica: 28,2 % (Potenza nominale) correlata al PCI

Efficienza termica: 62.9 % (Potenza nominale) correlata al PCI

Inerzia termica: 677600 J/K

La strategia di controllo del sistema è riportata di seguito

- Metodo: ad inseguimento termico
- Variabili controllate: temperature degli accumuli
- Parametri di controllo: Modulazione del motore, On-Off delle caldaie ausiliarie
- Controllo del riscaldamento dell'edificio:
 - controllo della temperature di mandata mediante PID
 - termostati ambiente

La temperatura della parte superiore dell'accumulo determina la modulazione del motore (fig. 2) tra il 50% e il 100 della potenza nominale. La temperatura di mandata ai radiatori è utilizzata dal PID(1) per modulare la posizione della valvola a tre vie.

Un ulteriore PID-controller (PID2) è impiegato per modulare il flusso dal motore all'accumulo di acqua calda sanitaria.

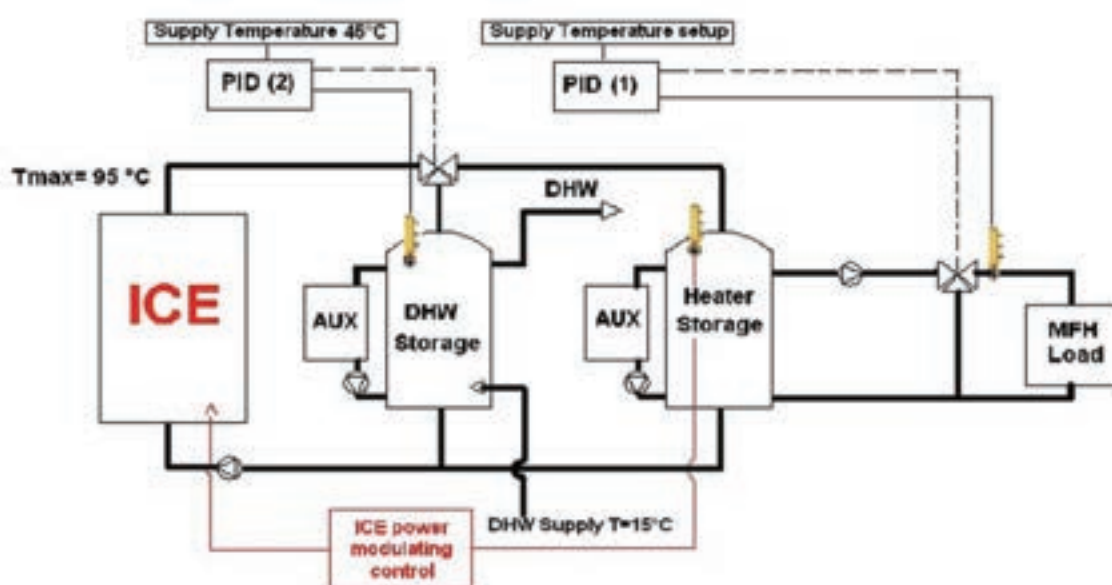


Fig. 2 – Schema di funzionamento del sistema di controllo

Le caratteristiche degli edifici simulati sono riportate nella tabella seguente.

Climatic Zone	B (Palermo, DD =751)	C (Napoli, DD 1034)	D (Roma, DD 1415)	E(Biella, DD 2850)
Heating period	1 th Dec - 31 th Mar	15 th Dec - 31 th Mar	1 th Nov - 15 th Apr	1 th Dec - 31 th Mar
SH demand [MJ/m ² a]	67.17	100.86	152.91	327.37
DHW demand [MJ/m ² a]	46.63	52.11	62.12	65.02
Electric demand [MJ/m ² a]	36.21	39.14	46.32	42.32
Roof UV [W/mqK]	0.60	0.60	0.60	0.60
Wall UV [W/mqK]	1.4	1.4	1.21	1.21
Window UV [W/mqK]	2.83	2.83	2.83	2.83
Window g value	0.755	0.755	0.755	0.755

Tab. 1 Caratteristiche degli edifici simulate

I risultati dello studio sono riportati nella Fig. 3 – Percentuale di riduzione della domanda di NRPE indotta dal sistema CHP rispetto al sistema convenzionale: caldaia standard (per riscaldamento ed acqua calda sanitaria) e mix di generazione elettrica., nella quale è confrontata la prestazione relative di ciascun impianto rispetto alle prestazioni del sistema convenzionale di riferimento.

Il criterio di performance relativa in termini di NRPE (Non-renewable primary Energy) demand reduction (P_{pe}) e riduzione di emissioni di CO_2 (P_{CO_2}) relativo al periodo di riscaldamento è stato espresso in percentuale

$$P_{pe} = \frac{pE_{CHP} - pE_{ref}}{pE_{ref}} \%$$

$$P_{CO_2} = \frac{CO2_{CHP} - CO2_{ref}}{CO2_{ref}} \%$$

Dove:

- pE_{CHP} : è la energia primaria dovuta al gas consumato dal sistema di CHP
- pE_{ref} : è la energia primaria dovuta al gas consumato dal sistema di riferimento
- $CO2_{CHP}$: è l'ammontare di CO_2 emesso durante il periodo simulato dal sistema di cogenerazione
- $CO2_{ref}$: è l'ammontare di CO_2 emesso durante il periodo di simulazione dal sistema di riferimento

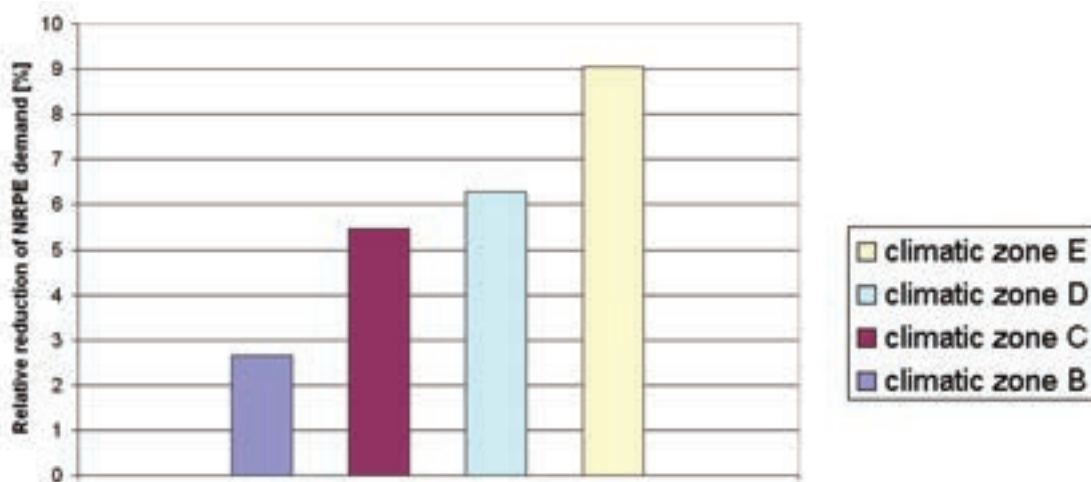


Fig. 3 – Percentuale di riduzione della domanda di NRPE indotta dal sistema CHP rispetto al sistema convenzionale: caldaia standard (per riscaldamento ed acqua calda sanitaria) e mix di generazione elettrica.

Le riduzioni di emissioni di CO_2 sono riportate nella Fig. 4.

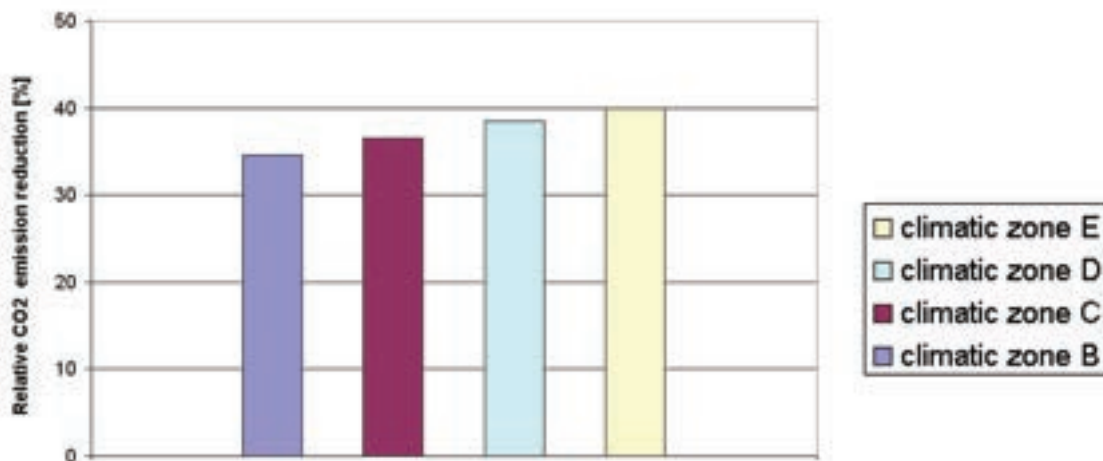


Fig. 4 – Riduzione delle emissioni di CO_2 del sistema di cogenerazione rispetto al sistema di riferimento

Infine è stata fatta una simulazione per edifici nuovi costruiti a norma 192 e smi, identici a quelli considerati in precedenza per dimensioni, localizzazione e orientamento. Il confronto con i risultati ottenuti per gli edifici esistenti è riportato nella Fig. 5.

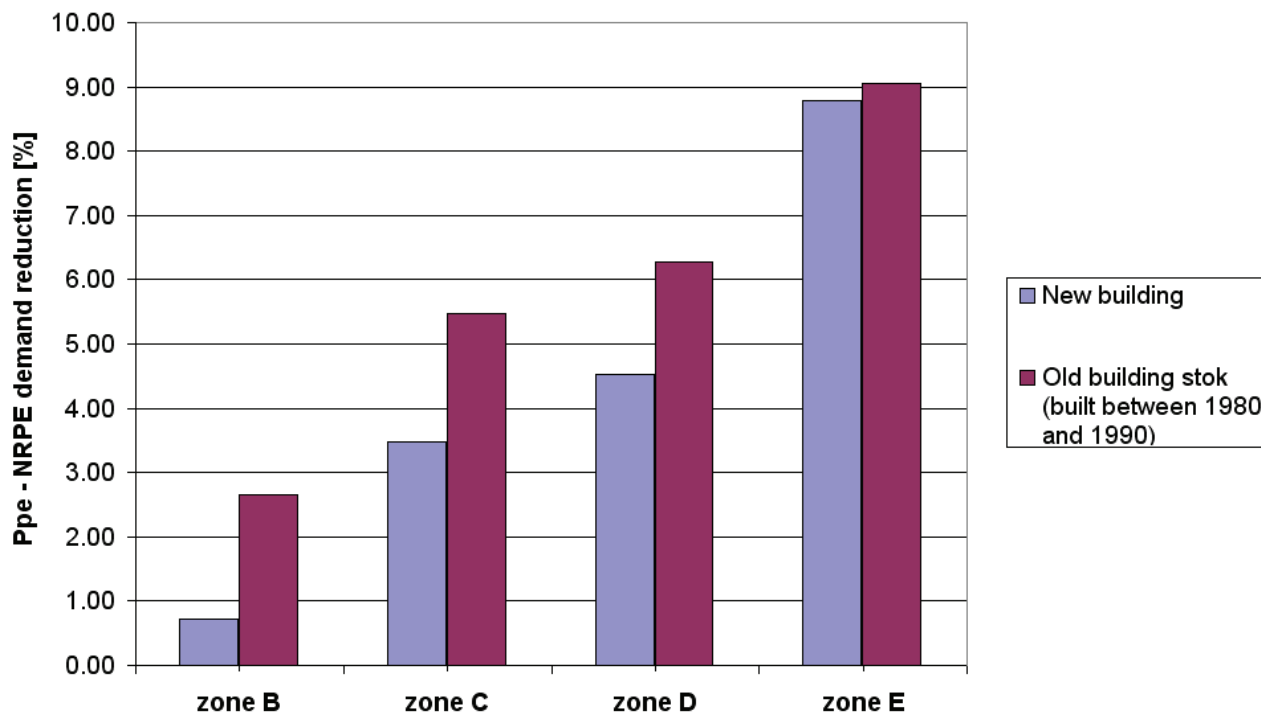


Fig. 5 – Percentuale di riduzione di NRPE per edifici esistenti ed edifici nuovi

I risultati mostrano che:

1. Il sistema di cogenerazione analizzato in questo studio può contribuire considerevolmente nella riduzione delle emissioni di CO₂
2. La riduzione di CO₂ è maggiore nei climi più freddi
3. I risultati sono stati ottenuti considerando un fattore di energia primaria per la energia elettrica pari a quello medio europeo ($p_{ef}=3.5$). Se si considerasse quello medio italiano ($p_{ef}=2.7$) i risultati sarebbero meno vantaggiosi. Si è utilizzato il fattor medio europeo per tener conto della liberalizzazione del mercato elettrico e della strtta interconnessione tra le reti europee.
4. Gli edifici nuovi presentano una notevole riduzione dei benefici in termini di riduzione di NRPE, specialmente al Sud. Questo implica che, anche nel caso di retrofit ben eseguito, ci si deve attendere una minor convenienza nell'uso dei sistemi di cogenerazione. D'altra parte, laddove gli interventi sull'involucro si rivelassero troppo onerosi o impossibili da realizzare, l'uso della micro-cogenerazione può contribuire considerevolmente nel recupero di efficienza energetica.

1.2 Annex 44 - Integrating Environmentally Responsive Elements in Buildings

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

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.

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. 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 shelves, o edifici stretti in modo da portare la luce naturale all'interno degli edifici. In contrasto le tecniche costruttive moderne raramente considerano l'orientamento, la forma dell'edificio, la luce naturale o sistemi di raffrescamento passivo. Maggiori informazioni sono riportate in [2].

1.2.1 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.

1.2.1.1 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:

- L'integrazione degli elementi responsivi con i sistemi energetici porta a un sostanziale miglioramento nelle prestazioni ambientali e nei costi.
- 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.)
- Migliora le possibilità di un accumulo passivo e attivo dell'energia
- Integra principi architettonici nella progettazione integrata di edifici
- Gli elementi responsivi portano a una maggiore integrazione delle tecnologie in relazione agli occupanti dell'edificio e ai loro comportamenti
- Migliora lo sviluppo di nuove tecnologie e elementi nei quali sono combinate più funzioni nello stesso elemento costruttivo
- Conduce a una migliore comprensione dei principi di progettazione integrata tra gli architetti e gli ingegneri

1.2.2 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)

1.2.3 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 termo fisiche 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.

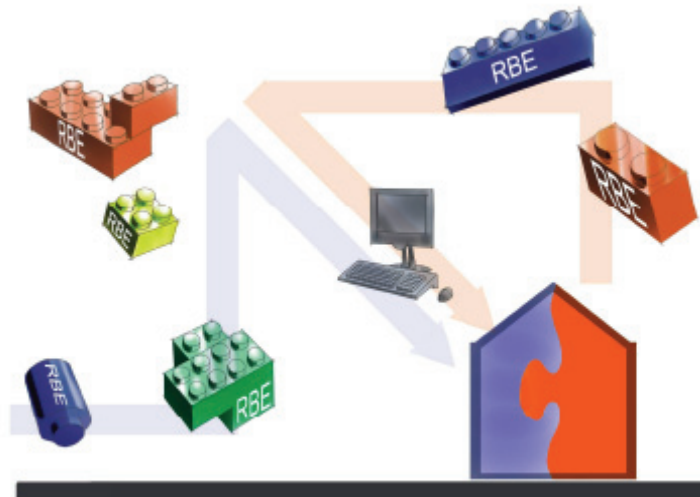


Fig. 6 - Relazioni concettuali tra gli elementi responsivi e il controllo intelligente

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

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

1. L'aggiunta di componenti sulla superficie
2. Un intervento nella parte interna

3. Un cambiamento nelle caratteristiche fisiche dei materiali per
 - La conduttività
 - L'inerzia
 - La trasparenza
 - La permeabilità

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

1.2.4 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 responsiva, 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.

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 Tab. 2 fornisce una panoramica degli elementi responsivi, evidenziando le funzioni svolte e il tipo di integrazione con l'edificio.

Lista dei simboli utilizzati nella Tab. 2:

AIF – TVF: Facciata trasparente ventilata

AIF – OVF: Facciata opaca ventilata

AIF – PVT: Facciata trasparente con fotovoltaico integrato

AIF – PVO: Facciata opaca con fotovoltaico integrato

AIF – SC: Collettore solare integrato (aria o acqua)

AIF – TIM: Materiali isolanti trasparenti

TMA – SA: Attivazione termica della massa, attivazione superficiale

TMA – CA: Attivazione termica della massa, attivazione del nucleo

DI: Isolamento dinamico

PCM: Materiali a cambiamento di fase

TVR: Tetti ventilati trasparenti

OVR: Tetti ventilati opachi

PVTR: Tetti trasparenti con fotovoltaico integrato

PVOR: Tetti opachi con fotovoltaico integrato

SCR: Collettori solari integrati – tetti

TIMR: Materiali isolati trasparenti

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	✓	✓	✓			✓	✓		Air - TVE		✓			
			✓	✓		✓		✓	✓	Air - OVF		✓			
										Air - PVT					
		✓		✓			✓			Air - PVO					
		✓	✓						✓	Air - SC	✓			✓	✓
		✓	✓							Air - TIM		✓			
		✓	✓	✓	✓		✓			TMA - SA					✓
	Roof	✓	✓					✓	✓	TMA - CA	✓			✓	✓
		✓	✓	✓						IN					
		✓	✓	✓			✓			PCM		✓			
		✓	✓	✓					✓	TVR			✓		
		✓	✓	✓						QWR				✓	
		✓	✓			✓			✓	PVTR					
		✓	✓	✓		✓				POOR					
		✓	✓	✓			✓			SCR	✓			✓	✓
		✓	✓	✓					✓	TMR		✓			
		✓	✓							TMA - SA			✓		
		✓	✓	✓			✓			TMA - CA	✓				✓
		✓	✓	✓					✓	IN	✓			✓	
		✓	✓	✓						PCM		✓			
		✓	✓	✓				✓		TMA - SA		✓			✓
✓	✓	✓	✓					TMA - CA							
Superstructure	Penetration	✓	✓						✓	PCM		✓		✓	
	Column/beam						✓			Air - Sensitive	✓				
								✓		TMA - SA		✓			✓
	Load bearing wall						✓			TMA - CA	✓				
							✓			PCM		✓			✓
Substructure	Piles									TMA - SA					
										PCM		✓			✓
	Foundation beams									TMA - CA					
										PCM		✓			✓
	Underground system	Earth to Air Heat Exchangers			✓	✓					TMA - SA				
Underground spaces				✓	✓					TMA - CA	✓				✓
Caverns				✓	✓					PCM		✓			✓
Cellar				✓	✓					TMA - CA					
Renderers & Finishes	Partition wall									EC			✓		
										TMA - CA	✓				✓
	Floor									EC			✓		
										EC				✓	
Other spaces	Sun space, courtyards & atria			✓	✓					TMA - SA			✓		
	Staircase & Corridors									TMA - CA	✓				
	Roof gardens & Winter gardens									PCM					

Tab. 2 – Azioni e possibili integrazioni degli elementi responsivi negli edifici.

1.2.5 Tecnologie

1.2.5.1 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.

1.2.5.1.1 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. 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 nell'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),
- 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.

1.2.5.1.2 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 Fig. 7.

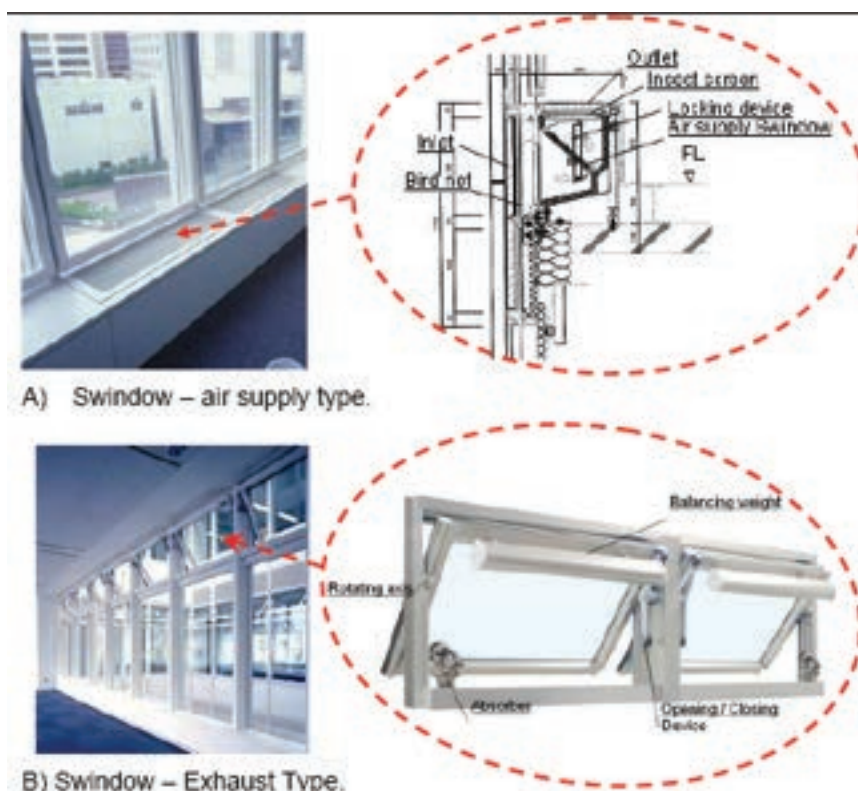


Fig. 7 – Esempio di applicazione di SWindows

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).

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 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.

1.2.5.2 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 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 (Fig. 8).

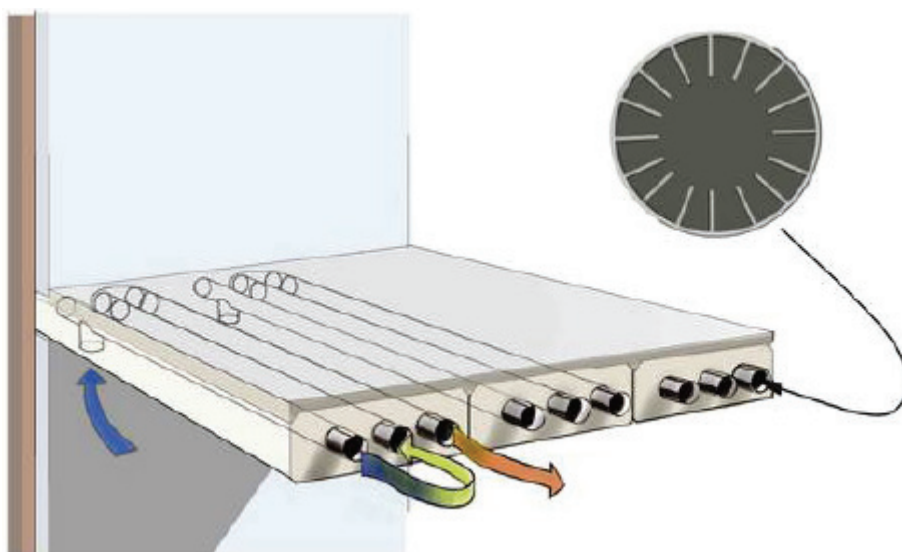


Fig. 8 - Principio di funzionamento dell'attivazione termica della massa

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.

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. Attivazione termica della massa – attivazione esterna,
4. Attivazione termica della massa – attivazione interna.

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).

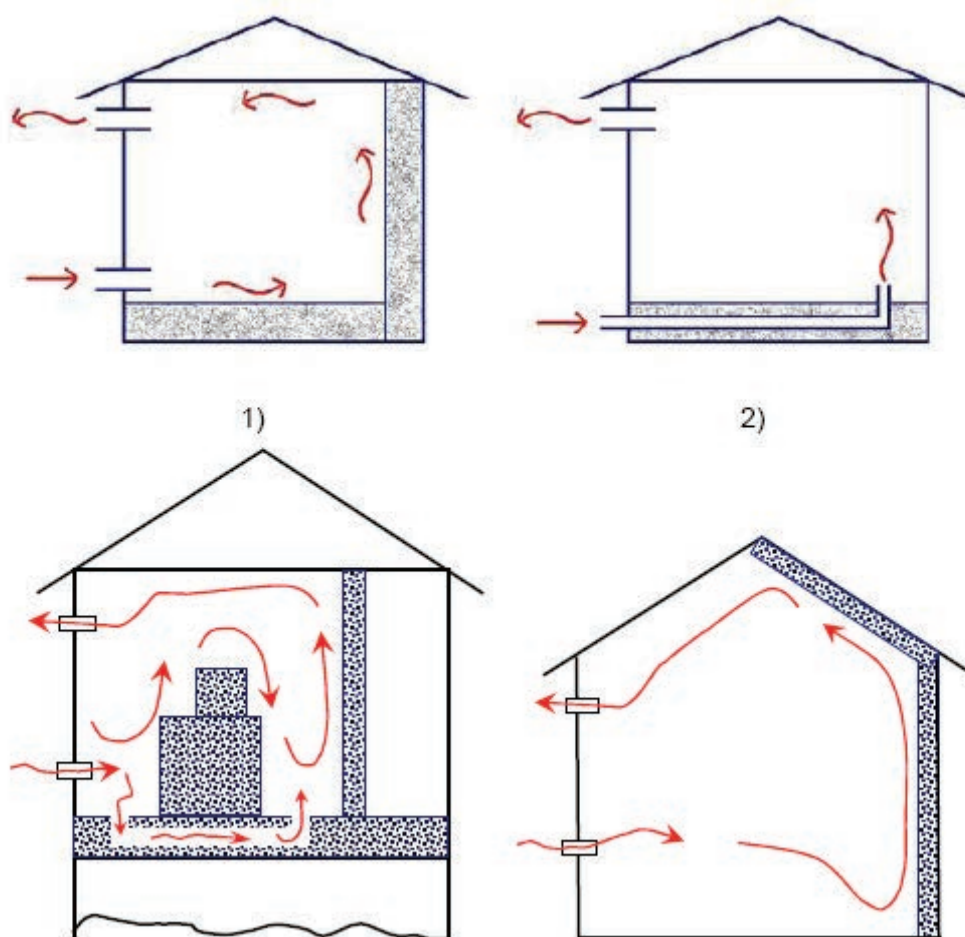


Fig. 9 – Principi di funzionamento TMA: 1) TMA – SA: l'attivazione coinvolge solo la superficie dell'elemento; 2) TMA – CA: l'attivazione coinvolge l'intera struttura dell'elemento; 3) massa termica esterna; 4) massa termica interna.

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'edificio e/o attraverso lo scambio di calore con l'ambiente circostante.

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. 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.

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. (Fig. 9). 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. 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%). 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.

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. 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 $1.2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, o con un sistema di riscaldamento addizionale nelle zone perimetrali.

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.

1.2.5.3 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 Fig. 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 addizionale.

Earth coupling

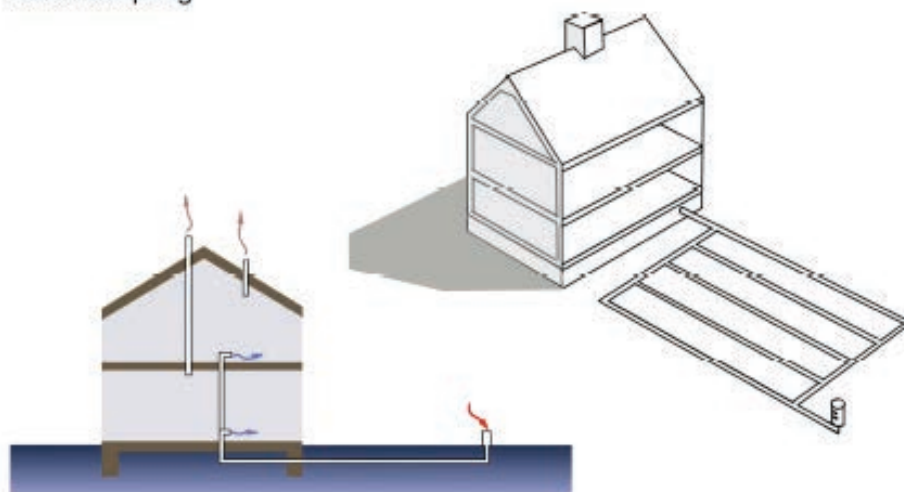


Fig. 10 - Principio di funzionamento dell'accoppiamento con il terreno

I sistemi ad accoppiamento con il terreno possono essere classificati in sistemi a 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 Fig. 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.

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.

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. I sistemi ad accoppiamento con il terreno non sono ristretti a una particolare tipologia di edifici. 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.

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). 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.

1.2.5.4 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 preraffreddamento 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 Fig. 11.

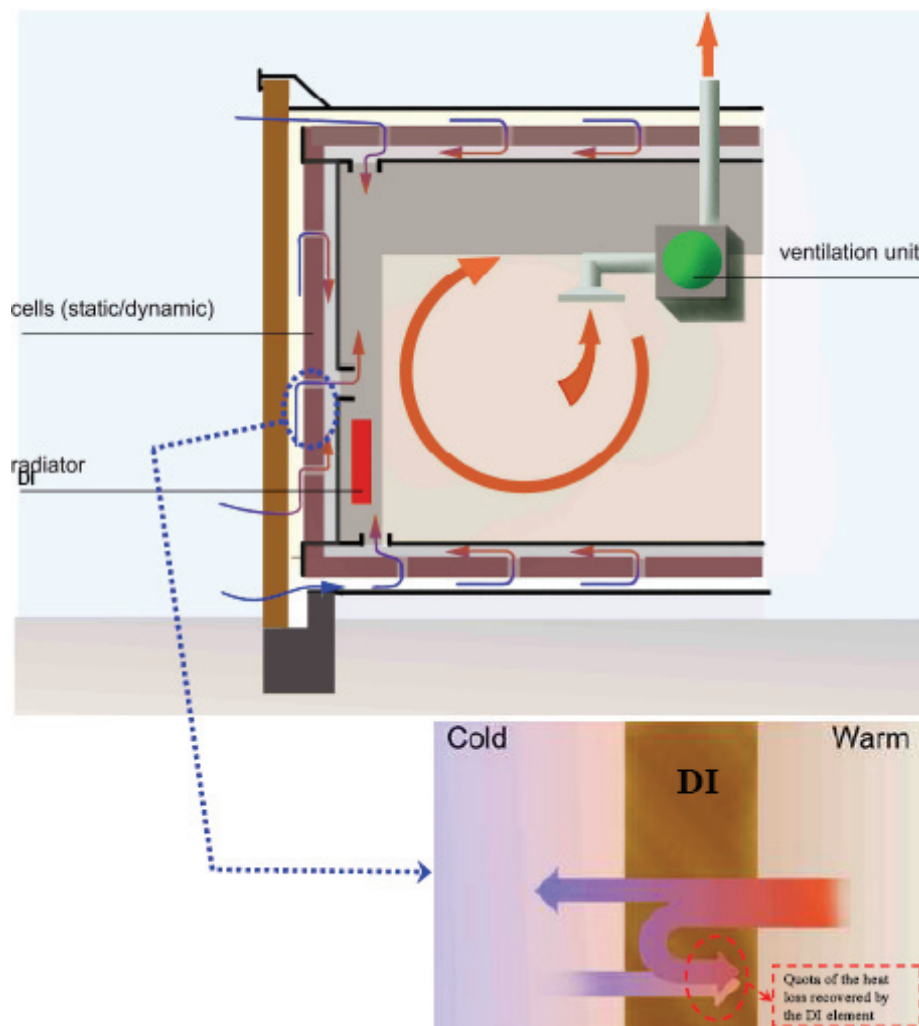


Fig. 11 – Principio di funzionamento dei DI

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)

Dal punto di vista delle prestazioni è preferibile costruire elementi a isolamento dinamico usando materiali fibrosi/porosi perchè 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.

1.2.5.5 Materiali a cambiamento di fase (PCM)

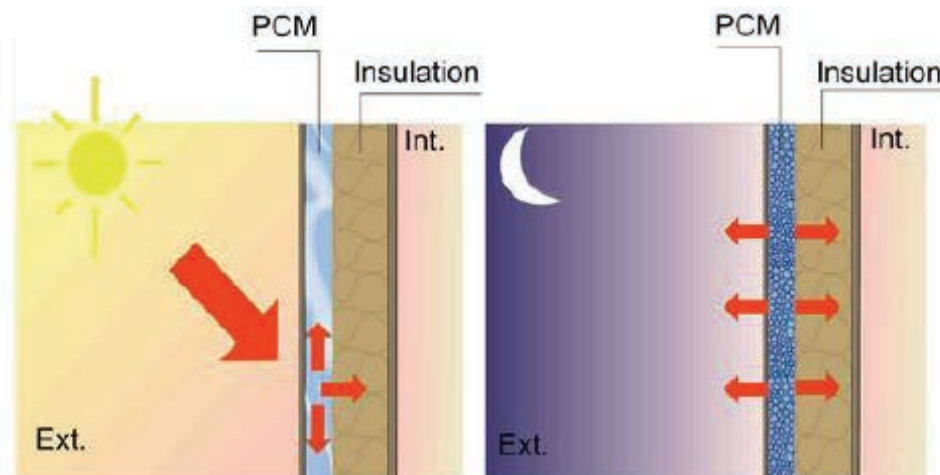
Descrizione dei principi di funzionamento

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:

1. 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,
2. 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 esterne,
- In pannelli sottili (tipicamente PCM granulare) usati come partizioni interne,
- Nell'intonaco di soffitti, muri,
- In applicazioni sotto il pavimento.

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 Fig. 12 mostra un esempio di applicazione).

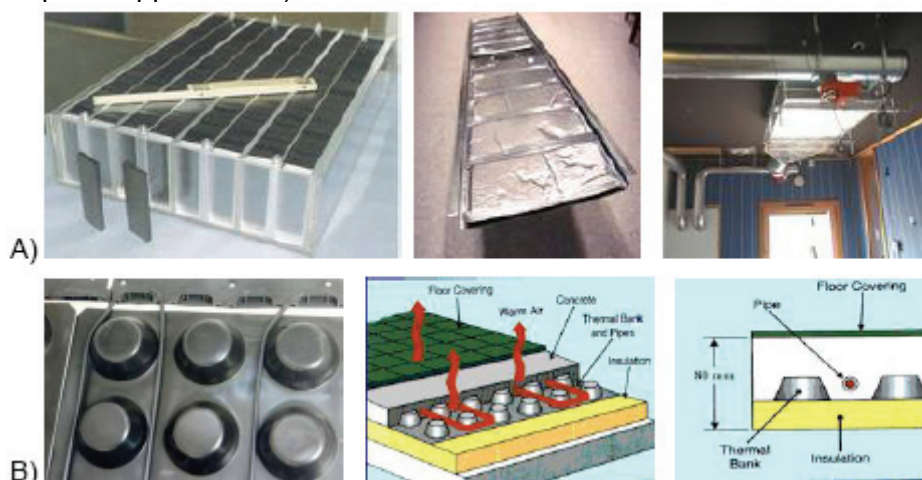


Fig. 12 - Esempio di applicazione dei PCM – A) Accumulo energetico basato sui PCM e sugli scambiatori di calore (sulla sinistra: ZAE-Bayern). B) PCM incorporate nel pavimento

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).

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 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.

1.2.6 Il processo di progettazione integrata

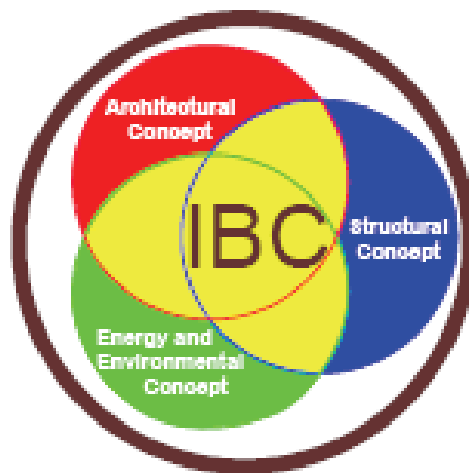
1.2.6.1 Il concetto di progettazione integrata

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.

1.2.6.2 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'edifici



1.2.6.3 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 raffreddamento, che consiste nella sorgente, nella distribuzione e nell'erogazione. 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.

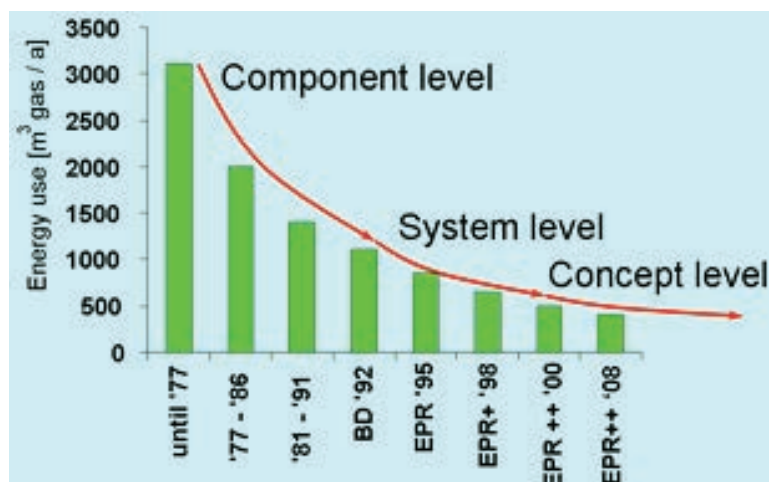


Fig. 13 - La crescita della domanda energetica porta a requisiti a un livello di concetto.

1.2.7 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. 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.

1.2.8 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.

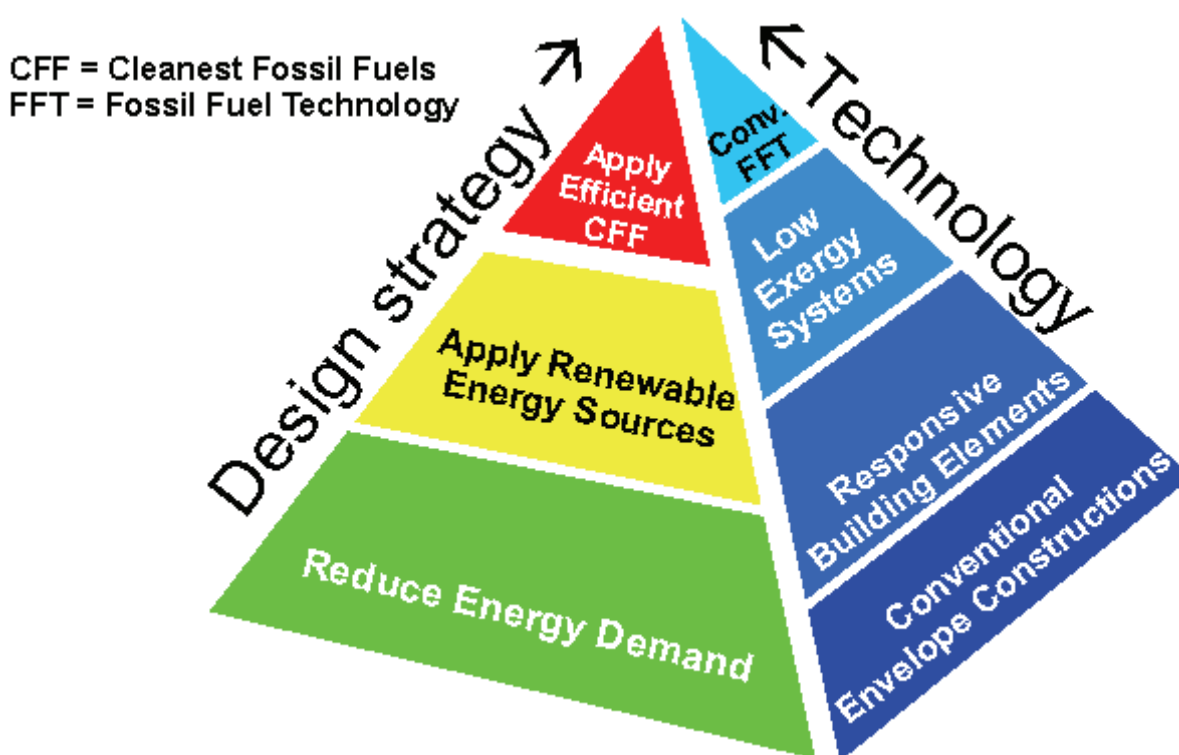


Illustrazione delle strategie di progettazione e delle corrispondenti tecnologie - Annex 44

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.

1.3 Annex 45 - Energy efficient Future Electric Lighting for Buildings

1.3.1 Introduzione

Lo scopo principale dell'Annex 45 "Energy Efficient Electric (E3) Lighting for Buildings" è quello di individuare e di dare impulso alla diffusione delle tecnologie energeticamente efficienti per l'illuminazione artificiale ad alta qualità, e la loro integrazione con tutto ciò che riguarda il sistema edificio-impianto, rendendo così tali tecnologie la soluzione da preferire per i progettisti illuminotecnici, i proprietari e gli utilizzatori.

Tale scopo è stato perseguito attraverso la caratterizzazione e documentazione delle prestazioni tecniche di tecnologie innovative promettenti e già esistenti, ma ancora poco utilizzate, e di tecnologie future (o in fase di pre-commercializzazione), e il loro impatto sugli altri aspetti del sistema edificio-impianto, come i sistemi HVAC e la progettazione con la luce naturale. Questo approccio alla progettazione e realizzazione degli impianti di illuminazione artificiale deve comunque soddisfare le necessità funzionali ed estetiche degli ambienti, e di benessere degli occupanti.

Altro obiettivo fondamentale di questo Annex è mostrare le barriere che limitano l'impiego di tali tecnologie innovative, esistenti e future (vincoli legislativi, tecnici, economici, fattori di rischio, resistenze al cambiamento, etc.), con lo scopo di proporre delle soluzioni per superarle, consentendo l'affermazione a livello anche commerciale di tali soluzioni innovative.

Le attività dell'annex 45 sono ripartite in quattro *subtask*:

- A. Targets for energy performance and human well-being*
- B. Innovative technical solutions*
- C. Energy-efficient controls and integration*
- D. Documentation and dissemination*

I lavori hanno avuto inizio nel 2004 e avranno termine, dopo aver ottenuto una proroga di un anno, a fine 2009. Questo rapporto presenta i risultati delle attività dei rappresentanti italiani nei lavori dell'Annex.

Il gruppo di lavoro coinvolge, per l'Italia, l'ENEA (Dott.ssa S. Fumagalli) e L'Università SAPIENZA di Roma, Dipartimento di Fisica Tecnica (Prof. F. Gugliermetti, Dr. F. Bisegna).

1.3.2 Subtask A: Targets for energy performance and human well-being

Il compito della subtask A è quello di documentare le conseguenze della progettazione e gli obiettivi in termini di impegno energetico, qualità visiva e benessere dell'uomo, e prestazionale, e di fornire esempi di buona progettazione.

I criteri prestazionali includono gli aspetti relativi allo spettro di emissione, alle caratteristiche elettriche, e quelli associati all'interazione tra il sistema e l'utilizzatore. I criteri energetici includono gli aspetti di efficienza energetica, considerazioni energetiche sul ciclo di vita degli elementi, manutenzione, e aspetti funzionali. I criteri economici includono i costi degli elementi e i costi di installazione. Le attività della subtask A si dividono in:

- A.1. Review of specifications for lighting quality criteria
- A.2. Review of specifications and codes worldwide
- A.3. Assessment of standard solutions to meet the codes with respect to energy performance
- A.3. Proposals to upgrade specifications
- A.4. Coordinated research programs on lighting quality with innovative lighting solutions
- A.5. Supply of deliverables

ENEA e Università di Roma hanno partecipato a questa attività fondamentalmente di analisi dello stato dell'arte delle conoscenze e delle normative presenti in ambito internazionale, attraverso una costante informazione sulle attuali normative vigenti e sulle novità introdotte o in via di discussione in ambito europeo in campo energetico-illuminotecnico.

1.3.3 Subtask B: Innovative technical solution

Il compito della subtask B è quello di identificare, caratterizzare e documentare i criteri prestazionali, di efficienza energetica ed economici delle tecnologie di illuminazione promettenti attualmente esistenti e di quelle innovative future, ed il loro impatto sugli altri impianti relativi all'edificio. L'obiettivo è quello di ridurre l'impegno energetico degli edifici analizzando il potenziale risparmio energetico che si ottiene dal confronto di tecnologie esistenti e future, e applicando le conoscenze teoriche e progettuali, e quelle relative ai prodotti e alle soluzioni illuminotecniche. L'analisi delle soluzioni tecniche riguarda la fornitura di energia, le sorgenti di illuminazione, gli apparecchi illuminanti e le teorie per la regolazione. Le attività della subtask B si dividono in:

- B.1. Identifying knowledgeable people in the industry and collecting information
- B.2. Performance criteria of lighting technologies
- B.3. Trends in existing and future lighting technologies
- B.4. Comparison of installations
- B.5. Proofing of technology information (case studies)

ENEA e Università di Roma hanno partecipato attivamente a questo sub task, attraverso un intenso lavoro di raccolta informazioni, di ricerca e di misura, testimoniati dalla presenza di paragrafi e capitoli all'interno del "Guidebook on Energy Efficient Electric Lighting for Buildings", edito dalla Prof. L. Halonen (Operating Agent dell'Annex) e dal Dr. E. Tetri, (Helsinki University of Technology, HUT) risultato dei 4 anni di lavoro da parte del gruppo di lavoro internazionale. L'Handbook è ad oggi ancora in fase di completamento, per cui è possibile che i paragrafi indicati siano soggetti a delle piccole modifiche nel testo, o nella posizione all'interno del volume.

5.2.2 Filament lamps, pag. 100 (Simonetta Fumagalli, ENEA TER ENESIST and Fabio Bisegna, Dipartimento di Fisica Tecnica, Università di Roma "Sapienza")

5.2.3 Fluorescent lamps, pag. 103 (Simonetta Fumagalli, ENEA TER ENESIST and Fabio Bisegna, Dipartimento di Fisica Tecnica, Università di Roma "Sapienza")

5.4.3 Lighting design aspects, pag. 145 (Franco Gugliemetti, Fabio Bisegna, Università di Roma "La Sapienza", Italy)

8.11 Electric lighting for classrooms, pag. 294 (Truus de Bruin-Hordijk, Arnaud Deneyer and Fabio Bisegna)

Nei primi due paragrafi viene riportato lo stato dell'arte dell'attuale tecnologia per l'illuminazione, con riferimento alle lampade ad incandescenza e alle lampade fluorescenti. Il capitolo prevede inoltre un'introduzione, scritta dalla Dott.ssa Fumagalli in collaborazione col Dott. Mantorski, in cui vengono presentate le problematiche di illuminazione e risparmio energetico per gli edifici.

Il paragrafo 5.4.3 prevede la trattazione degli aspetti generali relativi alla progettazione illuminotecnica degli ambienti confinati, dagli ambienti residenziali alle scuole, dagli ospedali agli ambienti del terziario, agli ambienti museali e di conservazione dei beni culturali ed archeologici.

L'ultimo paragrafo prevede l'analisi degli aspetti normativi relativi ad un ambiente strategico, l'ambiente scolastico, e la valutazione ed il confronto di tali ambienti dal punto di vista illuminotecnico con particolare riferimento alle realtà italiana, belga e olandese.

Le informazioni riportate sono aggiornate allo stato attuale del mercato e integrate da consigli per l'uso nelle varie situazioni. È stato inoltre trattato il problema dello smaltimento delle "apparecchiature per illuminazione", descrivendo le Direttive RAAE e RoHS. È stata anche delineata l'evoluzione del mercato in Europa in funzione della progettazione ecocompatibile, descrivendo la Direttiva Eco-Design EUP e i nuovi Regolamenti su lampade, apparecchi e ballast per il settore terziario (245/2009) e lampade non direzionali per uso domestico (244/2009), in base ai quali si prospetta un progressivo abbandono delle lampade a incandescenza di tipo tradizionale nel settore domestico, delle lampade fluorescenti tubolari di tipo alofosfato, di alcune lampade a scarica ad alta intensità di minor efficacia - a lungo termine ad esempio le lampade a mercurio - e degli alimentatori meno efficienti: i consigli d'uso sono stati predisposti in modo da affrontare nel miglior modo possibile questo cambiamento nell'offerta.

A tale sub task, cui il contributo italiano è stato importante, appartengono anche le pubblicazioni (già stampate, in fase di stampa o in fase di accettazione):

1. F. Gugliermetti, F. Bisegna (2008)
"Sistemi finestra dinamici, semi-dinamici e statici per ambienti confortevoli" (Parte I)
Condizionamento Dell'Aria (CDA), Sezione Ricerca, Luglio 2008 (parte prima).
2. Gugliermetti, F. Bisegna (2008)
"Sistemi finestra dinamici, semi-dinamici e statici per ambienti confortevoli" (Parte II)
Condizionamento Dell'Aria (CDA), Sezione Ricerca, Settembre 2008 (parte seconda).
3. Bisegna, S. Fumagalli (2008)
Proceedings of the International Workshop and 7th IEA Annex 45 Expert Meeting:
"Visual Quality and Energy Efficiency in Indoor Lighting: Today for Tomorrow"
ISBN: 978-88-548-1673-2. ROMA: ARACNE (ITALY).
4. Bisegna, P. Gori (2008)
"Genetic Algorithms for Lighting Design Optimisation"
Proc. Int. WORKSHOP and 7th IEA ANNEX 45 Expert Meeting "Visual Quality and Energy Efficiency in Indoor Lighting: Today for Tomorrow", Rome, 31 March 2008, ISBN/ISSN: 978-88-548-1673-2, ARACNE (ITALY).
5. F. Gugliermetti, F. Bisegna, L. Monti (2008)
"Energy Efficient Buildings by Energy Efficient Lighting: the Role of New Systems and Materials"
COBEE, The First Int. Conf. on Building Energy and Environment, Dalian (China), July 13-16, 2008.
6. F. Gugliermetti, F. Bisegna, S. Ferri (2009)
"Sustainable lighting design by hybrid solutions in industrial places"
CIE Midterm Light and Lighting Conference, Budapest, Ungheria, May 27-29, 2009
7. Truus de Bruin-Hordijk and Fabio Bisegna (2009)
"Lighting in classrooms european case studies"
Experiencing Light 2009 Conference, Eindhoven, Olanda, October 26-27, 2009
8. F. Gugliermetti, F. Bisegna, L. Monti (2009)
"Integrated and cooperative systems to support natural lighting in non residential buildings"
Lux Europa 2009, Istanbul, Turchia, September 9-11, 2009

1.3.4 Subtask C: Energy-efficient controls and integration

La Subtask C è orientata allo studio dei controlli e delle regolazioni che rendono possibile all'utilizzatore e a colui che si occupa della gestione del sistema di interagire con l'impianto di illuminazione, in funzione delle necessità e delle preferenze individuali, comunque rimanendo all'interno di condizioni di funzionamento soddisfacenti per l'edificio in termini di risparmio energetico. Questi controlli dovranno essere integrati con gli altri impianti dell'edificio (luce naturale, impianto di condizionamento, etc.). Interazioni e scambi di dati tra i vari componenti del sistema di regolazione e controllo (come sensori, attuatori ed elementi elettronici di regolazione) sono gli aspetti chiave delle strategie di controllo. Le attività della subtask C si dividono in:

- C.1. Definitions and overview
- C.2. Data acquisition on controls
- C.3. New technologies for controls
- C.4. Case studies
- C.5. Information transfer
- C.6. Source book

ENEA e Università di Roma non hanno partecipato a questo sub task, se non attraverso la presentazione di casi studio (scuole), e attraverso un numero di inchieste fatte su operatori del settore (esperti, progettisti illuminotecnici, ingegneri, architetti, produttori).

1.3.5 Subtask D: Documentation and dissemination

L'ambito di lavoro del subtask D è relativo al miglioramento delle attuali tendenze progettuali illuminotecniche, in modo da accelerare la diffusione e l'uso di prodotti energeticamente efficienti, da incrementare le prestazioni energetiche globali degli edifici, e di aumentare la soddisfazione degli occupanti dal punto di vista del comfort visivo e ambientale. Scopo del subtask è stato quindi quello di raccogliere, rendere omogenei e diffondere i risultati di ricerca degli altri subtask, e di individuare gli strumenti per influenzare le politiche energetiche e le normative vigenti, per promuovere l'impiego dell'illuminazione artificiale energeticamente efficiente.

I principali risultati attesi dall'Annex sono la realizzazione di una "Guida alla Progettazione", delle Newsletter semestrali, di seminari, e la pubblicazione di un sito web (<http://lightinglab.fi/IEAAnnex45>).

Il gruppo italiano ha partecipato alla diffusione delle informazioni attraverso le pubblicazioni precedentemente elencate, e attraverso l'organizzazione di un IEA expert meeting, ospitato dall'ENEA e dal Dip.to di Fisica Tecnica tramite la I Facoltà di Architettura "L. Quaroni" dell'Università SAPIENZA di Roma. In occasione dell'expert meeting, si è anche organizzato e svolto un Workshop Internazionale dal titolo "VISUAL QUALITY AND ENERGY EFFICIENCY IN INDOOR LIGHTING: TODAY FOR TOMORROW". (Pubbl. N. 5)

1.4 Annex 46 - Holistic Assessment Toolkit on Energy Efficient Retrofit Measures for Government Buildings

In tutto il mondo gli edifici governativi sembrano essere tra le tipologie caratterizzate dai maggiori consumi e per cui i progetti di recupero e ristrutturazione comprendono meno di frequente misure destinate a migliorarne le prestazioni energetiche.

Per coloro che gestiscono questa categoria di edifici gli interventi di recupero sono principalmente finalizzati a risolvere problemi legati alla funzionalità e al benessere dell'utenza, e solo in un secondo momento all'efficienza energetica. La loro generale carenza di cultura e informazione in campo energetico è il motivo principale dello scorso ricorso a misure per il risparmio energetico, e li porta a ritenere che questo tipo di interventi manchi di efficacia per quanto riguarda gli scopi primari del recupero e sia caratterizzato da tempi di ritorno economico troppo prolungati.

Per migliorare questa situazione, si è ritenuto necessario produrre linee guida e strumenti che permettano agli attori coinvolti nella gestione degli edifici governativi di superare le loro riserve e di avere un riferimento solido per programmare qualsiasi intervento.

In quest'ottica rientra l'Annex 46, istituito dall'International Energy Agency, che si propone di produrre questo riferimento, attraverso la raccolta di informazioni ed esempi internazionali, e di superare in questo modo il divario culturale tra ricercatori e operatori del settore. Maggiori informazioni sono reperibili in [3].

Gli ambiti coperti dall'annex riguardano tutte le fasi di un progetto di retrofit energetico:

- A. il monitoraggio e la raccolta dei dati di consumo energetico precedentemente al recupero, al fine di individuare le inefficienze e gli sprechi più rilevanti per destinarvi gli interventi;
- B. la scelta degli interventi da prevedere, tra tutti quelli disponibili;
- C. la scelta di una soluzione contrattuale per la fornitura dell'energia e la gestione degli investimenti economici.

Per questa ragione sono stati istituiti quattro sotto-gruppi di lavoro, da destinare agli ambiti precedentemente descritti:

- subtask A, destinato alla definizione di una metodologia per il monitoraggio dei consumi energetici e la raccolta dei dati sulle caratteristiche degli edifici oggetto del progetto;
- subtask B, destinato alla creazione di una banca dati relativa alle possibilità di intervento per il risparmio energetico, che contenga tutte le informazioni necessarie alla loro applicazione;
- subtask C, destinato alla creazione di una guida per la definizione di contratti di fornitura dell'energia in grado di favorire l'attuazione di progetti per il risparmio energetico;
- subtask D, destinato allo sviluppo di uno strumento elettronico di semplice utilizzo che raccolga e organizzi i contributi degli altri gruppi, e che possa costituire l'unico riferimento necessario per la programmazione degli interventi di retrofit.

Una parte essenziale dell'attività dell'annex è svolta nell'ambito del subtask B, dedicato alla raccolta delle possibili misure di risparmio energetico, che possono risolversi in tecnologie, azioni o strategie. I contributi dati da questo sub task, come quelli pertinenti i sub task A e C, sono strettamente funzionali al perseguimento del prodotto finale (subtask D).

È stata definita una lista il più possibile esaustiva degli interventi di risparmio energetico, disponibili secondo due diverse distinzioni.

La prima riguarda le principali destinazioni d'uso degli edifici di tipo governativo presenti all'interno dei paesi che partecipano al progetto, definendo le categorie:

- residenze collettive;
- edifici ad uso uffici;
- edifici industriali.

La seconda si riferisce invece all'inefficienza o allo spreco energetico cui si rivolgono.

In seguito è stato sviluppato un modello di scheda descrittiva che contiene tutte le informazioni necessarie alla scelta tra i diversi interventi possibili e alla loro applicazione consapevole, tra cui:

1. breve descrizione dell'intervento;
2. principio di risparmio energetico;
3. potenzialità di risparmio energetico;
4. impatto sulla qualità dell'ambiente interno;
5. questioni ambientali;
6. costi correlati all'intervento;

7. lessons learned (esempi pratici, pro e contro).

Come esempio di misure studiate dal gruppo di lavoro vi sono quelle relative alla l'illuminazione artificiale, con riferimento specifico alla gestione del loro funzionamento.

In dettaglio le strategie analizzate sono:

1. task lighting, che prevede l'utilizzo di fonti luminose mirate per le diverse attività svolte all'interno degli ambienti;
2. sensori di luce diurna, che regolano l'accensione in base alla quantità di luce naturale;
3. sensori di occupazione, che rilevano la presenza di persone al fine di evitare che le luci siano accese quando non è necessario;
4. temporizzatore, che comanda l'accensione e lo spegnimento delle luci in base al profilo d'uso dell'ambiente.

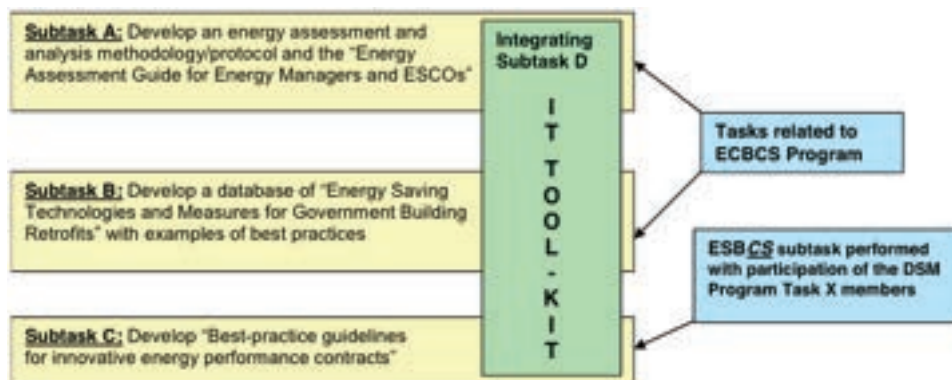


Fig. 14 - Struttura delle attività e dei gruppi di lavoro.

1.4.1 Esempio di scheda descrittiva: Controlli di Daylighting

Applicazione: Industriale, Istituzionale

Categoria: Illuminazione

Questo tipo di controllo per l'illuminazione artificiale è composto da sensori, che rilevano la quantità di luce naturale che penetra attraverso le finestre o il livello di illuminamento globale nella stanza, così da azionare automaticamente le lampade solo in caso di carenza di luce naturale.

Descrizione:

I controlli di daylighting sono basati su fotocelle che misurano il livello di illuminazione in un ambiente e inviano le informazioni rilevate direttamente agli interruttori o ai dimmer che controllano il funzionamento delle luci elettriche. L'obiettivo è quello di garantire alla stanza il corretto livello di illuminazione, ottenuto tramite una combinazione della luce naturale con quella artificiale, e a questo scopo è necessario scegliere correttamente i setpoint da usare in queste tipologie di installazione.

La scelta dello specifico sistema da installare dipende da diverse caratteristiche.

Innanzitutto, è necessario decidere se utilizzare una tecnologia a loop aperto o chiuso, che consistono in diverse tipologie di controlli.

All'interno di un loop aperto i fotosensori devono rilevare la sola luce naturale, senza leggere la presenza di quella elettrica: a questo scopo essi dovrebbero essere rivolti direttamente verso le fonti di luce naturale, evitando di ricevere quella emessa dalle lampade interne. Solitamente questi sensori sono localizzati nelle zone delle finestre e dei lucernari, e sono semplici da impostare sulla base dell'illuminazione richiesta

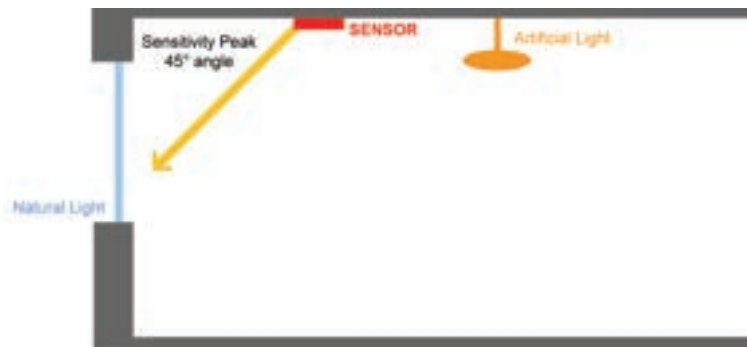


Fig. 15 - Esempio di installazione di un sistema di controllo di daylighting a loop aperto.

I sistemi a loop chiuso rilevano invece il livello globale di luce presente nell'ambiente, indipendentemente dalla fonte naturale o artificiale, e vengono quindi localizzati in punti che siano rappresentativi dell'intero ambiente e che non ricevono luce in modo diretto. Comunemente questo tipo di controllo è installato in combinazione con interruttori dimmer e possono avere un setpoint variabile.



Fig. 16 - Esempio di installazione di un sistema di controllo di daylighting a loop chiuso.

Successivamente è necessario decidere il tipo di distribuzione dei controlli. Il progettista può decidere se installare un controllo singolo, collegato ad una zona regolata da un unico interruttore, o un sistema multi-canale collegato ad una zona con controlli multipli. In termini generali, il primo caso è più adatto a locali piccoli caratterizzati da un ingresso pressoché uniforme della luce naturale: questo impianto è più semplice da installare e solitamente più economico. Nel caso di ambienti di ampie dimensioni, caratterizzati da un ingresso disuniforme della luce naturale a seconda della zona e delle ore del giorno, l'opzione multizona può invece consentire maggiori opzioni di azione sul livello di illuminazione e un suo migliore controllo.

Concept:

I controlli di illuminazione sono strumenti che consentono di accendere e spegnere le luci elettriche, o addirittura di cambiare i livelli di illuminazione, e possono essere ad azione manuale o automatica. Essi sono solitamente manuali, ma il loro utilizzo da parte degli occupanti può comportare sprechi energetici dovuti all'accensione delle luci anche quando non necessarie, e per questa ragione un gran numero di controlli automatici è stato sviluppato.

I sensori di daylighting sono strumenti in grado di misurare il livello di illuminazione in un ambiente, così da regolare l'attivazione delle luci elettriche sulla base della quantità di luce naturale presente. Lo scopo è evitare gli sprechi energetici dovuti all'uso delle luci elettriche quando il livello di illuminazione necessario per le attività previste all'interno del locale sono già raggiunti dalla sola illuminazione naturale, evitando sprechi di energia.

Le diverse tecnologie disponibili per questo tipo di strumenti consentono di scegliere tra due diverse strategie, a seconda delle necessità specifiche e alle caratteristiche del locale.

È possibile utilizzare un segnale singolo che accenda o spenga le luci elettriche sulla base della quantità di luce naturale in ingresso dall'esterno (sistema a loop aperto).

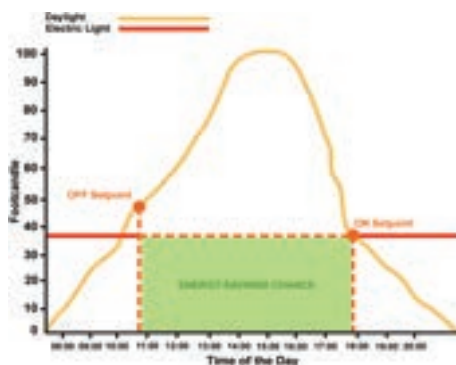


Fig. 17 - Schema di funzionamento di un sistema di controllo di daylighting del tipo on/off

Nel caso di ambienti più grandi, con necessità particolari di distribuzione dell'illuminazione, è anche possibile utilizzare un sistema complesso in grado di valutare se la quantità di luce (sia naturale che artificiale) all'interno di una zona specifica del locale sia sufficiente per le attività previste e di regolare di conseguenza le lampade installate (sistema a loop chiuso), anche attraverso dimmer. In questi casi è possibile avere un sistema di controllo multi-canale, per cui le lampade sono suddivise in gruppi regolati da sensori diversi localizzati in ogni parte della stanza.

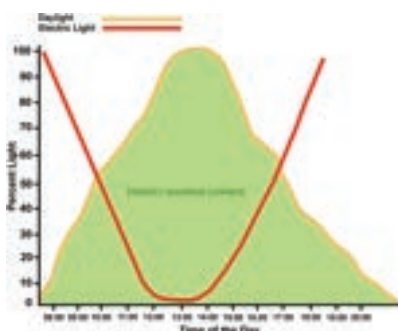


Fig. 18 - Schema di funzionamento di un sistema di controllo di daylighting con dimmer.

Potenziali Risparmi Energetici (qualitativi):

La luce naturale è uno strumento potente per evitare lo spreco di energia, e i controlli di daylighting sono in grado di massimizzare i risparmi connessi allo sfruttamento della luce naturale che entra all'interno del locale confinato.

I vantaggi di questi strumenti rispetto all'accensione manuale delle luci da parte degli utenti consistono essenzialmente nella capacità dei sensori di valutare correttamente i livelli di illuminazione e di regolare (nel caso del loop chiuso) le lampade per avere sempre l'esatta quantità di luce necessaria.

Questo tipo di controllo può essere molto utile anche per gli ambienti in cui l'attivazione manuale delle luci in relazione all'ingresso della luce naturale non è semplice, come ad esempio per i grandi ingressi degli edifici pubblici.

Potenziali Risparmi Energetici (quantitativi):

La possibile quantità di energia risparmiata è molto differente a seconda che si tratti di sensori connessi ad un loop aperto o ad un loop chiuso. I sensori collegati ad un loop chiuso possono consentire maggiori risparmi oltre che una maggiore qualità dell'illuminazione, in particolare per quanto riguarda grandi spazi con destinazioni d'uso specifiche.

I valori di risparmio sono stati raccolti attraverso l'analisi delle principali pubblicazioni internazionali che riportassero risultati di misure sul campo o simulazioni.

Come valori generali, sono stati individuati valori di riduzione dei consumi tra il 30% e il 19%, sintetizzati in un valore del 24% per quanto riguarda i controlli dimmer, e del 20% per quanto riguarda quelli on/off.

Assunzioni per i Risparmi Energetici e il Calcolo dei Tempi di Rientro dell'Investimento:

Il consumo di energia per l'illuminazione artificiale è stato individuato incrociando i dati dei valori di consumo energetico specifico con quelli dei periodi giornalieri di occupazione, comunemente in relazione alle diverse destinazioni d'uso degli edifici.

I risultati di risparmio energetico e dei tempi di rientro dell'investimento derivano da un'analisi condotta sugli edifici del Politecnico di Milano nel 2007: il progetto si è occupato di 27 edifici diversi costruiti tra il 1927 e il 1999, per un numero complessivo di 3,693 locali tra uffici, aule di diverse dimensioni, aree comuni e locali tecnici.

Grazie all'ampiezza dello studio, i valori sintetici risultanti possono essere utilizzati in riferimento ad un ampio spettro di tecnologie costruttive, morfologie e sistemi impiantistici. Questo è il motivo per cui il risparmio è stato espresso in percentuale piuttosto che come valore di energia annuo.

I costi per la tecnologia sono stati dedotti dalla stima fornita da un produttore e sono stati applicati all'intero spettro di locali esistenti, consentendo di individuare un valore generale per metro quadro di superfici e di pavimento, calcolato considerando sia un'eventuale installazione ex-novo sia l'integrazione dell'installazione all'interno del programma di manutenzione ordinaria.

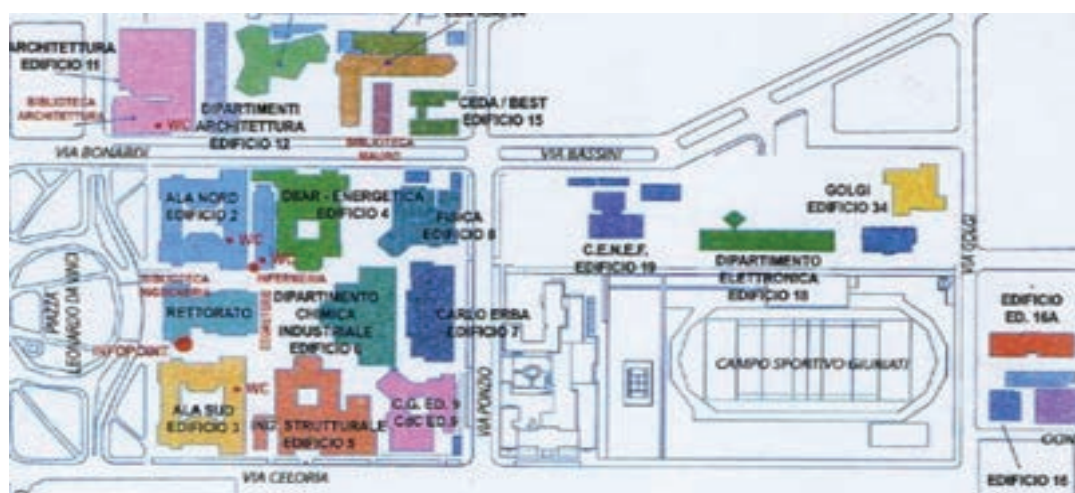


Fig. 19 - Planimetria degli edifici del Politecnico di Milano considerati.

L'installazione dei sensori di daylighting ex-novo è stata stimata per 39.10 €/m² negli uffici, 28.60 €/m² nelle aule e 18.80 €/m² nelle aree comuni. Considerando l'integrazione dell'installazione all'interno del programma di manutenzione ordinaria, i prezzi variano a 33.40 €/m² negli uffici, 26.60 €/m² nelle aule e 13.20 €/m² nelle aree comuni.

Il calcolo dei tempi di ritorno dell'investimento è stato svolto attraverso il metodo del tempo di ritorno semplice, attraverso il valore di risparmio medio e il costo dell'energia elettrica nel mercato italiano del 2007.

Tipo di locale	On/off – tempo di rientro [anni]	
	ex-novo	manutenzione
Ufficio	29.0	24.0
Aula/Locale conferenza	27.5	26.0
Area comune	15.0	10.5

Tipo di locale	Dimmer – tempo di rientro [anni]	
	ex-novo	manutenzione
Ufficio	21.5	17.5
Aula/Locale conferenza	34.0	31.5
Area comune	18.0	13.0

Livello di Maturità:

I controlli automatici per la regolazione delle luci artificiali sono apparsi durante gli anni '70, e sono stati sviluppati da allora. I controlli di daylighting hanno iniziato ad assumere importanza dall'inizio degli anni '90, grazie allo sviluppo di fotocelle di piccole dimensioni e peso ridotto.

Riferimenti Bibliografici:

[1] ASHRAE, *Advanced energy design guide for small office buildings*, 2004.

[2] S. Ferrari, M. Bonomi, P. Caputo, B. Lachal, *Energy conservation by control systems: a diagnosis in Politecnico di Milano University Campus*, CLIMAMED 2007.

1.4.2 Esempi di interventi di retrofit

Particolare attenzione è stata posta alla quantificazione dei possibili risparmi energetici connessi all'implementazione delle diverse soluzioni. Questi sono stati in parte desunti da dati presenti nella letteratura scientifica e in parte calcolati attraverso una serie di simulazioni energetiche.

Le simulazioni sono state effettuate mettendo a confronto un edificio di riferimento, che costituisce lo stato di fatto medio rappresentativo delle tipologie edilizie dei diversi paesi, e lo stesso edificio a posteriori dell'applicazione della strategia di risparmio energetico.

La definizione degli edifici tipo è avvenuta sulla base di diversi parametri.

1. La localizzazione geografica, così da poter individuare una relazione tra l'efficacia dei diversi interventi e le caratteristiche climatiche in cui è situato l'edificio. Per il caso italiano, sulla base dei gradi-giorno di riscaldamento invernale, abbiamo individuato quattro città rappresentative del territorio nazionale (Milano, Roma, Napoli e Palermo) di cui sono stati assunti i file climatici da utilizzare per le simulazioni.
2. Le caratteristiche costruttive e impiantistiche, che servono a definire la base di partenza più probabile per la programmazione di un intervento di recupero. Per il caso italiano abbiamo individuato tre tipologie appartenenti a diversi periodi storici: ante guerra, dalla ricostruzione al 1976 (legge 373), dal 1976 al 1993 (Dpr 412).

È stata prevista, inoltre, la definizione di alcuni casi studio reali che possano esemplificare l'implementazione degli interventi all'interno di progetto di recupero eseguiti, così da farne un esempio di buone pratiche ed errori da evitare.

La descrizione dei casi studio comprende informazioni di vario tipo, che, compatibilmente con quelle indicate all'interno delle schede delle misure di risparmio energetico, riguardano:

- le condizioni dell'edificio precedentemente all'intervento di retrofit;
- i principi generali ispiratori del progetto di retrofit;
- le tecnologie impiegate;
- i risparmi energetici ottenuti o previsti;
- la valutazione dell'utenza sui risultati dell'intervento;
- costi dell'intervento;
- note e consigli.

Per il caso italiano sono stati selezionati e descritti tre progetti:

1. un impianto di teleriscaldamento per un quartiere di edilizia popolare (che comprende sia edifici residenziali che ad uso uffici) a Torino;
2. il recupero di un edificio storico per costituire un centro giovanile a Napoli;
3. la trasformazione di un ufficio postale in una sede della Provincia a Bolzano.

1.4.2.1 Esempio di caso studio: Sede dell'Agenzia Provinciale dell'Ambiente (ex-Post)

1.4.2.1.1 Dati Generali



Vista dell'edificio dopo l'intervento.

Indirizzo	via Renon 4, 39100 Bolzano
Anno di costruzione	1954
Anno del progetto di retrofit	2000/2006
Area di pavimento totale	dopo il retrofit: 3,500 m ²
Numero di occupanti	110

1.4.2.1.2 Riepilogo del Progetto

Il progetto si occupa della riorganizzazione architettonica e del retrofit energetico dell'edificio, che in precedenza ospitava un ufficio postale della città di Bolzano, così da permettere che possa ospitare nuovi uffici amministrativi della Provincia.

Lo scopo era di costruire il primo edificio pubblico in Italia che rispetti le indicazioni Passivhaus, con un fabbisogno energetico annuo di 12 kWh/m².

1.4.2.1.3 Elementi del Progetto di Retrofit

Allo scopo di ottenere l'obiettivo di ottenere una passivhaus, il progetto comprende interventi sia sull'involucro dell'edificio sia sugli impianti di climatizzazione.

Riguardo l'involucro, è stato predisposto un aumento dell'isolamento, uno studio dell'ingresso della luce naturale dalle finestre e l'uso di vegetazione in copertura. L'impianto di climatizzazione consiste in un sistema principale di ventilazione con recupero di calore, connesso ad un gruppo di rigenerazione integrato con un impianto frigorifero. Un sistema di produzione elettrico fotovoltaico è stato installato come elemento di facciata.

I lavori sono terminati nel 2006.

1.4.2.1.4 Localizzazione, Tipologia

Localizzazione

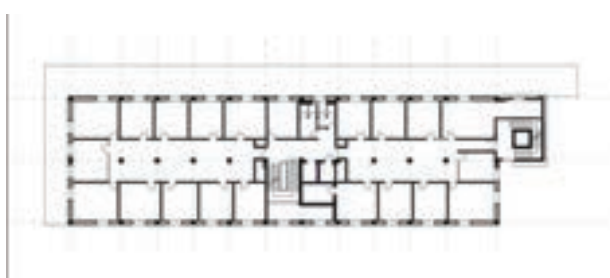


L'edificio è localizzato all'interno della città di Bolzano, di fianco alla stazione ferroviaria centrale. Bolzano è una città localizzata nella parte settentrionale d'Italia, vicino al confine con l'Austria e completamente circondata da rilievi montuosi.

Latitudine	46°29' N
Longitudine	11°20' E
Altitudine	262 m
Temperatura media annua	12.6°C
Temperatura media invernale	7.0°C
Descrizione del clima	2791 HDD

Tipologia / Età

L'edificio è destinato ad ospitare uffici ed è caratterizzato da una forma compatta e una distribuzione regolare delle aperture in facciata. In origine era caratterizzato da tre piani fuori terra, ma una ristrutturazione del 1975 aveva aggiunto un ulteriore piano in copertura.



Pianta di un piano tipo dell'edificio dopo l'intervento.



Facciata Nord-Est dell'edificio dopo l'intervento.

1.4.2.1.5 Prima dell'Intervento

Caratteristiche Costruttive

L'edificio fu costruito nel 1954, con tre piani fuori terra ed un piano interrato. Al piano terra c'era un corto aggetto a coprire la banchina della stazione. Su un lato è localizzata una torre separata che contiene le scale d'emergenza e gli ascensori.

L'edificio è caratterizzato da una tipica struttura puntuale in cemento armato, che caratterizza fortemente il suo aspetto, mentre l'involucro era costituito da pareti in laterizio prive di un particolare isolamento. Le finestre erano distribuite regolarmente sulle facciate, ed avevano le dimensioni minime consentite.

Nel 1975 è stata organizzata una ristrutturazione parziale dell'edificio, che ha aggiunto un quarto piano più piccolo con caratteristiche diverse.



View of the building before retrofit

Impianti di Riscaldamento / Ventilazione / Raffrescameno e Illuminazione

L'impianto di riscaldamento era costituito da una caldaia a gas tradizione collegata a radiatori. Non era installato alcun impianto di condizionamento dell'aria o di raffrescamento.

Problemi / Danni

Il problema principale era costituito dal ponte termico determinato dal corto oggetto presente al piano terra, che era costituito esclusivamente da materiali metallici.

1.4.2.1.6 Concept dell'Intervento

Il progetto di retrofit include interventi sulla struttura dell'edificio, sulle sue tecnologie costruttive e sul sistema impiantistico.

Il quarto piano, aggiunto nel 1975, è stato demolito e sostituito con due nuovi piani con la stessa forma, dimensione e struttura dei tre piani originali.

Caratteristiche Costruttive

Le prestazioni termiche delle pareti sono state migliorate attraverso l'aggiunta di un isolamento a cappotto di 35 cm, così da raggiungere un valore globale di trasmittanza pari a $0.092 \text{ W/m}^2\text{K}$, e la superficie esterna è stata dipinta in bianco per evitare il surriscaldamento estivo.



Sezione e foto che illustrano l'isolamento aggiunto alle pareti originali dal progetto di retrofit.

Le finestre sono state sostituite da alter più alte, in grado di arrivare fino al solaio superiore, e sono caratterizzate da vetri tripli in grado di raggiungere una trasmittanza media pari a $0.85 \text{ W/m}^2\text{K}$. Le aperture corrispondenti sono state fornite da lati inclinati, costituiti da elementi prefabbricati in EPS (un materiale isolante) e volti a garantire l'ingresso di luce naturale e una diversa vista dell'esterno da ogni locale. I ponti termici prodotti dai lati inclinati sono stati studiati per evitare una diminuzione consistente delle prestazioni termiche dell'edificio.



Schemi che illustrano l'efficacia dei lati inclinati delle finestre.

Un tetto verde è stato previsto, così da garantire un alto livello di isolamento e da evitare il surriscaldamento estivo.

Sull'intera superficie d'involucro della torre laterale, dopo la sostituzione delle finestre, è stata montata una rete metallica per favorire l'installazione dei pannelli solari fotovoltaici.

Tutte le pareti di partizione interna sono state demolite per creare stanze d'ufficio ad hoc. Le nuove pareti sono costituite da strutture in laterizio forato alte solo 2.50 m, sormontate da elementi vetrati fissi, che possono sia consentire un adeguato isolamento acustico sia permettere alla luce naturale di penetrare fino al corridoio centrale, evitando sprechi energetici legato all'illuminazione artificiale.

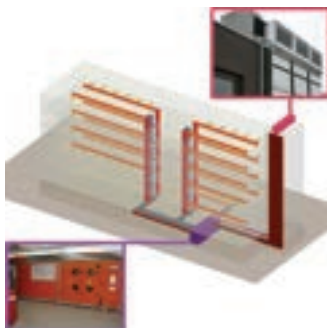


View of the interior of the building after retrofit.

Impianti di Riscaldamento / Ventilazione / Raffrescamento e Illuminazione

L'intero edificio è climatizzato attraverso un sistema di condizionamento dell'aria con recupero di calore rigenerativo.

Grazie al fatto che i fabbisogni di riscaldamento e raffrescamento sono stati minimizzati attraverso le caratteristiche architettoniche e costruttive, entrambi gli impianti di riscaldamento e raffrescamento sono integrati all'interno del sistema di condizionamento dell'aria. L'impianto di produzione del calore è costituito da una caldaia a condensazione con una potenza massima di 60 kW.



Schema che illustra l'impianto di condizionamento dell'aria.

Sulle facciate della torre laterale sono stati installati 212 m² di celle fotovoltaiche in silicone policristallino, divise sui tre lati (Est, Sud e Ovest), con una potenza di progetto totale pari a 26.73 kWp.

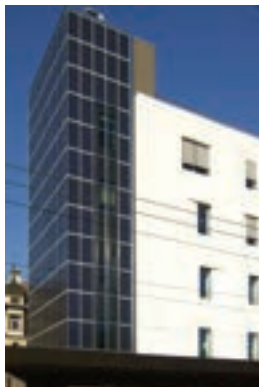
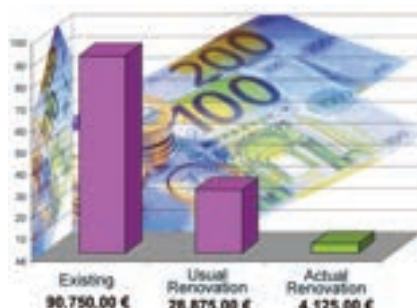


Foto delle celle fotovoltaiche installate sulla torre.

1.4.2.1.7 Risparmi Energetici

I risparmi energetici sono dovuti sia alla diminuzione dei fabbisogni di climatizzazione sia alla diminuzione nell'uso dell'illuminazione artificiale, grazie alle modifiche costruttive. I risparmi totali sono stati calcolati attorno al 90%.

L'energia finale per il riscaldamento, che è l'unica considerata dal sistema di certificazione italiano, è stata calcolata a 12 kWh/m²y.



Confronto tra i costi di riscaldamento legati alle diverse versioni possibili dell'edificio.

1.4.2.1.8 Costo dell'intervento

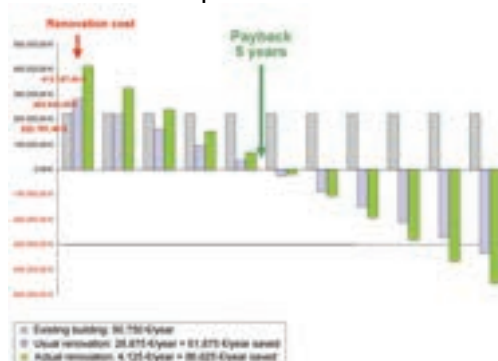
Il costo totale dell'intervento è stato di 7,600,000 €.

Le sole azioni rivolte alle facciate hanno avuto un costo di 413,187 €, divise in:

- 161,392 € per le finestre nuove;
- 144,294 € per l'isolamento;
- 107,501 € per le nuove parti di facciata.

I possibili risparmi energetici connessi alla riduzione nel consumo di gas sono stati calcolati come segue:

- consumo annuo di gas precedente all'intervento: 90,750 €;
- consumo annuo di gas relativo all'edificio ristrutturato convenzionalmente: 28,875 €;
- consumo annuo di gas dell'edificio dopo l'intervento di retrofit: 4,125 €.



Confronto dei costi totali relative alle diverse versioni possibili dell'edificio.

Grazie a questo calcolo, il tempo di rientro dell'investimento è stato calcolato pari a 5 anni.

Il costo di installazione dei moduli fotovoltaici è stato pari a 320,000 €.

1.4.2.1.9 Informazioni aggiuntive

Costruttore	Zimmerhofer GmbH
Architetto	Michael Tribus Architecture
Ingegnere	Ivo Kofler
Impianto di condizionamento dell'aria	Schmidhammer GmbH
Impianto elettrico	Electro Obrist GmbH

Link

www.expost.it

1.5 Annex 48 - Heat pumping and reversible air conditioning

L'Annex intende indagare i motivi di una scarsa diffusione dei sistemi a pompa di calore, se non per l'impiego per condizionamento, normalmente nei paesi caldi. Lo scopo dell'Annex è promuovere le migliori tecniche di impiego delle pompe di calore, specialmente negli edifici commerciali. In particolare l'intento è studiare l'integrazione di questi sistemi con l'impianto di condizionamento nel suo complesso.

L'Annex è strutturata nelle seguenti Subtask:

Subtask 1: Analisi del fabbisogno di riscaldamento e raffreddamento degli edifici e della prestazione dei componenti d'impianto (Task leader: Francia)

- Classificazione delle diverse tipologie di edifici
- Caratterizzazione dei sistemi di condizionamento dell'aria
- Uso di modelli di simulazione per identificare le migliori potenzialità di impiego delle pompe di calore

Subtask 2: Progettazione (Task leader: Germania)

- Elaborazione di regole per il progetto preliminare
- Definizione di criteri di valutazione
- Metodologie di progettazione di dettaglio (incluso il retrofit di impianti esistenti)

Subtask 3: Valutazione delle prestazioni complessive e metodi di commissioning (Task leader: Canada)

- Sviluppo di metodi di valutazione di impianti a pompa di calore
- Verifiche dei metodi con dati reali e simulati
- Sviluppo di strumenti "computer-based" per l'analisi del funzionamento di sistemi a pompa di calore

Subtask 4: Casi di studio e progetti dimostrativi (Task leader: Italia)

- Documentazione di casi studio rappresentativi
- Utilizzazione dei casi studio per testare metodi e strumenti sviluppati nel progetto
- Conversione dei casi studio di maggiore successo in progetti dimostrativi.

Subtask 5: Disseminazione (Task leader: Francia)

1. Sito Web
2. Pubblicazioni
3. Workshop, seminari e conferenze

La mancata conferma dell'adesione del Canada ha portato ad un parziale ridimensionamento delle attività previste per il Subtask 3, che sono state accorpate a quelle del Subtask 4, con Task Leader l'Italia.

Questo è un documento di sintesi dei risultati ottenuti dall'Annex. Maggiori dettagli sugli argomenti trattati, tra i quali tre casi studio su:

1. Impianto a pompa di calore reversibile acqua-acqua per un piccolo edificio utilizzato come spazio espositivo e sala convegni
2. Impianto a pompa di calore reversibile aria-aria a portata variabile di refrigerante per un edificio storico adibito ad ufficio
3. Impianto a pompa di calore con sonda geotermica e accumulo a cambiamento di fase per un nuovo edificio terziario/industriale

sono riportati in [4].

1.5.1 Strumentazione e metodi per le analisi sperimentali

1.5.1.1 Strumentazione e metodi per il rilevamento sperimentale delle prestazioni dei sistemi a pompa di calore

Per rilevare le prestazioni dei sistemi a pompa di calore, necessario misurare alcuni parametri in regime di funzionamento normale. La finalità delle misure, calcolare il coefficiente di prestazione, COP secondo l'equazione:

$$COP = \frac{P_{termica}}{P_{elettrica}}$$

E' possibile misurare le prestazioni del sistema secondo due principali metodologie:

- metodo "esterno"
- metodo "interno"

Il metodo esterno prevede la determinazione della potenza termica utile fornita al circuito secondario, attraverso la misura del flusso termico.

Il metodo presenta un problema sistemico, intrinseco al metodo stesso, legato alla misura della Potenza termica fornita.

Il calcolo della potenza termica prevede una misura molto precisa del ΔT , in quanto un errore anche piccolo su tale misura si ripercuoterebbe per intero sul calcolo della potenza termica (e quindi del COP). Tale valore, solitamente contenuto, pari a 4-6 °, nei casi reali. La misura delle temperature viene normalmente effettuata tramite sonde a contatto (termo-resistenze), poste in appositi "pozzetti" lungo la tubazione. Tali sonde, a causa degli scambi termici liquido-tubazione-corpo sonda, difficilmente assicurano precisioni superiori a 0,5°C, con errori normalmente pari a 1°C.

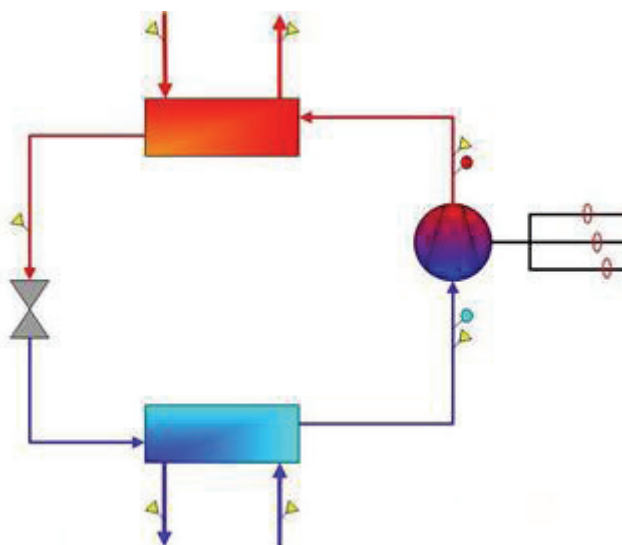


Fig. 20 - Rappresentazione schematica di un circuito a pompa di calore con i punti di misura

Da ciò risulta che la sensitività del calcolo della potenza termica agli errori di misura della temperatura del fluido è molto elevata: un errore nella valutazione della temperatura di 0,5°C si traduce in un errore del 10% sulla stima della potenza termica.

La misura delle prestazioni delle pompe di calore risulta quindi più semplice tecnicamente, nonché intrinsecamente più accurata, se fatta attraverso la misura dei parametri interni al sistema. I parametri interni da misurare sono quelli necessari a definire in maniera completa il ciclo termodinamico che la macchina compie, oltre alla misura della potenza elettrica assorbita. Tali parametri sono indicati in Fig. 20, per una macchina con singolo compressore e singolo circuito.

Le sonde contrassegnate in giallo rappresentano punti di misura della temperatura, mentre quelle rotonde rappresentano le sonde di pressione, a monte e a valle del compressore. In questo caso il COP può essere calcolato come:

$$COP = \frac{H_{IN-COMP} - H_{OUT-COND}}{H_{OUT-COMP} - H_{IN-COMP}} \cdot \eta_{T-COMP} \cdot \eta_{E-COMP}$$

Dove:

$H_{IN-COMP}$ = Entalpia del fluido frigorifero all'ingresso del compressore

$H_{OUT-COMP}$ = Entalpia del fluido frigorifero all'uscita dal compressore

$H_{OUT-COND}$ = Entalpia del fluido frigorifero all'uscita dal condensatore

η_{T-COMP} = Efficienza termica del compressore

η_{E-COMP} = Efficienza elettrica del compressore

Le entalpie del fluido frigorifero vengono calcolate per i diversi fluidi frigoriferi, a partire dai valori di temperatura e pressione nei punti corrispondenti del circuito. Le efficienze termica ed elettrica del compressore rappresentano una fonte di incertezza; ciononostante esse influiscono in maniera leggera sui risultati finali: tale metodo infatti è stato accreditato di una precisione del 5% sul calcolo del COP.

1.5.1.2 Strumentazione e metodi per il rilevamento dei consumi elettrici legati agli ausiliari e dei parametri ambientali

La maggior parte degli impianti di recente costruzione presenta dei contabilizzatori posizionati nei quadri elettrici principali (centrale termica, centrale frigo, sottocentrale UTA, etc...). In tal caso può essere sufficiente utilizzare i dati di consumo provenienti dal contatore del quadro, affiancando dei logger ad ogni utenza di interesse (pompe, ventilatori, bollitori, etc...) che ne registri lo stato (acceso/spento) (Fig. 21).

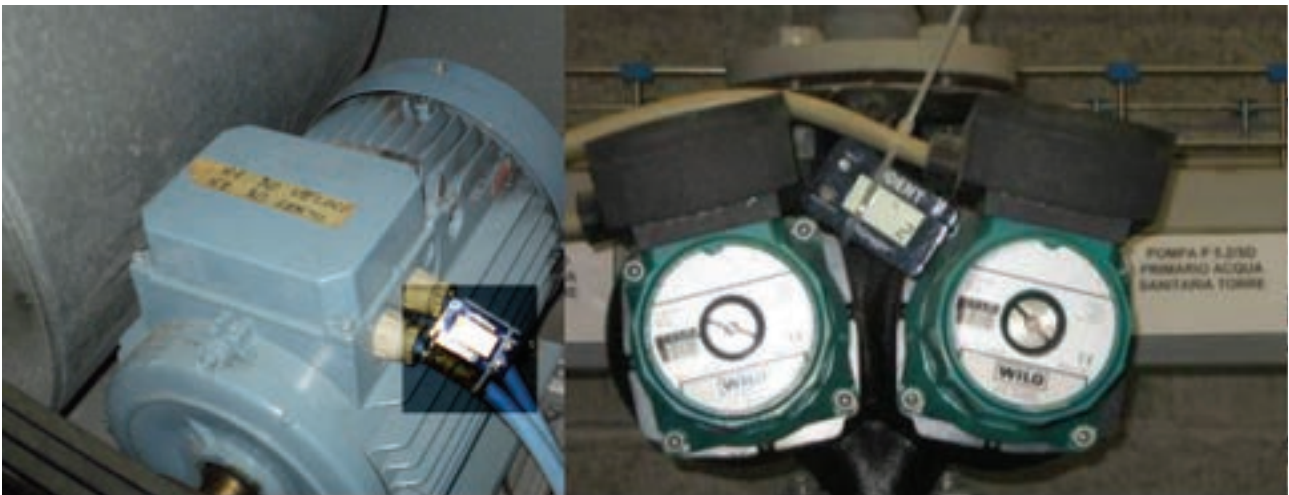


Fig. 21 - Tipiche installazioni di logger di stato. La foto di sinistra mostra un'installazione su un ventilatore di un UTA, a destra lo stesso strumento è stato applicato a delle pompe gemellari.

Laddove non siano presenti contatori di quadro, è opportuno installare dei contabilizzatori portatili che permettano la registrazione del consumo elettrico, su base oraria.

1.5.2 Impiego di pompe di calore per il recupero energetico sull'aria di ventilazione

I sistemi di recupero termico basati su pompe di calore che utilizzino come sorgente termica l'aria espulsa (EAHP), anche definiti recuperatori attivi o termodinamici, si stanno diffondendo con frequenza sempre maggiore, grazie soprattutto ai valori elevati di efficienza legati all'utilizzo di una sorgente termica a temperatura molto favorevole.

Le EAHP, ancora oggi, rimangono dei prodotti di nicchia all'interno nostro Paese, a causa di diverse motivazioni:

1. La grande diffusione della rete del gas naturale che comporta una facile installazione di generatori di calore a combustione, generalmente caratterizzati da un costo, per unità di potenza installata, inferiore rispetto ad una pompa di calore;
2. La tradizione costruttiva non ha previsto fino ad oggi la realizzazione di impianti di ventilazione meccanica nel settore del residenziale, rendendo così indisponibile la sorgente di calore per le EAHP;
3. Il costo elevato dell'energia elettrica in Italia rispetto ad altri Paesi Europei, non consente di avere notevoli margini di convenienza economica derivanti dall'installazione di una pompa di calore in luogo di un generatore a combustione.

1.5.2.1 Classificazione delle EAHP

Sono possibili almeno due classificazioni delle EAHP. Una prima classificazione delle pompe di calore è basata sull'identificazione della sorgente e del pozzo termico (ASHRAE, 2000). Nel caso specifico delle EAHP la sorgente di calore è definita (l'aria espulsa), mentre nel caso del pozzo termico si riscontrano invece due possibili diversi fluidi: aria o acqua. Quando si fa riferimento all'aria, il pozzo termico è costituito dall'aria esterna di rinnovo (Fig. 22). In un secondo caso invece il pozzo termico è costituito dall'acqua di un impianto idronico (Fig. 23). Una seconda classificazione, strettamente legata al pozzo termico, è basata sull'uso finale che la EAHP deve soddisfare:

1. Trattamento dell'aria di rinnovo (riscaldamento e/o raffreddamento con deumidificazione);
2. Climatizzazione degli ambienti, con produzione di acqua calda/refrigerata;
3. Produzione di acqua calda ad uso igienico-sanitario.

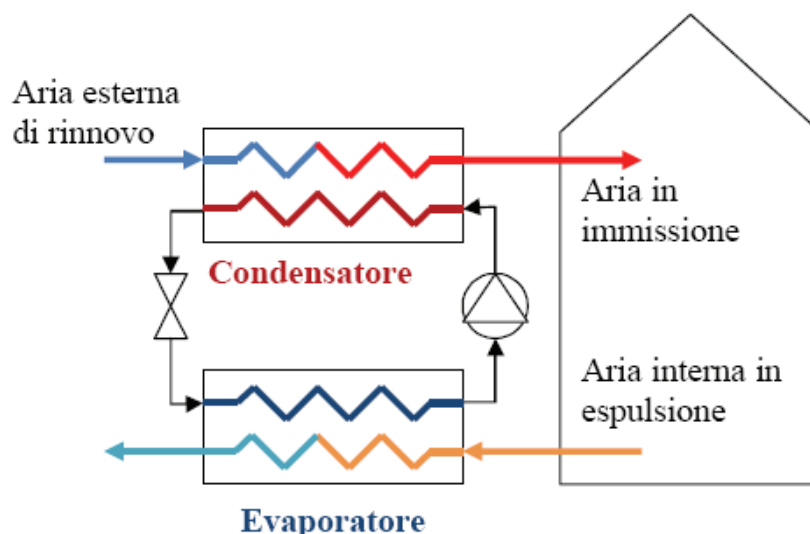


Fig. 22 - Schema di principio di una EAHP a tutt'aria esterna per il rinnovo d'aria in ambiente (funzionamento in riscaldamento)

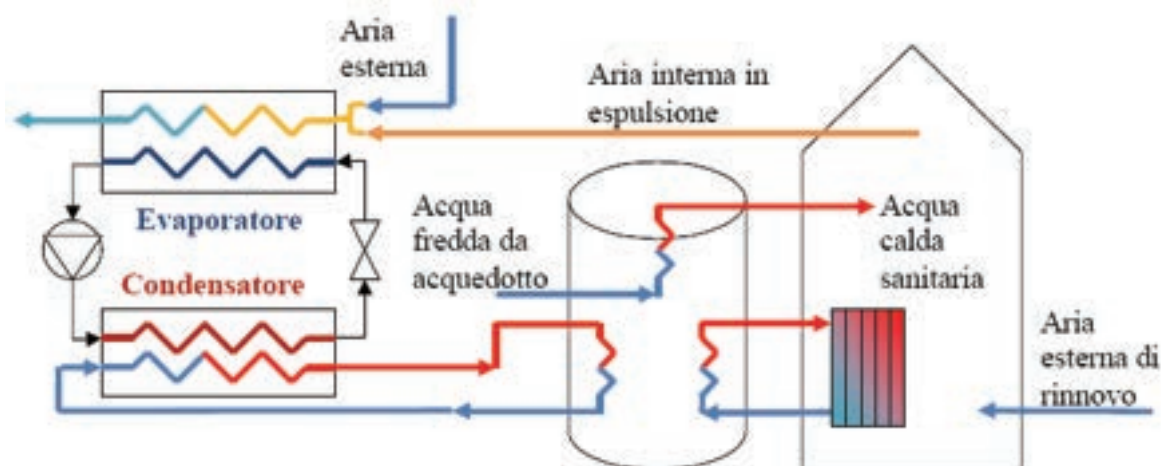


Fig. 23 - Schema di principio di una EAH aria-acqua per il riscaldamento ambientale e la produzione di acqua calda ad uso igienico sanitario

All'interno di Tabella 1 viene riassunta la proposta di classificazione delle EAH sulla base del pozzo termico e dell'uso finale. Si noti come nel caso di sistemi basati sul recuperatori passivi l'unico uso finale possibile sia il pre-trattamento dell'aria di rinnovo, conseguenza del fatto che, trattandosi di scambiatori, possono trasferire calore solo nel verso consentito dal secondo principio della termodinamica. Pertanto l'unico pozzo termico a temperatura inferiore a quella dell'aria ambiente è l'aria esterna di rinnovo. Il ricorso ad una EAH consente una maggiore varietà di usi finali, grazie al livello termico reso disponibile dalla macchina.

Tab. 3 - Classificazione dei sistemi di recupero termico sull'aria espulsa in funzione dell'uso finale e del pozzo termico

Sorgente termica	Uso finale	Pozzo termico
Aria interna in espulsione (eventuale miscela con aria esterna)	Trattamento dell'aria di rinnovo	Aria esterna in rinnovo
	Climatizzazione ambientale	Aria esterna in rinnovo (eventuale ricircolo di aria interna)
	Produzione di acqua calda sanitaria	Acqua

1.5.2.2 Analisi delle prestazioni energetiche a partire dai dati di catalogo del produttore

1.5.2.2.1 Funzionamento in riscaldamento

L'aria esterna di rinnovo (alla temperatura T_0) lambisce la batteria condensante (alla temperatura T_{COND}) e viene immessa in ambiente (alla temperatura T_s). Il condensatore è attraversato solo da aria esterna di rinnovo, non vi è aria interna di ricircolo. L'aria interna esausta (alla temperatura T_i) lambisce la batteria evaporante (alla temperatura T_{EVAP}) e viene espulsa all'esterno (alla temperatura T_E). L'evaporatore è attraversato solo da aria interna in espulsione. Il grafico di Figura Fig. 24 illustra la potenza termica resa dalla batteria condensante all'aria di rinnovo (ϕ_{COND}), la potenza termica resa all'ambiente (ϕ_s) e la potenza elettrica assorbita dal compressore (ϕ_{EL}), tutte riferite all'unità di portata d'aria di rinnovo trattata, in funzione della temperatura dell'aria esterna (T_0). La potenza termica resa dal condensatore, nel campo di temperature dell'aria esterna compreso tra 0°C e 15°C , è praticamente costante, mentre la potenza elettrica assorbita aumenta, debolmente, all'aumentare della temperatura dell'aria esterna. L'aria non viene immessa in condizioni neutre in ambiente ($T_s=T_i$), ma sempre ad una temperatura maggiore, in certi casi paragonabile alla temperatura di immissione di un impianto a tutt'aria. La EAH pertanto non sarà

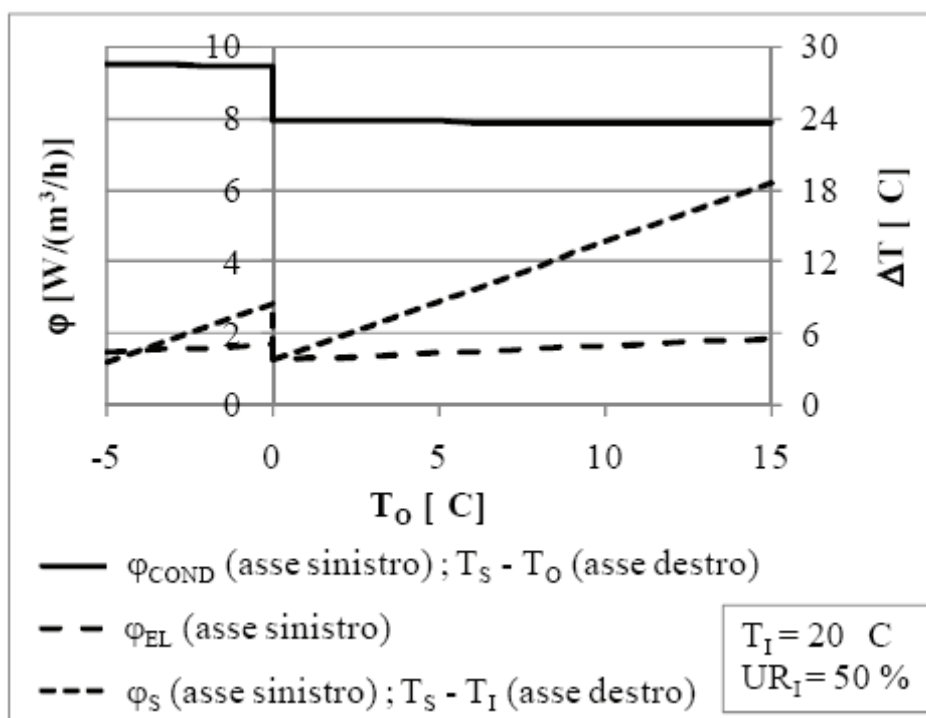


Fig. 24 - Potenza elettrica assorbita dal compressore (ϕ_{EL}), potenza termica resa all'ambiente (ϕ_s), potenza termica resa all'aria dalla batteria condensante (ϕ_{COND}) per unità di portata d'aria trattata in funzione della temperatura esterna. Differenza di temperatura tra l'aria immessa e l'aria interna ($\Delta T_{s,i}$), e tra l'aria in immissione e l'aria esterna ($\Delta T_{s,o}$) in funzione della temperatura dell'aria esterna

1.5.2.3 Funzionamento in raffrescamento

L'aria esterna di rinnovo (alla temperatura T_o) lambisce la batteria evaporante (alla temperatura T_{EVAP}) e viene immessa in ambiente (alla temperatura T_s). L'evaporatore è attraversato solo da aria esterna di rinnovo, non vi è aria interna di ricircolo. L'aria interna esausta (alla temperatura T_i) lambisce la batteria condensante (alla temperatura T_{COND}) e viene espulsa all'esterno (alla temperatura T_E). L'evaporatore è attraversato non solo da aria interna in espulsione, ma anche da aria esterna con una portata pari a circa la metà di quella dell'aria esausta. Tale accorgimento è stato motivato dalla necessità di disperdere una maggior potenza al condensatore e abbassare la temperatura di condensazione, anche se in talune condizioni ($T_o > T_i$) comporta un peggioramento del COP rispetto ad un utilizzo di sola aria interna.

Nel grafico di Fig. 25 si noti come il valore di potenza termica sensibile, sottratta all'aria di rinnovo per unità di portata trattata ($\phi_{EVAP,SENS}$), vari debolmente al variare della temperatura dell'aria esterna. Si ha così che la temperatura di immissione aumenta e conseguentemente la potenza sensibile sottratta all'ambiente ($\phi_{S,SENS}$) diminuisce all'aumentare della temperatura dell'aria esterna. Si crea in questo caso un disaccoppiamento di domanda ed offerta di energia simile a quello già osservato nell'analisi del funzionamento in riscaldamento.

La potenza frigorifera totale sottratta all'aria di rinnovo ($\phi_{EVAP,TOT}$) cresce all'aumentare della temperatura dell'aria esterna, e conseguentemente così avviene anche per la quota latente della potenza frigorifera. Questo però non è sufficiente a garantire un'immissione a titolo costante ma che, tende ad aumentare al crescere della temperatura dell'aria esterna.

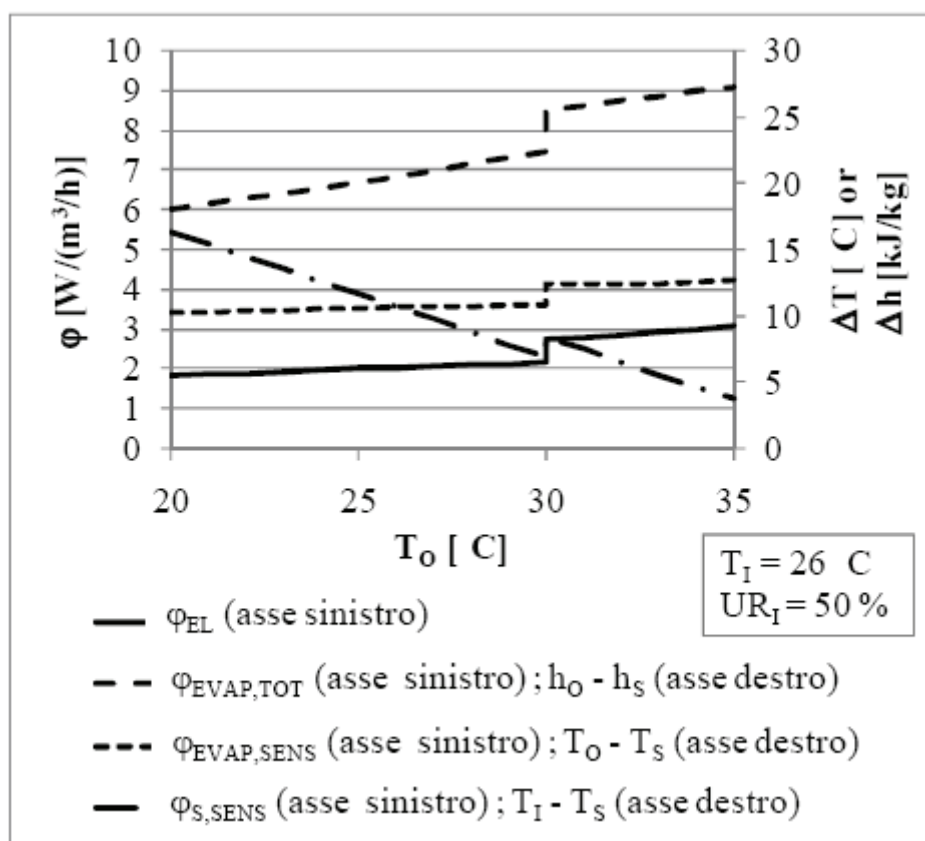


Fig. 25 - Potenza elettrica assorbita dal compressore (ϕ_{EL}), potenza termica sensibile sottratta all'ambiente dall'aria in immissione ($\phi_{S,SENS}$), potenza termica sottratta all'aria dalla batteria evaporante, nella quota totale ($\phi_{EVAP,TOT}$) e solamente sensibile ($\phi_{EVAP,SENS}$) per unità di portata d'aria trattata in funzione della temperatura esterna. Differenza di temperatura ($T_o - T_s$) e di entalpia ($h_o - h_s$) tra l'aria in immissione e l'aria esterna e differenza di temperatura tra l'aria interna e l'aria in immissione ($T_i - T_s$) in funzione della temperatura dell'aria esterna

1.5.2.4 Analisi delle prestazioni energetiche in campo

Si riportano di seguito i dati, frutto di un monitoraggio in campo della EAHP precedentemente descritta, installata a servizio di un edificio residenziale ristrutturato nel 2006 sito a Pordenone (2459 GG).

L'intervento ha avuto per oggetto anche la nuova installazione dell'impianto di climatizzazione e di produzione di acqua calda ad uso igienico sanitario con le caratteristiche di seguito riportate.

1. Sistema di ventilazione meccanica dotato di una EAHP i cui dati prestazionali sono stati precedentemente illustrati, in grado di garantire, con una portata di 490 m³/h, un ricambio poco inferiore ad 1 vol/h, e caratterizzato dalla presenza di una batteria di integrazione alimentata da acqua calda/refrigerata prodotta dall'impianto ausiliario;
2. Pompa di calore elettrica reversibile acqua/acqua che utilizza, come sorgente termica, acqua di pozzo e dotata di compressore scroll a portata variabile. Tale pompa di calore produce anche l'acqua calda sanitaria con un sistema ad accumulo;
3. Terminali ambiente costituiti da soffitti radianti a bassa inerzia, alimentati dalla pompa di calore acqua/acqua;
4. Sistema di regolazione e controllo interconnesso con ogni elemento del sistema.

Il grafico di Fig. 26 riporta il confronto tra i dati teorici ed i dati sperimentali relativi all'andamento della temperatura di immissione (T_s) della EAHP in funzione della temperatura dell'aria esterna (T_o).

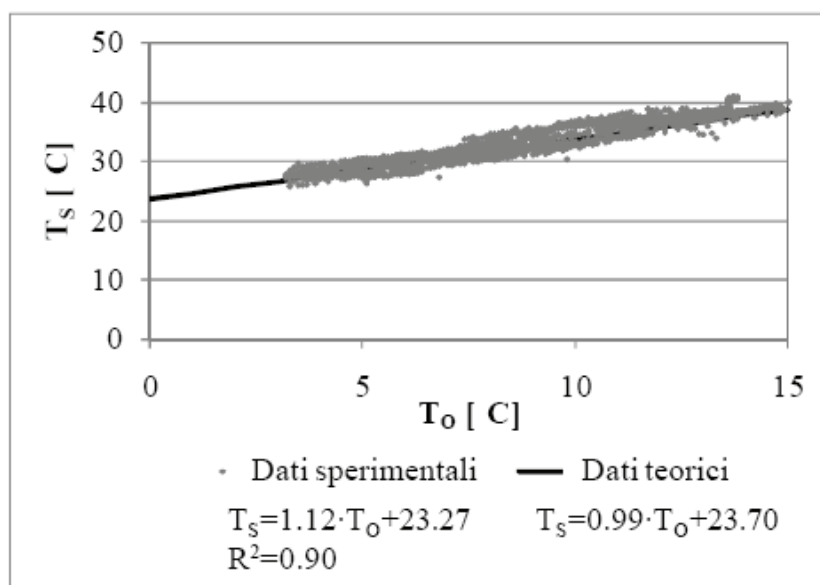


Fig. 26 - Confronto tra i dati teorici ed i dati sperimentali relativi all'andamento della temperatura di immissione (T_s) della EAHP in funzione della temperatura dell'aria esterna (T_o) in condizioni di funzionamento standard

1.5.2.5 Risultati dell'analisi energetica di edifici dotati di ventilazione meccanica con EAHP aria-aria

Sono state eseguite delle simulazioni dinamiche del comportamento del sistema edificio-impianto di fabbricati dotati di ventilazione meccanica con pompa di calore sull'aria espulsa. Le simulazioni condotte hanno indagato il comportamento di questi sistemi al variare:

1. delle condizioni climatiche (tre località rappresentative di tre zone climatiche presenti all'interno del territorio nazionale);
2. della domanda di energia termica dell'edificio.

Il grafico di Fig. 27, riporta il fattore di copertura dell'energia termica utile ad opera della EAHP ($Q_{UE,EAHP,H}/Q_{UE,H}$) in funzione del fabbisogno di energia termica utile per unità di superficie di pavimento ($q_{UE,H}$). Si veda come in edifici caratterizzati da un fabbisogno energetico inferiore a circa 30 kWh/(m² anno), la EAHP esaminata possa rappresentare l'unico sistema di produzione del calore.

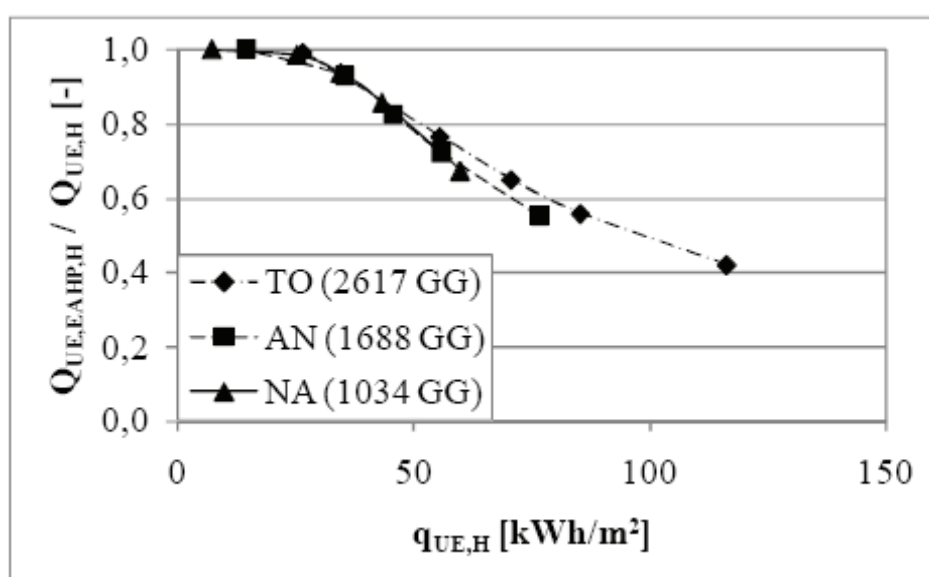


Fig. 27 - Fattore di copertura dell'energia termica utile ad opera della EAHP in funzione del fabbisogno di energia termica utile

Il grafico di Fig. 28 riporta l'andamento del valore nominale (al 100 % del carico) del COP della EAHP in funzione del fabbisogno di energia termica utile per le tre località analizzate. Ricordando che la batteria condensante è lambita da aria esterna di rinnovo, si veda come il valore nominale del COP risulti più elevato in località con un valore più alto di gradi-giorno. In egual modo si veda come per edifici caratterizzati da bassi fabbisogni energetici, per i quali la domanda di energia è quindi concentrata in periodi della stagione di riscaldamento caratterizzati da bassi valori di temperatura dell'aria esterna, il COP risulti più elevato.

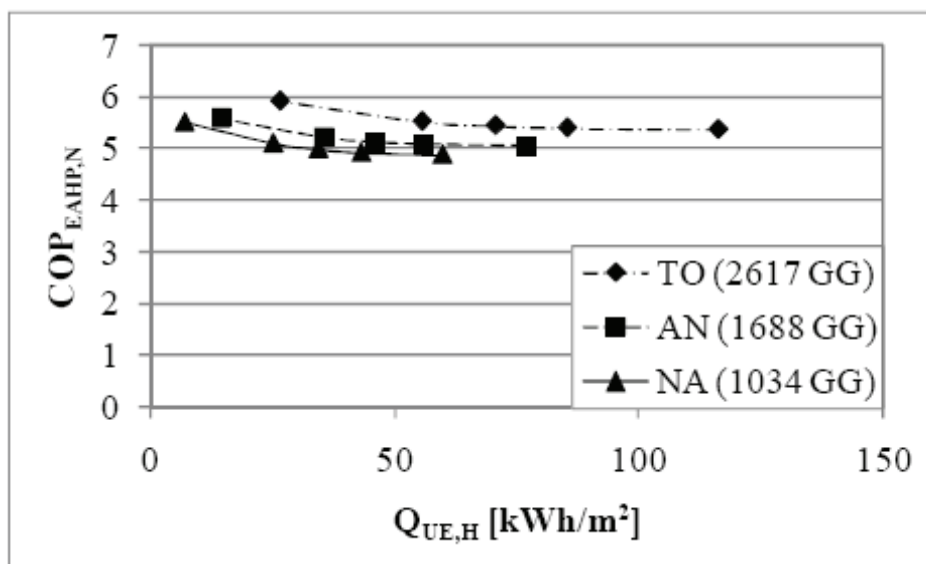


Fig. 28 - Andamento del valore nominale (al 100 % del carico) del COP della EAHP in funzione del fabbisogno di energia termica utile per tre diverse località

Il grafico di Fig. 29 riporta l'andamento del COP della EAHP con presa in considerazione della riduzione di efficienza ai carichi parziali in funzione del fabbisogno di energia termica utile per le tre località analizzate. Analogamente a quanto osservato per il valore nominale del COP, si noti come a località caratterizzate da temperature esterne mediamente più basse corrispondano valori superiori del COP. Al diminuire del fabbisogno specifico di energia termica utile, invece, l'effetto di riduzione dell'efficienza legato alla parzializzazione ha un'influenza maggiore rispetto all'incremento che si dovrebbe avere legato al funzionamento in un campo di temperature esterne più basso.

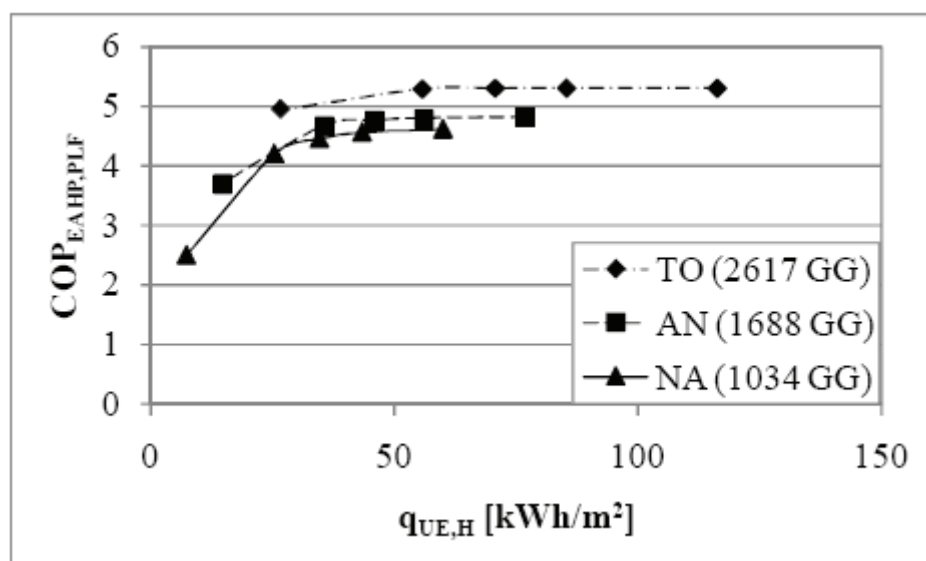


Fig. 29 - Andamento del COP della EAHP con presa in considerazione della riduzione di efficienza ai carichi parziali in funzione del fabbisogno di energia termica utile per tre diverse località

Fissato il tasso di rinnovo aria (e quindi la taglia della EAHP), al crescere del fabbisogno di energia termica utile dell'edificio (legato ad una riduzione degli apporti gratuiti o ad una minore coibentazione di involucro), diminuisce la quota coperta dalla EAHP. Conseguentemente si riduce il rendimento di produzione in quanto si fa sempre maggior ricorso ad un ausiliario di efficienza ridotta. Allo stesso modo al diminuire del fabbisogno di energia termica utile sebbene si riduca (fino anche ad annullarsi) il ricorso all'impianto ausiliario, aumentano i cicli di ON/OFF della EAHP con conseguente riduzione dell'efficienza della macchina e di quella complessiva di impianto.

Alla luce di queste due considerazioni emerge che deve esistere un fabbisogno di energia termica utile per cui il rendimento di produzione (medio di entrambi i sistemi di generazione) è massimo, come si può verificare nel grafico di Fig. 30.

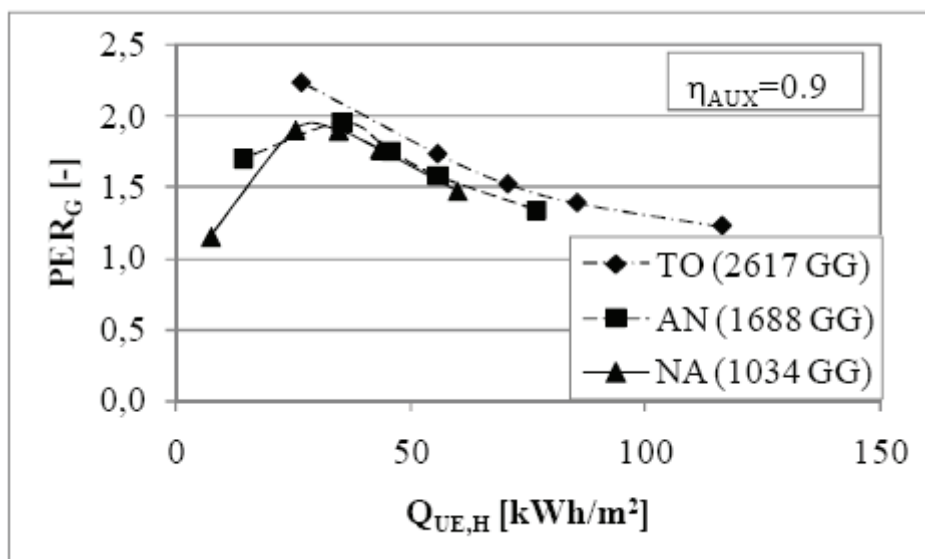


Fig. 30 - Andamento del rapporto di energia primaria globale per edifici caratterizzati da diverso fabbisogno di energia termica utile e per tre diverse località

1.5.2.6 Confronto energetico tra recuperatori attivi e passivi

Una possibile alternativa all'utilizzo di una pompa di calore sull'aria espulsa, è l'utilizzo di un recuperatore (o scambiatore) di calore (EAHR). Risulta quindi interessante stabilire quale dei due sistemi risulti maggiormente conveniente in funzione di diverse condizioni al contorno: climatiche, di rendimento di impianto, di domanda di calore dell'edificio.

Condizione essenziale per cui risulti maggiormente conveniente il ricorso ad una EAHP in luogo di uno scambiatore è che il rapporto di energia primaria della EAHP ($COP_{EAHP} \cdot \eta_{NES}$) sia maggiore di quello dell'impianto ausiliario (PER_{AUX}).

Si può quindi asserire che quanto più elevato è il rapporto di energia primaria dell'impianto ausiliario, tanto più sarà probabilmente conveniente il ricorso ad uno scambiatore di calore in luogo di una EAHP.

L'utilizzo della EAHP è inoltre tanto più conveniente da un punto di vista energetico quanto più elevata è la frazione di energia termica utile ($f_{UE,EAHP}$) da essa coperta. Proprio nell'ipotesi di avere un ausiliario con un'efficienza ridotta rispetto a quella conseguibile attraverso la EAHP, il fabbisogno di energia primaria è tanto più basso (a parità di domanda di energia termica dell'edificio), quanto maggiore sarà il ricorso alla pompa di calore sull'aria espulsa.

1.5.2.7 Conclusioni

Recuperatori attivi e passivi, nonostante la radice comune costituita dall'utilizzo di una sorgente termica a temperatura favorevole (l'aria espulsa) sono caratterizzati da una differenza sostanziale:

1. Gli EAHR sono sistemi che limitano le dispersioni di ventilazione e quindi in altri termini riducono la domanda di energia termica utile dell'edificio. In maniera indiretta,

ovviamente, si riscontra un risparmio di energia primaria, ma grazie alla riduzione del fabbisogno e non di un miglioramento del rendimento di impianto.

2. Le EAHP sono sistemi che, utilizzando una sorgente termica a temperatura favorevole producono una frazione dell'energia termica utile richiesta dall'edificio in maniera più efficiente dell'impianto ausiliario. Non consentono pertanto un risparmio di energia termica utile (come per gli scambiatori di calore) ma, grazie alla migliore efficienza di conversione, garantiscono un risparmio di energia primaria.

La determinazione della convenienza energetica (e successivamente economica) di un sistema rispetto ad un altro non è immediata e deve essere necessariamente valutata attraverso una simulazione energetica del comportamento termico di un edificio caratterizzato dalla presenza di questi sistemi.

1.6 Annex 49 - Low Exergy Systems For High-Performance Built Environments

1.6.1 Introduzione

Le attività dell'*annex 49* proseguono i risultati ottenuti nell'ambito della *IEA ECBCS Annex 37 (low exergy systems for heating and cooling of buildings)* sul tema dell'efficienza exergetica per i sistemi di *heating* e *cooling* per l'ambiente costruito.

L'assunto di partenza resta quello che il livello exergetico utile al soddisfacimento delle esigenze di *heating* e *cooling* è molto basso, dato che la temperatura desiderata si colloca in un intervallo molto ristretto e prossimo alla temperatura ambiente. Nonostante ciò, per soddisfare tali esigenze vengono impiegate fonti fossili e di alta qualità energetica.

Scopo dell'*annex 49* è pertanto trovare delle strategie di uso dell'energia a bassa exergia, sia a livello di edificio sia a livello di *community*. La ricerca si estende a tutte le fasi, dalla generazione, alla distribuzione allo stoccaggio, all'uso finale di energia e cerca di valorizzare l'approccio exergetico ai fini dell'ottimizzazione dell'efficienza globale, relativa all'intera catena.

Le attività dell'*annex 49* sono ripartite in quattro *subtask*:

- A. *Exergy analysis methodologies*
- B. *Exergy efficient community supply systems*
- C. *Exergy efficient building technologies*
- D. *Knowledge transfer and dissemination*

e avranno termine a fine 2009. Questo rapporto presenta i risultati delle attività dei rappresentanti italiani nei lavori dell'Annex.

Il gruppo di lavoro coinvolge, per l'Italia, tre università e precisamente:

- Dip. BEST del Politecnico di Milano: A. Angelotti e P. Caputo - ricercatori
- Università di Venezia (IUAV): P. Romagnoni – professore Straordinario; F. Peron - professore Associato e F. Cappelletti - assegnista di ricerca
- Università di Padova: M. De Carli - ricercatore; Roberto Zecchin – professore Ordinario

1.6.2 Subtask A: Exergy analysis methodologies

1.6.2.1 Deliverable 1.1 “Integral optimisation strategies (building + supply structure)” – Università di Padova

Il contributo riguarda la definizione di strategie di ottimizzazione di sistemi involucro-impianto tecnologicamente avanzati. Gli esiti sono direttamente collegati ad altre deliverables facenti capo alle subtask B e C: B3.2– supply structures (Subtask B); C3.1 – building size (Subtask C).

La ricerca si è basata su due aspetti fondamentali riguardanti l'interazione tra l'involucro edilizio e le persone, che influenzano i consumi elettrici all'interno degli edifici: la ventilazione naturale e l'illuminazione. Infatti, la riduzione della domanda di elettricità (principalmente generata tramite centrali termoelettriche, come nel caso italiano) degli edifici del terziario può contribuire in modo determinante alla diminuzione dell'exergia consumata.

Negli edifici oggi si assiste a un maggior ricorso alla climatizzazione estiva, sia negli edifici residenziale che in quelli del terziario, con conseguenti fabbisogni elettrici crescenti. Un'interessante tecnologia che consente una riduzione consistente dei consumi elettrici è il ricorso alla ventilazione naturale. A tal fine è stato dimostrato come, pur non potendo essere proposto quale sostituto degli attuali impianti di condizionamento, questo permetta una rilevante limitazione dei consumi stagionali per la climatizzazione estiva. La ventilazione naturale presenta importanti limiti dovuti all'ambiente circostante e alle modalità d'uso dei vani interni. Qualora la ventilazione naturale non sia sufficiente a garantire il comfort interno, si può sempre ricorrere alla modalità mista o ibrida, ovvero all'utilizzo combinato di climatizzazione estiva e di ventilazione naturale. Tipicamente negli ambienti, soprattutto quelli del terziario, durante il periodo di raffrescamento gli utenti si comportano in modo passivo, controllando le condizioni interne solamente con i sistemi di climatizzazione, senza mitigare le condizioni interne con tecniche di ventilazione naturale.

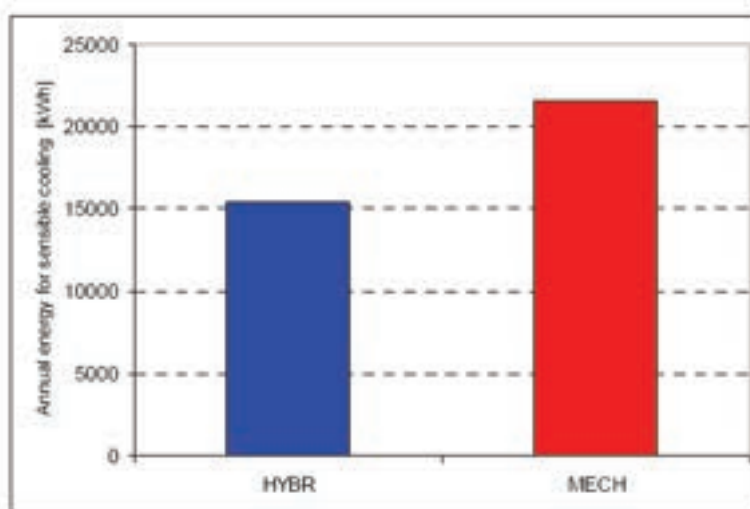


Fig. 31 - Risparmio energetico con ventilazione ibrida per il raffrescamento di una casa di cura di 3750 m³

L'illuminazione degli ambienti, specialmente quelli ad uso ufficio, rappresenta circa un terzo del fabbisogno globale di un edificio. L'ottimizzazione dell'illuminazione naturale, connessa all'impiego di sistemi di gestione della luce artificiale, consente una notevole riduzione dei costi, fino al 30%. Se, da un lato, un'ampia disponibilità di illuminazione naturale determina una riduzione dei costi di energia elettrica per l'illuminazione artificiale, dall'altro può causare un incremento dei costi di raffrescamento. La radiazione solare, se non opportunamente controllata, è responsabile degli elevati costi di raffrescamento di un edificio, dal momento che rappresenta un elevato carico termico da smaltire. Pertanto è necessario prevedere opportuni sistemi di schermatura solare, a seconda dell'orientamento del fabbricato, delle caratteristiche e della latitudine del sito in cui si trova e delle condizioni meteorologiche più frequenti. Un altro settore importante al fine dei risparmi energetici per illuminazione artificiale è la domotica, che offre notevoli possibilità rivolte al contenimento dei consumi energetici: i sistemi BMS (Building Management System) dimostrano notevoli vantaggi in termini di gestione dell'illuminazione artificiale e delle schermature solari. A valle degli studi condotti, le valutazioni energetiche verranno opportunamente tradotte in valutazioni exergetiche.

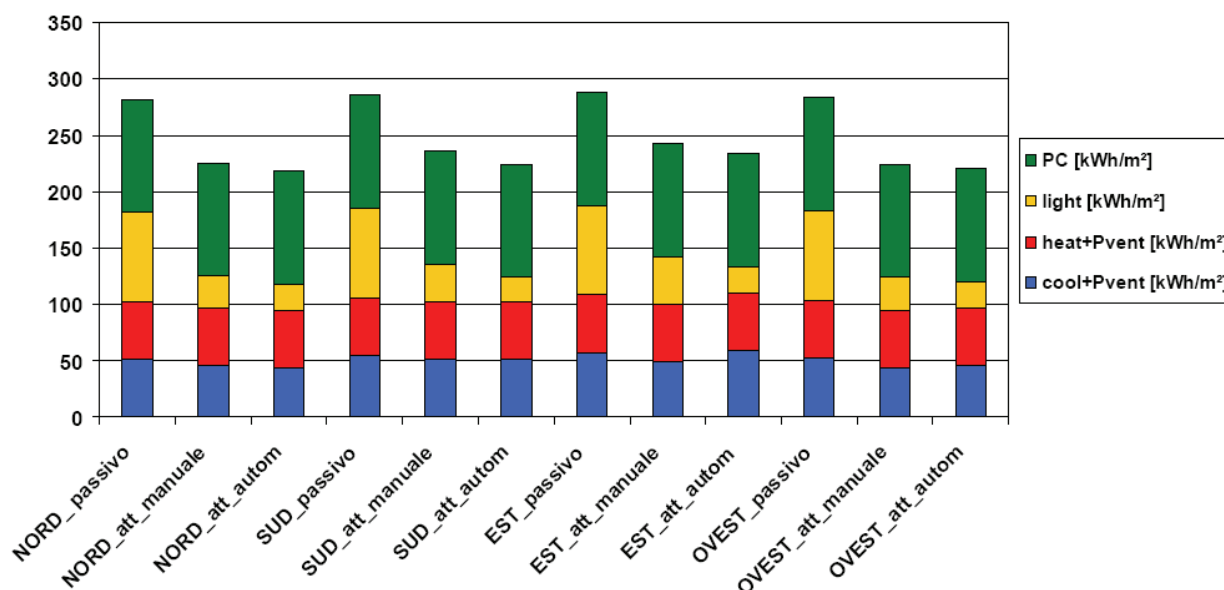


Fig. 32 - Consumi di energia primaria annuali per un ufficio con e senza sistemi BMS

Prodotti della ricerca:

- De Carli M., De Giuli V. (2007). Edifici vetrati a basso consumo energetico?. Murature oggi. vol. 96, pp. 6-15 - [MO07.pdf](#)
- De Carli M., De Giuli V, Di Bella A, Papparotto A. (2007). Analisi di risparmio energetico conseguibile con sistemi di building automation. CDA Condizionamento dell'aria riscaldamento refrigerazione. vol. 5, pp. 22-27 ISSN: 0373-7772 - [CDA07-lighting.pdf](#)
- De Carli M., De Giuli V, Zecchin R. (2008). Review on visual comfort in office buildings and influence of daylight in productivity. In: Indoor Air 2008. Indoor Air 2008. Copenhagen. 17-22 August. : (DENMARK) - [IA08-lighting.pdf](#)
- Villi G, De Carli M., Ballestini G. (2008). Application of the hybrid ventilation concepts to a real building: a hospice sited in the North East region of Italy. In: Indoor Air 2008. Indoor Air 2008. Copenhagen. 17-22 August. : (DENMARK) - [IA08-hospice.pdf](#)

1.6.2.2 Deliverable 3.1 “Report/Compendium of the mathematical models for exergy-based design and performance analysis: Simplified: Excel-based” – Politecnico di Milano

La ricerca si è basata sull'applicazione in parallelo di un'analisi energetica ed exergetica stazionarie a diversi sistemi di riscaldamento e condizionamento ambientali, allo scopo di evidenziare l'uso più razionale dell'energia per la climatizzazione nel contesto italiano. La metodologia adottata è consistita nell'analisi delle possibili catene energetiche, dalla conversione di energia primaria al sistema, e nel calcolo di un'efficienza energetica ed exergetica per ciascun livello e quindi complessivamente. L'analisi exergetica si è basata sull'adozione di una temperatura di riferimento stagionale e locale, pari al valore di progetto per il dimensionamento degli impianti. Lo studio ha considerato due climi, rappresentativi del Nord (Milano) e del Sud (Palermo), evidenziando la sostanziale indipendenza dal contesto climatico delle opzioni rivelatesi migliori e di quelle risultate peggiori. Per quanto riguarda le diverse opzioni di riscaldamento, l'analisi ha mostrato che le soluzioni exergeticamente più efficienti sono quelle basate sull'impiego di calore di recupero o proveniente da cogenerazione, seguite dalle pompe di calore a terreno accoppiate ad una generazione elettrica da cicli combinati. I sistemi solari sono risultati in generale poco efficienti, a causa del grande scarto tra la qualità dell'energia solare e la qualità della domanda di energia per la climatizzazione. L'efficienza exergetica dei sistemi di climatizzazione estiva è risultata tipicamente più bassa rispetto ai sistemi di riscaldamento, a causa del ridotto salto termico fra la temperatura di riferimento esterna e la temperatura di progetto interna. I sistemi di raffrescamento a maggiore efficienza exergetica sono risultati gli impianti ad assorbimento alimentati con calore di

recupero, seguiti dagli impianti a scambio termico diretto con il terreno, accoppiati ai cicli combinati.

Il lavoro svolto ha consentito anche di mettere in evidenza le tecnologie più promettenti (più efficienti e/o con un maggiore margine di miglioramento di efficienza) per il soddisfacimento della domanda di riscaldamento e raffreddamento degli edifici e le differenze di prestazione in funzione delle peculiarità climatiche.

La seguente tabella riporta la comparazione tra le diverse opzioni di generazione energetica e di sistemi di riscaldamento per il clima di Milano (ϵ_1 = efficienza exergetica della generazione; η_1 = efficienza energetica della generazione; ϵ_2 = efficienza exergetica del sistema di riscaldamento; η_2 = efficienza energetica del sistema di riscaldamento; ϵ = efficienza exergetica complessiva – prodotto delle due precedenti - ; η = efficienza energetica complessiva – prodotto delle due precedenti -).

source	generation	η_1	ϵ_1	system	η_2	ϵ_2	η	ϵ
RE equivalent	waste heat recovery	1	1	district heating	0.9	0.319	0.90	0.319
RE equivalent	small size cogeneration	3.30	0.79	district heating	0.9	0.319	2.97	0.253
fossil+RE	combined cycle	0.55	0.55	ground source heat pump	4.5	0.318	2.48	0.175
fossil	combined cycle	0.55	0.55	air-to-air heat pump	2.82	0.240	1.55	0.132
fossil+RE	Italian electrical mix	0.36	0.36	ground source heat pump	4.5	0.318	1.62	0.114
RE equivalent	large size cogeneration	1.31	0.32	district heating	0.9	0.319	1.18	0.100
fossil	Italian electrical mix	0.36	0.36	air-to-air heat pump	2.82	0.240	1.01	0.086
fossil	√			condensing gas boiler + radiant panels	1.05	0.085	1.05	0.085
fossil	combined cycle	0.55	0.55	air-to-water heat pump	1.79	0.153	0.98	0.084
fossil	√			condensing gas boiler + radiator	0.98	0.075	0.98	0.075
fossil	√			gas boiler + radiator	0.86	0.067	0.86	0.067
fossil	Italian electrical mix	0.36	0.36	air-to-water heat pump	1.79	0.153	0.64	0.055
RE	photovoltaic	0.15	0.16	ground source heat pump	4.5	0.318	0.68	0.050
RE	photovoltaic	0.15	0.16	air-to-air heat pump	2.82	0.240	0.42	0.038
fossil+RE	√			solar collectors+condens. gas boiler+radiant panels	0.38	0.033	0.38	0.033
RE	photovoltaic	0.15	0.16	air-to-water heat pump	1.79	0.153	0.27	0.024

Tab. 4 - Efficienze energetiche e exergetiche per le diverse opzioni di generazione energetica e di sistemi di riscaldamento per il clima di Milano (valori assoluti)

La seguente tabella riporta la comparazione tra le diverse opzioni di generazione energetica e di sistemi di riscaldamento per il clima di Palermo.

<i>source</i>	<i>generation</i>	η_1	ϵ_1	<i>system</i>	η_2	ϵ_2	η	ϵ
RE equivalent	waste heat recovery	1	1	district heating	0.9	0.217	0.90	0.217
RE equivalent	small size cogeneration	3.30	0.70	district heating	0.9	0.217	2.97	0.152
fossil+RE	combined cycle	0.55	0.55	ground source heat pump	4.5	0.197	2.48	0.108
fossil	combined cycle	0.55	0.55	air-to-air heat pump	3.35	0.172	1.84	0.094
fossil+RE	Italian electrical mix	0.36	0.36	ground source heat pump	4.5	0.197	1.62	0.071
fossil	combined cycle	0.55	0.55	air-to-water heat pump	2.51	0.128	1.38	0.071
fossil	Italian electrical mix	0.36	0.36	air-to-air heat pump	3.35	0.172	1.21	0.062
fossil	large size cogeneration	1.31	0.28	district heating	0.9	0.217	1.18	0.060
fossil	√			condensing gas boiler + radiant panels	1.05	0.051	1.05	0.051
fossil	Italian electrical mix	0.36	0.36	air-to-water heat pump	2.51	0.128	0.90	0.046
fossil	√			condensing gas boiler + radiator	0.98	0.045	0.98	0.045
fossil	√			gas boiler + radiator	0.86	0.040	0.86	0.040
RE	photovoltaic	0.15	0.16	ground source heat pump	4.5	0.197	0.68	0.031
RE	photovoltaic	0.15	0.16	air-to-air heat pump	3.35	0.172	0.50	0.027
fossil+RE	√			solar collectors+condens. gas boiler+radiant panels	0.49	0.026	0.49	0.026
RE	photovoltaic	0.15	0.16	air-to-water heat pump	2.51	0.128	0.38	0.020

Tab. 5: Efficienze energetiche e exergetiche per le diverse opzioni di generazione energetica e di sistemi di riscaldamento per il clima di Palermo (valori assoluti)

La seguente tabella riporta la comparazione tra le diverse opzioni di generazione energetica e di sistemi di climatizzazione estiva per i climi di Milano e Palermo (analisi congruenti per i due climi, a causa delle stesse temperature di design, nel caso dell'analisi stazionaria).

<i>source</i>	<i>generation</i>	η_1	ϵ_1	<i>system</i>	η_2	ϵ_2	η	ϵ
RE equivalent	waste heat recovery	1	1	single stage absorption chiller	0.7	0.103	0.7	0.103
RE equivalent	waste heat recovery	1	1	double stage absorption chiller	1.1	0.079	1.1	0.079
fossil+RE	combined cycle	0.55	0.55	direct ground cooling	10	0.123	5.50	0.068
RE equivalent	small size cogeneration	3.30	0.45	single stage absorption chiller	0.7	0.103	2.31	0.046
fossil+RE	Italian electrical mix	0.36	0.36	direct ground cooling	10	0.123	3.60	0.044
fossil+RE	combined cycle	0.55	0.55	ground source heat pump	4.5	0.072	2.48	0.040
fossil	combined cycle	0.55	0.55	air-to-air heat pump	3.46	0.069	1.90	0.038
fossil	combined cycle	0.55	0.55	air-to-water heat pump	3.25	0.065	1.79	0.036
fossil+RE	Italian electrical mix	0.36	0.36	ground source heat pump	4.5	0.072	1.62	0.026
fossil	Italian electrical mix	0.36	0.36	air-to-air heat pump	3.46	0.069	1.25	0.025
fossil	Italian electrical mix	0.36	0.36	air-to-water heat pump	3.25	0.065	1.17	0.023
RE	photovoltaic	0.15	0.16	direct ground cooling	10	0.123	1.50	0.019
fossil	large size cogeneration	1.31	0.18	single stage absorption chiller	0.7	0.103	0.92	0.018
RE	photovoltaic	0.15	0.16	ground source heat pump	4.5	0.072	0.68	0.011
RE	photovoltaic	0.15	0.16	air-to-air heat pump	3.46	0.069	0.52	0.011
RE	photovoltaic	0.15	0.16	air-to-water heat pump	3.25	0.065	0.49	0.010
RE	Solar collector	0.40	0.06	single stage absorption chiller	0.7	0.103	0.28	0.006

Tab. 6: Efficienze energetiche e exergetiche per le diverse opzioni di generazione energetica e di sistemi di raffreddamento (valori assoluti)

Per informazioni più dettagliate si rimanda al prodotto della ricerca:

- Angelotti, P. Caputo, Energy and Exergy Analysis of Heating and Cooling Systems in the Italian Context, Proceedings of CLIMAMED 2007, Genova 5-7 Sept. 2007, pag. 843-854 - [Climamed07.pdf](#)

1.6.2.3 Deliverable A.3.2 “Report/Compendium of the mathematical models for exergy-based design and performance analysis: Dynamic analysis” – Politecnico di Milano

La valutazione delle prestazioni energetiche ed exergetiche dei sistemi di riscaldamento e raffrescamento ha avuto come seguito uno studio corredato da simulazioni in regime dinamico finalizzate al confronto di due tipi di sistemi di riscaldamento (caldaia a condensazione e pompa di calore) e raffrescamento (scambio termico diretto con il terreno e pompa di calore).

A tal fine è stato creato un modello di unità abitativa con il codice *TRNSYS* (versione 16.00.0038), facendo riferimento a due situazioni climatiche rappresentative del territorio italiano (file climatici *Meteonorm* presenti nella libreria meteo del suddetto codice, per Milano e Palermo) e collegando al modello di edificio i due sistemi impiantistici menzionati. A partire dai risultati delle simulazioni, sono stati ricavati i valori di efficienza energetica dei due sistemi, l'exergia richiesta dall'edificio, l'exergia consumata dagli impianti e la conseguente efficienza exergetica.

I risultati così ottenuti sono stati poi messi a confronto con quelli ricavati in regime stazionario. Sono stati considerati due tipi di valutazioni exergetiche stazionarie, ovvero basate su una temperatura di riferimento di progetto oppure su una temperatura di riferimento media mensile. Le differenze maggiori (fino al 42 %) si sono riscontrate tra valori dinamici da un lato e valori stazionari basati sulla temperatura di progetto dall'altro. L'impiego invece di una temperatura di riferimento media mensile per la valutazione stazionaria porta a minime differenze rispetto alla valutazione dinamica. Tuttavia, nei contesti analizzati nei mesi estivi la temperatura esterna media è risultata inferiore alla temperatura di progetto interna (26°C), rendendo privo di significato un approccio stazionario basato sulla media mensile.

In generale, infine, le differenze stazionario-dinamico sono risultate più significative per i sistemi di raffrescamento rispetto a quelli di riscaldamento e per il clima di Palermo rispetto a quello di Milano, ovvero quanto più variabile è il fattore di Carnot che determina la qualità della domanda energetica.

La seguente tabella riporta i valori di efficienza exergetica, espressi in percentuale, relativi alla comparazione tra i due sistemi di *heating* e *cooling* considerati (*reference system*: pompa di calore in grado di produrre caldo in inverno e freddo in estate; *alternative system*: caldaia a condensazione per produrre caldo in inverno e scambio diretto con il terreno per produrre freddo in estate) per i climi di Milano e Palermo. I valori sono stati aggregati e riportati per i due mesi estremi (gennaio e luglio).

	January		July	
	Milano	Paler.	Milano	Paler.
Stea_S, design, reference Sys.	18.4	13.8	5.2	5.2
Stea_S, design, alternative Sys.	7.9	5.1	20.1	20.1
Stea_S, month., reference Sys.	15.7	9.2	-	-
Stea_S, month., alternative Sys.	6.1	2.9	-	-
Dynam. month., reference Sys.	15.7	9.1	3.6	2.2
Dynam. month., alternative Sys.	6.2	3.3	11.7	7.7

Tab. 7: Efficienze energetiche e exergetiche per le diverse opzioni di generazione energetica e di sistemi di raffrescamento (valori percentuali)

Al momento, è in corso un approfondimento delle valutazioni in regime dinamico finalizzato ad una rappresentazione delle prestazioni energetiche di impianto più vicina al comportamento reale e eventualmente all'integrazione dell'intera catena di generazione, distribuzione, stoccaggio ed emissione energetica.

In particolare, è in corso di revisione un contributo inviato al 1st International Exergy, Life Cycle Assessment, and Sustainability Workshop and Symposium (ELCAS), dal titolo: *Dynamic exergy analysis of an air source heat pump*. In tale contributo vengono riportati i risultati di valutazioni dinamiche delle prestazioni energetiche ed exergetiche di una pompa di calore ad aria per fornire *heating* e *cooling* ad un'unità residenziale tipo posta nei soliti due climi rappresentativi del contesto italiano (Nord: Milano; Sud: Palermo).

Le analisi complete sono riportate nei prodotti della ricerca:

- A. Angelotti e P. Caputo, The exergy approach for the evaluation of heating and cooling technologies; first results comparing steady state and dynamic simulations, Proceedings of Palenc 2007, Heraklion, 26-30 Sept. 2007, Crete, pag. 59-64 - [Palenc07.pdf](#)
- A. Angelotti e P. Caputo and G. Solaini, Dynamic exergy analysis of an air source heat pump, in corso di pubblicazione - ELCAS_ASHPExergy_def

1.6.2.4 Deliverable A.7 “Definition of LowEx Systems” e Deliverable A.8 “Pre-normative proposals” – Università di Venezia

L'unità di Ricerca di Venezia ha inoltre elaborato una serie di studi al fine di valutare la prestazione energetica degli edifici soprattutto in relazione alla valutazione dell'indice di prestazione energetica invernale così come richiesto dai Decreti Legislativi 192/2005 e 311/2006.

In collaborazione con l'Università degli Studi di Padova è stato messo a punto un foglio di calcolo per la determinazione del Fabbisogno di Energia Primaria per il Riscaldamento invernale e la Produzione di Acqua calda. Il foglio di calcolo consente verificare in tempi rapidi le prescrizioni dei Decreti sopra menzionati e la possibilità di ottimizzare dispersioni di involucro e degli impianti.

In seno a tale studi si colloca l'attività relativa all'*Annex 49*, finalizzata ad una nuova definizione delle tipologie e delle caratteristiche di edifici a bassa exergia e alla messa a punto di un foglio di calcolo semplificato in *Excel* che, riprendendo la normativa CEN recentemente approvata, riporti le valutazioni energetiche traducendole in exergia.

Le attività svolte sono riportate nei seguenti prodotti della ricerca:

- sommario delle attività svolte
[IUAV-subtaskA.pdf](#)
- memorie:
[ATI08-02-034.pdf](#)
[aicarr_54_romagnoni_v2.pdf](#)
[ATI07_18448.pdf](#)
- strumenti:
[foglio di calcolo edifici.xls](#)
[foglio di calcolo edifici esempio.xls](#)
[Manuale software.doc](#)

1.6.3 Subtask B: Exergy efficient community supply systems

1.6.3.1 Deliverable 3.1 “Review article on the use of RE from the exergetic point of view”- Politecnico di Milano

E' stato effettuato un lavoro di rassegna sull'applicazione dell'analisi exergetica ai sistemi di climatizzazione alimentati da fonti rinnovabili, con lo scopo di evidenziare lo stato dell'arte e promuovere ulteriori studi nel campo. Oggetto dello studio sono stati da un lato gli aspetti metodologici, dall'altro la comparazione dei risultati ottenuti dai diversi autori relativamente ai seguenti impianti: pannelli solari termici e ibridi, pompe di calore elioassistite e a terreno, caldaie a

biomasse, sistemi di raffrescamento evaporativo, sistemi di raffrescamento solare ad assorbimento e dessiccante. Dal punto di vista metodologico, sono state evidenziate le specificità dell'applicazione dell'analisi exergetica ai sistemi di climatizzazione (ad esempio la sensitività dei risultati alla scelta dello stato morto) ed alle fonti rinnovabili (ad esempio la sensitività dei risultati relativi ai sistemi solari al confine di analisi). Lo studio ha mostrato l'esistenza di approcci diversi fra loro, concernenti in particolare la definizione dello stato di riferimento, l'adozione di un metodo stazionario o dinamico, la definizione di efficienza exergetica, la scelta del livello di analisi (componente, sistema, conversione energia primaria). Si è rimarcato come tale diversità di approccio renda spesso non confrontabili tra loro i risultati di analisi effettuate sullo stesso tipo di sistema. A titolo di esempio delle comparazioni effettuate, in Tabella 5 è riportato un confronto relativo alle assunzioni e ai risultati di analisi exergetiche di impianti con pompa di calore a terreno (GSHP) effettuate da diversi autori, ed in Tabella 6 un analogo confronto relativo a sistemi ad assorbimento.

System description	Location	$T_{outdoor}$ (°C)	T_{room} (°C)	T_g (°C)	T_h (°C)	Overall COP	$\Psi_{designer}$	Ψ_{int}	Boundary	Irreversibility list	Ref.
GSHP vertical GHEs (50 m long U pipe) fan coils	Izmir, Turkey	8.14	19.8	12.99	25	1.65*	–	2.9%	Indoor air	1. Motor-compressor 2. Condenser 3. Expansion valve 4. Evaporator 5. Fan coil 6. GHEs	[74]
GSHP horizontal GHEs (1 m depth) fan coils	Izmir, Turkey	0	–	15	1 ^b	2.72	83.2%	80.7%	Fan coil	1. Fan coil 2. Evaporator 3. Condenser 4. Compressor 5. Expansion valve 6. GHEs	[67]
GSHP horizontal GHEs (1 m depth)	Izmir, Turkey	1	–	–	1	2.5	62.8%	53.1%	Condenser fan	1. Condenser fan 2. Evaporator 3. Condenser 4. Compressor 5. Capillary tube 6. GHEs	[38]
GSHP horizontal GHEs (2 m depth)	Izmir, Turkey	1	–	–	1	2.8	65.4%	56.3%	Condenser fan	1. Condenser fan 2. Evaporator 3. Condenser 4. Compressor 5. Capillary tube 6. GHEs	[38]

* Calculated by the authors on the basis of the data in Ref. [74].

^b Design heating temperature for Izmir [67].

Tab. 8 - Confronto tra i parametri adottati ed i risultati ottenuti con analisi exergetiche effettuate per sistemi GSHP da diversi autori [Torio et al. 2009]

Lo studio della letteratura ha inoltre evidenziato la difficoltà di sintesi dei risultati dell'analisi energetica da un lato e di quella exergetica dall'altro e sottolineato come questo possa rappresentare un limite alla diffusione della metodologia exergetica. Infine è stato rilevato come i sistemi alimentati da fonti rinnovabili non siano necessariamente a basso consumo exergetico, e si è quindi evidenziata la necessità di chiarire se debba essere considerato un obiettivo prioritario il risparmio di combustibili fossili oppure il risparmio di exergia.

System description	T_0 (°C)	T_{ges} (°C)	T_{evap}	T_{cond}	COP	Ψ_{single}	Irreversibility list and magnitude	Ref.
LiBr (absorption)	25	100	10	27	0.8	0.16	Absorber (62%) Generator (14%) Solution heat exchanger (11%) Condenser (7%) Evaporator (6%)	[83] ^a
LiBr (absorption)	27	40-100	2-10	34-40	-	0.55-0.65	Generator (32-43%) Absorber (25-33%) Condenser (16-24%) Evaporator (10-15%) Solution heat exchanger (2.5-6.5%) Throttling valve (0.5-1.4%)	[85]
NH ₃ (absorption)	-	-	-	-	-	-	Absorber (34%) Generator (22%) Solution heat exchanger (21%) Condenser (16%) Evaporator (7%)	[84] ^b
NH ₃ (absorption)	20	140	-10	20	-	-	Absorber (40%) Generator (39%) Condenser (16%) Throttling valve (3%) Evaporator (1.1%)	[33] ^c

^a Exergy input from cooling tower of the absorption cycle is not included in the single exergy efficiency of the absorption cycle.

^b Irreversibilities in the throttling valve were disregarded.

^c Solution heat exchanger is not included in the thermodynamic cycle.

Tab. 9 - Confronto tra i parametri adottati ed i risultati ottenuti con analisi exergetiche per sistemi ad assorbimento da diversi autori [Torio et al. 2009]

Per la trattazione completa, si rimanda al prodotto della ricerca:

- H. Torio, A. Angelotti, D. Schmidt, Exergy analysis of renewable energy-based climatisation systems for buildings: A critical view, *Energy and Buildings* 41 (2009) 248-271

Una sintesi dell'articolo è riportata in [E&B41.pdf](#).

1.6.3.2 Deliverable B.3.1 "Tools for comparing/evaluating/choosing different energy supply systems (community level)" – Politecnico di Milano

L'elevato livello di complessità che caratterizza la scala della *community* rende la fase di scelta/creazione di un modello per la valutazione exergetica particolarmente delicata. Per tale motivo, una volta delineate le finalità e le caratteristiche principali del modello, gli output desiderati e gli input necessari, si è proceduto all'analisi di quanto già disponibile all'interno della comunità scientifica. Sulla base della rassegna condotta, non è stato possibile reperire modelli esistenti e già collaudati utili allo scopo. Pertanto, si è proceduto ad una rassegna dei modelli per la valutazione energetica alla scala di *community*, finalizzata alla selezione di un modello sufficientemente semplice, affidabile e aperto, tale da poter essere modificato per l'integrazione della valutazione energetica. La rassegna è brevemente riportata, tramite schede relative a ciascun modello, nel contributo [Models.pdf](#).

Si prevede che la fase di elaborazione di un modello energetico a scala di community subirà una forte accelerazione nel prossimo periodo. Al momento, sembrano possibili tre opzioni:

- fare riferimento al codice *TRNSYS*, assegnando le domande di energia della *community* come input, implementando i diversi componenti per la generazione, distribuzione, stoccaggio ed emissione energetica, ed inserendo le equazioni per il calcolo dei flussi di energia del sistema e le relative prestazioni;
- fare riferimento al codice *Homer* - <http://www.nrel.gov/homer> -, implementando anche le equazioni per il calcolo dei flussi di energia del sistema e le relative prestazioni. A tal proposito, vi sono stati già alcuni positivi contatti con gli sviluppatori del software;
- utilizzare il codice semplificato '*cascadia-neighbourhoods.xls*' elaborato dal *Sustainable Buildings & Communities & Natural Resources of Canada*. In particolare, si prevede a breve una fase di test di tale strumento, partendo da applicazioni ai casi di studio considerati (i.e. Parma).

1.6.3.3 Deliverable 3.3 “Collection of best practice example for new and retrofit forms of technology for community structures” – Politecnico di Milano

Tra gli *output* dell'*annex* vi è anche la catalogazione di casi di studio con buone prestazioni energetiche ed exergetiche. Alla scala *community*, il gruppo italiano ha presentato, in particolare, i seguenti due esempi, relativi a due lavori di ricerca in corso: la pianificazione energetica basata totalmente su fonti rinnovabili e sistemi a bassa exergia di una città da realizzarsi; l'ottimizzazione del sistema energetico della città di Parma.

1.6.3.3.1 Huai Rou New Town

Tale caso riguarda il progetto per lo sviluppo di una città di circa 80000 abitanti a Nord di Pechino. Il caso è stato ritenuto esemplare perché la progettazione preliminare è stata condotta sulla base dei seguenti criteri:

- pacchetti di involucro degli edifici compatibili con il clima presente e la destinazione degli edifici e utili alla realizzazione di edifici ad alta efficienza energetica
- apparecchiature elettriche altamente efficienti
- morfologia edilizia ed urbana utile al massimo sfruttamento del potenziale solare
- utilizzo di soli fonti rinnovabili localmente presenti come risorse energetiche (con modellizzazione supportata anche dal codice *Homer* già citato)
- impiego di dispositivi di impianto a bassa energia all'interno degli edifici (come già definito nell'ambito dell'Annex 37) e di tecnologie a bassa exergia per la gestione dei flussi energetici urbani (co/tri-generazione, sfruttamento dei cascami ecc)
- integrazione di verde e acqua non solo a scopo estetico, ma anche per mitigare le condizioni climatiche estreme
- particolare attenzione alle modalità di trasporto e all'accessibilità dei principali servizi.

La tabella successiva riporta il contributo delle diverse risorse rinnovabili considerate nella copertura della domanda di energia nei diversi usi finali.

Sources/demands	Electricity	Heating	Cooling	Domestic hot water	Fuels (*)
Biomass	x	x	x	x	x
Waste (2)	x	x	x	x	
Sludge from waste water (2)	x	x	x	x	x
Solar radiation	x			x	
Wind (1)	?				
Hydro	x				

(1) To be investigated in the future.

(2) Treated in a CHP plant; cooling is provided both by compression chillers (electricity) and by absorption chillers (heat).

(*) For cooking and transportation

Tab. 10: approvvigionamento energetico basato su fonti rinnovabili per la città di Huai Rou

La figura successiva riporta un esempio dell'impiego del codice *Homer* per la valutazione della generazione/cogenerazione di energia a servizio della domanda della città.

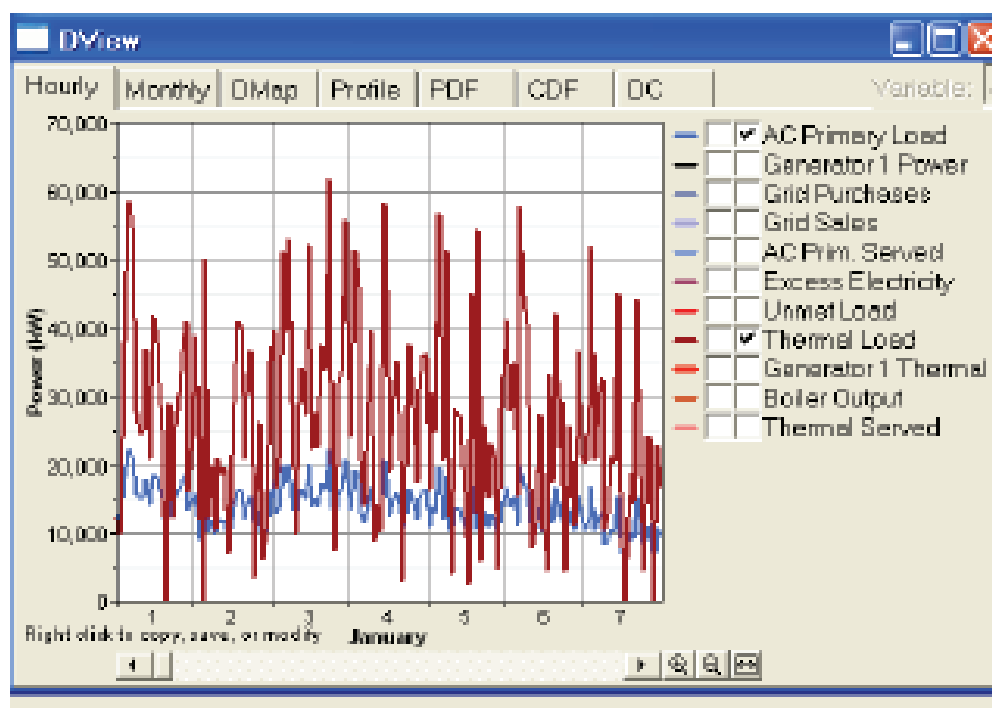


Fig. 33 - Profilo orario della domanda termica ed elettrica per il mese di gennaio

Come prodotto della ricerca vengono citati i contributi:

- F. Butera and P. Caputo, Towards sustainable cities, the built environment energy plan of Huai Rou New Town, presentato alla conferenza EuroSolar 2008 – Sun and Sense di Berlino - [EuroSolar08.pdf](#)
- F. Butera and P. Caputo, Planning eco-cities, the case of Huai Rou New Town, presentato alla conferenza Solar Cities 2008 di Adelaide - [SolarCities08.pdf](#)

Essendo note le caratteristiche quali-quantitative di progetto dei diversi flussi di energia della città, la valutazione exergetica del presente caso di studio potrebbe essere messa a punto a valle della definizione ed implementazione di un modello utile allo scopo (deliverable A.4.3.1: Development of dynamic analysis tools/community level).

1.6.3.3.2 Parma 2020

Il caso della città di Parma è stato ritenuto esemplare innanzitutto perché si tratta di una città esistente, di dimensioni medie e con caratteristiche interessanti a livello di parco edilizio e gestione dei servizi energetico-ambientali. Parma è quindi una città rappresentativa delle condizioni urbane del Nord Italia.

Come input dello studio possono essere menzionati: il piano energetico comunale del 2006 e i dati di distribuzione dell'energia forniti da ENIA, la società che gestisce l'approvvigionamento di acqua, elettricità, gas e teleriscaldamento a Parma. Come output dello studio, delle linee di azione utili a rendere Parma una città rispondente agli obiettivi europei previsti per l'anno 2020 e, molto ambiziosamente, una città con un approvvigionamento energetico basato esclusivamente su fonti rinnovabili nell'anno 2050 – (introduzione riportata in: [ParmaTEMP.pdf](#) e [newsletter_no4.pdf](#)).

In seno a tale studio, è in corso la messa a punto di una metodologia innovativa di analisi energetica finalizzata a:

- definire delle linee guida per l'efficienza energetica negli edifici
- definire i criteri per la scelta di edifici campione rappresentativi del patrimonio edilizio esistente utile a caratterizzare il medesimo
- analizzare a livello qualitativo e quantitativo i flussi di energia degli edifici e mappare tali informazioni in maniera aggiornabile mediante supporto GIS

- prevedere gli sviluppi futuri del parco edilizio e fornire delle linee guida utili ad una progettazione energeticamente efficiente in termini di soluzioni tecnologiche di involucro e di impianto e di accorpamento di differenti destinazioni d'uso
- approfondire le caratteristiche attualmente presenti e testare gli effetti delle diverse combinazioni di interventi di miglioramento delle prestazioni energetiche
- definire le azioni più convenienti dal punto di vista economico, ambientale e sociale per il miglioramento dell'efficienza energetica globale della città
- mappare gli interventi suggeriti mediante supporto GIS e confrontare i diversi scenari perseguibili evidenziandone le prestazioni energetiche, ambientali e, se possibile, exergetiche e i relativi miglioramenti incrementali rispetto alla situazione attuale.

La metodologia brevemente riassunta in [PR_Proced.pdf](#) - potrà essere testata sul caso di Parma, eventualmente corretta e ricalibrata e successivamente trasferita e replicata ad altri casi.

Essendo note le caratteristiche quali-quantitative di progetto dei diversi flussi di energia della città, la valutazione exergetica del presente caso di studio potrebbe essere messa a punto a valle della definizione ed implementazione di un modello utile allo scopo (*deliverable A.4.3.1: Development of dynamic analysis tools/community level*). Come già anticipato, si prevede di analizzare il caso di Parma mediante lo strumento '*cascadia-neighbourhoods.xls*' elaborato dal *Sustainable Buildings & Communities & Natural Resources of Canada*.

2 Implementing Agreement Solar Heating and Cooling

Il Programma è stato istituito nel 1977 e ad esso partecipano oggi 18 paesi più la Commissione Europea. L'Italia è rappresentata dall'ENEA nel Comitato Esecutivo. ENEA ha partecipato direttamente ai lavori della Task 18 (Advanced Glazing Materials for Solar Applications) e Task 27 (Performance of Solar Facade Components).

Nel corso degli anni, sono stati definiti oltre 42 annessi, di cui 8 ancora in corso. Due nuove task sono attualmente in fase di preparazione.

Task in corso

PV / Thermal Solar Systems (Annex 35)

La task si occupa di catalizzare lo sviluppo e la penetrazione sul mercato di sistemi combinati fotovoltaici e solari termici commerciali ad elevata qualità, contribuendo a approfondire la conoscenza dei prodotti e la definizione di procedure di standardizzazione condivise.

Task 36 - Solar Resource Knowledge Management (Annex 36)

L'obiettivo principale della task è fornire accurate informazioni sulla radiazione solare sulla superficie terrestre attraverso formati e misure facilmente accessibili. I dati sono disponibili per industria dell'energia solare, il settore elettrico, le pubbliche amministrazioni e le associazioni legate all'uso delle fonti rinnovabili,

Advanced Housing Renovation with Solar and Conservation (task 37)

L'obiettivo della task sviluppare le basi per la riqualificazione di edifici esistenti con un'elevata qualità energetica e sviluppare le strategie per favorire la penetrazione sul mercato di tali tipologie di intervento. In questa task sono dunque equiparate in termini di attività la parte dedicata alla ricerca e sviluppo e quella dedicata all'implementazione del mercato.

Solar Air-Conditioning and Refrigeration (task 38)

La task intende implementare le misure finalizzate ad una rapida introduzione nel mercato di macchine per la climatizzazione e la refrigerazione azionate dall'energia solare, focalizzando l'impegno su nuovi componenti e sviluppo di nuovi sistemi. Attività di sviluppo e valutazione sono eseguite su attrezzature per il raffrescamento di abitazioni e piccoli edifici commerciali.

Polymeric Materials for Solar Thermal Applications (task 39)

Obiettivo principale è la valutazione dell'applicabilità e le potenzialità in termini di risparmio economico utilizzando materiali polimerici e sviluppando nuovi sistemi per l'energia solare termica basati sull'utilizzo di polimeri. Saranno inoltre definiti metodi per la valutazione dell'affidabilità e durabilità di tali materiali.

Towards Net Zero Energy Solar Buildings (task 40 con ECBCS annex 52))

Scopo del task è lo sviluppo di concepts per la progettazione e la realizzazione di edifici ad zero emissioni. Le attività sono incentrate su un terreno comune a livello di definizione e contenuti degli edifici ad energia netta nulla. Altri contenuti rilevanti sono l'individuazione di casi studio di eccellenza.

Compact Thermal Energy Storage (task 42)

L'accumulo del calore prodotto è uno dei punti critici dei sistemi di produzione del caldo con energia solare. L'obiettivo principale della task è strutturare ed organizzare in modo organico le numerose attività su tema e portate avanti dai singoli istituti di ricerca. In particolare si pone grande attenzione sui nuovi materiali e sulle procedure di verifica e caratterizzazione dei componenti.

2.1 Task 38: “Solar Air-Conditioning And Refrigeration”

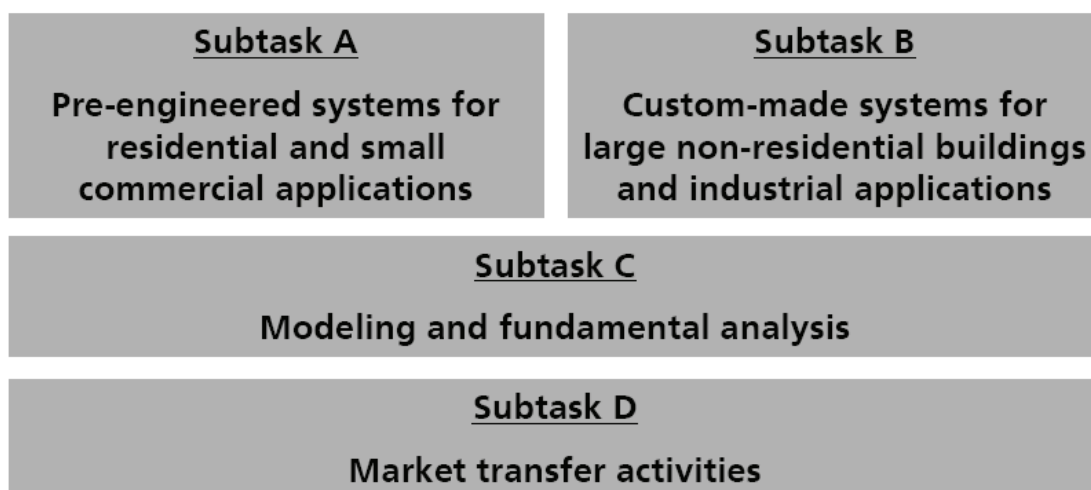
2.1.1 Introduzione

L'ambito del Task 38 si colloca nel settore delle tecnologie per la produzione di acqua fredda o di aria condizionata alimentate termicamente attraverso calore solare, cioè, sono oggetto del Task i componenti che trasformano la radiazione solare che arriva al collettore in acqua fredda e/o aria condizionata fornita all'applicazione.

Nonostante il sistema di distribuzione sia un elemento chiave, l'edificio e la interazione dello stesso con l'impianto non è l'argomento principale del Task38; tuttavia, questa interazione sarà trattata là dove necessario. In particolare, per impianti di piccola taglia, che possono fare uso dei collettori solari come unica fonte di calore, il sistema complessivo edificio impianto è esaminato in modo da ottimizzarne il rendimento complessivo. Il Task comprende anche il raffreddamento solare per applicazioni diverse da quelle che riguardano la climatizzazione di aria, cioè, per processi industriali e altre applicazioni (ad esempio, conservazione di alimenti). Maggiori dettagli sulle attività svolte sono riportati in [5].

2.1.2 I Subtask. Descrizione e i Work Package

I *Subtask* includono attività denominate verticali ed orizzontali, come mostrato nello schema seguente:



Una visione più dettagliata di ogni *Subtask* e dei vari *work package* compresi in ognuno di essi, è descritta nei seguenti sottocapitoli.

2.1.2.1 Subtask A: Sistemi compatti per applicazioni residenziali e piccolo terziario

Il lavoro del Subtask A comprende i seguenti work package (WP). Le persone/istituzioni responsabili sono indicati tra parentesi:

- A1 Market overview
- A2 Raccolta di schemi di sistemi selezionati (sistemi generici) (ZAE)
- A3 Relazione tecnica sulle attività impostate sperimentali e di monitoraggio (AEE INTEC)
- A4 Raccolta di proposte sulle procedure di valutazione di sistemi (AEE INTEC, CIEMAT)
- A5 Linee guida di installazione e manutenzione per sistemi compatti (ancora non definite)

Verranno prodotti diversi rapporti (in parentesi le istituzioni responsabili in seguito al titolo di ogni rapporto):

- Rapporto sullo stato dell'arte delle macchine di raffreddamento e smaltimento del calore di idonea capacità disponibili sul mercato, comprensivo di standard per il confronto tra diverse tecnologie (ISE).
- Una visione d'insieme sui sistemi "combi" disponibili sul mercato (AEE INTEC) e dei serbatoi di freddo (Fraunhofer UMSICHT).

- Una visione d'insieme sui sistemi convenzionali tipici in ogni paese partecipante (Queen's university).

2.1.2.2 Subtask B: Sistemi progettati su misura per applicazioni di grandi dimensioni non-residenziali e industriali

I lavori del Subtask B comprendono i work package descritti in seguito (le persone/istituzioni responsabili sono indicati tra parentesi):

- B1 Visione d'insieme del mercato (Università di Palermo, DREAM: Marco Beccali)
- B2 Progettazione e controllo di sistemi (arsenal research: Tim Selke)
- B3 Procedura per la valutazione dei risultati di monitoraggio (Eurac research, Wolfram Sparber)
- B4 Metodo di pre-progettazione (tecsol, Daniel Mugnier)
- B5 Linee guida per l'installazione (ILK Dresden, Uwe Franzke)
- B6 Linee guida per i capitolati di appalto (checklists) (TU Berlin, Jan Albers)

Una indagine sui sistemi di raffreddamento solare progettati su misura rivela che attualmente esistono nel mondo 73 impianti di raffrescamento solare di grandi dimensioni, per un totale di 8240 kW di potenza frigorifera installata e 21150 m² di collettori solari che alimentano chiller ad assorbimento o adsorbimento. La distribuzione di tali sistemi per destinazione d'uso viene riportata nel grafico sottostante:

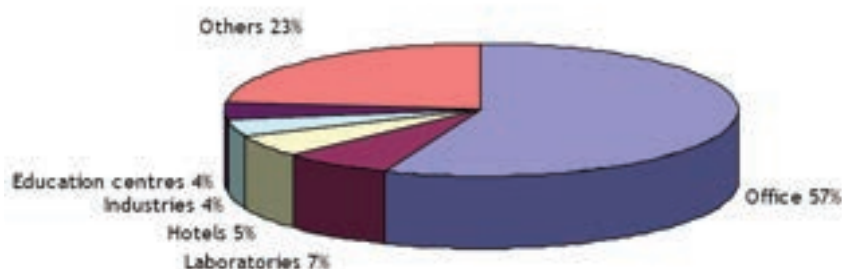


Fig. 34 - Distribuzione dei sistemi di raffreddamento solare per usi. Fonte: EURAC, 2007.

2.1.2.3 Subtask C: Analisi fondamentali e di modellazione

Questo Task è organizzato in 5 work package ed per ogni sottogruppo ci sono due relatori. La situazione attuale è:

- C1 Stato dell'arte: Lucio Mesquita (Queen's university) assistito da Michael Krause (Kassel Universität)
- C2 Simulazioni: Edo Wiemken (Fraunhofer ISE) assistito da Paul Bourdoukan (INES)
- C3 Analisi termodinamica: Luigi Marletta (università di Catania) assistito da Nolwenn Le Pierres (INES)
- C4 Criterio di rendimento: Maria-Jose Jimenez e Jose Antonio Ferrer (CIEMAT) assistiti da Maurizio De Lucia
- C5 Rigetto di calore: Harald Moser (IWT, Technische Universität Graz) assistito da Lars Reinholdt

Da alcuni risultati di simulazione discendono le seguenti conclusioni per i diversi sistemi ad aria condizionata :

Per sistemi ad acqua fredda:

- I chiller a singolo effetto a LiBr/H₂O richiedono un minor investimento in collettori solari rispetto agli altri sistemi.
- I chiller a doppio effetto a LiBr/H₂O hanno efficienza maggiore ma richiedono costi eccessivi per i collettori solari.
- I chiller a metà effetto a LiBr/H₂O non possono competere coi chiller a singolo effetto a LiBr/H₂O sia in termini di costi iniziali sin in termini di costi operativi.

Per i sistema ad aria fredda;

- I chiller a metà effetto a LiBr/H₂O richiedono un minor investimento in collettori solari.
- I chiller tipo GAX a NH₃/H₂O possono produrre in modo efficiente se accoppiati a collettori solari per media temperatura, dai costi maggiori.

2.1.2.4 Subtask D: Attività di Market transfer

I lavori del Subtask D sono di seguito elencati:

- D1 Metodologia di misura del rendimento (ISE)
- D2 Certificazione e standard - Da definire (Università di Firenze)
- D3 Analisi del ciclo di vita - DREAM (Uni Palermo) e Uni Catania
- D4 Seconda edizione del Manuale (POLIMI, ISE)
- D5.1 Rapporto sulle Policy (ISE, Polimi, ECN)
- D5.2 Materiale di training (Ambiente Italia)
- D5.3 Workshop per le Industrie (All participants)
- D5.4 E-newsletter (ISE, All participants)
- D6 Analisi di mercato (Polimi, Aiguasol)

2.1.3 Risultati preliminari e ulteriori lavori

Questo capitolo è un riassunto dei risultati raggiunti fino all'ultima riunione di esperti (*expert meeting*), tenutasi a Vienna nel Novembre 2008. Il risultato più recente del Task38 è la partecipazione attiva a EUROSUN 2008, la prima conferenza internazionale sull'uso dell'energia solare nel riscaldamento e raffreddamento degli edifici, tenutasi dal 7 al 10 Ottobre nel centro di congressi di Lisbona (Portogallo), con un totale di 17 presentazioni del lavoro del Task 38.

I risultati corrispondenti nello specifico ad ogni uno dei quattro Subtask sono descritti nei seguenti sottocapitoli.

2.1.3.1 Subtask A

I risultati più notevoli raggiunti dal Subtask A fino ad oggi sono i seguenti:

- Il monitoraggio di 20 installazioni di sistemi di raffreddamento solare di piccola taglia è quasi terminato. In altri sistemi il monitoraggio è in corso, e per la maggior parte degli sistemi l'installazione del sistema di monitoraggio non è ancora completa e sarà possibile iniziare il monitoraggio durante l'estate 2009.
- I primi risultati del monitoraggio di 3 sistemi sono stati presentati alla riunione degli esperti.
- E' stata completata una relazione comune per descrivere la procedura del monitoraggio assieme al Subtask B
- Sono stati sviluppati e presentati una procedura di valutazione a 3 livelli per il monitoraggio in campo di prove in cooperazione col Subtask B e la definizione di uno schema di riferimento per la valutazione del risparmio energetico conseguibile
- Il nuovo gruppo di lavoro "Linee guida di installazione e manutenzione per sistemi compatti" è stato costituito

La tabella successiva include una visione d'insieme di tutti i sistemi che verranno monitorati dal Subtask A (elencati per colonne Paese - Città - Nome dell'impianto - Potenza di freddo nominale - Tipo di cooling/chiller):

Country	City	Name of installation	Nominal cooling power	Type of cooling/chiller
Austria	Gröbming	Training centre and office building Bachler	10kW	Absorption - NH ₃ /H ₂ O; chillii® PSC10
Austria	Purkersdorf	Retrofit to Passivhouse; Arch. Reinberg	2 kW	Solarfrost - NH ₃ /H ₂ O; Prototype
Austria	Sattledt	Office building; Headquarter of SOLution	15 kW	Absorption - H ₂ O/LiBr; EAW WEGRACAL SE15
Denmark		AC-Sun ApS	10kW	Ideal Rankin / Carnot cycle with overheating; AC-Sun
France	Maclas	Résidence du Lac / SIEL	10 kW	Absorption - H ₂ O/LiBr; Suninverse Sonnenklima
France	La Rochelle	IUT – La Rochelle	17kw	DEC -Silica gel
Germany	Clausthal-Zellerfeld	CUTEC Institut	10kW	Absorption - NH ₃ /H ₂ O; chillii® PSC10
Germany	Freiburg	Canteen; Fraunhofer Institute FhG-ISE	5.5kW	Adsorption - Silicagel/Water; SorTech (prototype)
Germany	Freiburg	ECOS-Test	not yet fixed	Adsorption - Prototype: Open desiccant system
Germany	Garching	ZAE Bayern	10kW	Absorption - H ₂ O/LiBr; Sonnenklima
Germany	Mengesheim	Office building; Company Schneider	5,5 kW	Adsorption - H ₂ O/Silicagel; chillii® STC6
Germany	Miesbach	Raiffeisenbank Miesbach	2x 10kW	Absorption - NH ₃ /H ₂ O; chillii® PSC10
Germany	Moosburg	Office building; Headquarter of CitrinSolar	5,5 kW	Adsorption - H ₂ O/Silicagel; chillii® STC6
Germany	Stuttgart	Institute of Thermodynamics and Thermal Engineering, University Stuttgart	10 kW	Absorption - NH ₃ /H ₂ O; Prototype
Germany	Unterengsing	Office building; Company Zink	5,5 kW	Adsorption - H ₂ O/Silicagel; chillii® STC6

Italy	Milan	ISSA	4,5 kW	Absorption - H ₂ O/LiBr; Rotartica Solar v45
Malta	Kordin	Headquarter of Eco Group	10kW	Absorption - NH ₃ /H ₂ O; chillii® PSC 10
Malta		Retirement home	10kW	Absorption - NH ₃ /H ₂ O; chillii® PSC 10
Spain	Miñano	Domolab	4.5 kW	Absorption - H ₂ O/LiBr; Rotartica 045
Switzerland	Rapperswil	SPF - University of Applied Sciences	10 kW	Absorption - H ₂ O/LiBr; SonnenKlima
Switzerland	Yverdon-les-Bains	HES-SO - Laboratory of Solar Energetics and Building Physics (LESBAT)	5.5 kW	Adsorption - Silicagel/Water; SorTech AG; SKA PT415
Germany	Berlin	Radiological Practice	10 kW	Absorption - H ₂ O/LiBr; Sonnenklima
France	Perpignan	SOLACLIM	7.5 kW	Adsorption Silicagel/Water; Sortech ACS08

Tab. 11 - Sistemi monitorati nel Subtask A. (Ref. Task 38, 5th expert meeting 6-8 Ottobre, 2008, Lisbona)

Gli ulteriori lavori che verranno sviluppati all'interno del Subtask A sono elencati nel seguito, in corrispondenza ad ognuno dei work package del Task:

WP A1: Visione d'insieme del mercato (Market Overview)

Visione d'insieme del mercato comprendente componenti esistenti e in fase di sviluppo adatti a sistemi combinati per la produzione di acqua calda e fredda con potenze di freddo < 20 kW.

La bozza della relazione di stato dell'arte che descrive il mercato sarà presentata nel prossimo meeting. Un contributo addizionale alla relazione sarà fornito dalla relazione di POLYSMART (primavera di 2009) e dai risultati del Task 26, che riguardano sistemi combi solari generici.

WP A2: Sistemi generici

Questo work package riguarda l'individuazione delle varie soluzioni tecniche che sono alla base di un generico sistema di raffrescamento solare, tra cui : sottosistema di alimentazione del calore, sistema di smaltimento del calore, sistema di produzione del freddo e circuiti idraulica.

Una bozza di schema a blocchi dei principali componenti utilizzati nei sistemi solari combi plus include:

- Sottosistema del lato caldo (Hot side subsystem)
- Sottosistema del lato freddo
- Smaltimento del di calore

Questa proposta fu discussa durante l'ultimo meeting. I risultati dei gruppi di lavoro verranno usati per produrre una bozza del rapporto *Generic System Schemes* che sarà pronta entro Aprile 2009 (cioè, per il prossimo meeting).

WP A3: Monitoraggio

Le attività di monitoraggio sono ancora in corso, in quanto la maggior parte dei sistemi ha iniziato ad operare durante l'estate 2008; ad oggi non ci sono ancora risultati di monitoraggio completamente certificati e disponibili. Le procedure per la valutazione dei risultati di monitoraggio sono state discusse da un gruppo di lavoro in collaborazione con il Subtask B. Per quanto riguarda la procedura di valutazione a 3 livelli, questa è stata concordata e un foglio Excel (reso applicabile anche alle soluzioni di tipo DEC) è stato fornito a tutti i partner partecipanti.

Nell'ultimo meeting sono stati presentati i risultati del monitoraggio di 3 installazioni e 2 sistemi si sono aggiunti all'elenco. Assieme al Subtask B, è stata elaborata una relazione comune, la quale descrive la procedura di monitoraggio; questo lavoro è anche stato presentato alla conferenza EuroSun 2008 in forma di articolo.

WP A4: Procedure di valutazione

Il lavoro di questo Subtask va unito alle attività di monitoraggio del WP 3, a causa di una comunanza degli argomenti. Il calcolo della frazione solare si baserà sulla procedura del Task 32. Ulteriori procedure teoriche (simulazioni) verranno svolte nell'ambito del Subtask C3.

WP A5: Installazione e linee guida per la manutenzione

Le precedenti esperienze sono state riassunte in forma di linee guida per la installazione e la manutenzione. Si sta elaborando un documento di lavoro che tratterà i seguenti argomenti: definizione di un sistema compatto, analisi degli oneri di manutenzione a carico dell'utente finale e procedure di controllo necessarie per assicurare il funzionamento appropriato degli impianti. La **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** mostra un elenco aggiornato di tutti i sistemi che verranno monitorati nell'ambito del Subtask A.

2.1.3.2 Subtask B

I risultati più notevoli raggiunti dal Subtask B fino ad oggi sono i seguenti:

- Una relazione sul mercato dei sistemi DEC.
- Una relazione sul 88 impianti ad ad/assorbimento installati in tutto il mondo, la quale è disponibile all'area interna del sito web del Task 38.
- Un documento di lavoro sulla progettazione di sistemi di controllo avanzato.
- Una relazione sul monitoraggio inviata a tutti i partner. La procedura di valutazione e il foglio Excel sono stati elaborati. Primo feedback sulla applicazione dei concetti di monitoraggio in alcune attività sperimentali
- Una bozza del pacchetto *software* che servirà da strumento di pre-progettazione è stata sviluppata e presentata, e ulteriori discussioni circa il suo sviluppo futuro sono in corso.
- Un documento di lavoro sulla certificazione richiesta all'interno dei bandi di gara.
- Accordo sul piano di lavoro aggiornato, deliverables, calendario e responsabilità.

Ulteriori lavori nell'ambito del Subtask B verranno sviluppati in corrispondenza ad ognuno dei work package elencati di seguito:

WP B1: Visione d'insieme del mercato

Sistemi DEC: La relazione include una descrizione in dettaglio di 6 impianti DEC, e sarà conclusa entro il prossimo meeting ad Aprile 2009.

Sistemi ad Ab- e Adsorbimento: La relazione e l'elenco di tutti i sistemi considerati è stata conclusa e verrà fornita a tutti i partecipanti attraverso l'area interna del sito web.

WP B2: Selezione e progettazione del sistema di controllo

La struttura dell'approccio del WP è stata definita e la sua elaborazione è in corso. Un gruppo di discussione formatosi durante lo scorso expert meeting ha discusso in particolare di: strategie di controllo, check list su "cose da fare e cose da non fare", e contributo al manuale del progettista. Questo contributo sarà diviso in due sottocapitoli che riguarderanno gli argomenti "Progettazione di sistemi" e "Controllo di sistemi ad adsorbimento e assorbimento e di sistemi DEC".

WP B3: Monitoraggio di progetti dimostrativi e proposta di procedure di valutazione

Nell'ambito della 5a riunione di esperti è stata presentata la procedura del monitoraggio e i suoi risultati. Durante il workshop sono stati presentati i risultati di 3 monitoraggi.

Per quanto riguarda la valutazione dei sistemi monitorati, vanno considerati i seguenti aspetti: consumi elettrici, calore solare e fonte di calore ausiliaria (ad es. calore di scarto), consumi di acqua, misure di prestazione dei sistemi DEC, utilizzo del chiller come pompa di calore, accuratezza.

Un elenco aggiornato di tutti i sistemi da monitorare nell'ambito del Subtask B è dettagliato in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..**

Il gruppo DREAM di Palermo ha partecipato alle attività del subtask B e una sintesi del lavoro effettuato è riportata nel documento allegato "DREAM Sintesi Deliverable finale mar 09.doc".

WP B4: Metodo per la pre-progettazione di progetti di successo

Un approccio chiaro al collaudo della pre-progettazione è stato sviluppato, il quale include aspetti sia tecnici che non tecnici. Questo strumento rende possibile una pre-selezione della tecnologia e dello schema idraulico in accordo con le condizioni al contorno dell'edificio e le condizioni climatiche, nonché permette di ottenere il dimensionamento preliminare dei principali componenti del sistema. Nel meeting è stato deciso da mettere a disposizione questo strumento attraverso internet.

WP B5 + B6: Linee guida per la installazione, la valutazione e la redazione di capitolati di appalto

I dati disponibili sono stati discussi nell'ambito del gruppo di lavoro durante la riunione di esperti, ed è stato elaborato un documento di lavoro da consegnare a tutti i partecipanti (elaborato dalla Università di Berlino).

La tabella seguente include una visione d'insieme di tutti i sistemi dotati di monitoraggio del Subtask B (elencati per colonne Paese - Città - Nome dell'impianto - Potenza di freddo nominale - Tipo di cooling/chiller).

Country	City	Name of installation	Nominal cooling power (volume flow for open cycle systems)	Type of cooling/chiller
Italy	Bolzano	EURAC	300 kW	Absorption – THERMAX – THW LT 14
Spain	Valladolid	CARTIF, Boecillo Technology Park	35 kw	Absorption – Yazaki WFC 10
Denmark	Skive	Municipal administration building of Skive	70 kW	Absorption -
Belgium	Brussels	Renewable Energy House	35 kW	Absorption – Yazaki WFC 10
Germany	Ingolstadt	AUDI logistic center	8000 m³/h	DEC system
Italy	Turin	ECOMENSA, Fiat Research Center	15.000 m³/h	Adsorption – DEC system
Austria	Rohrbach	BH Rohrbach	30 kW	Absorption – EAW
Portugal	Lisbon	Renewable Energy Department INETI	5.000 m³/h	DEC system
Spain	Barcelona	PERACAMPS	35 kW	Absorption – Yazaki WFC 10
Italy	Palermo	DREAM	1250 m³/h	DEC system
Germany	Esslingen	FESTO technology center	1.05 MW	Adsorption – 3x MAYEKAWA ADR 100
Australia	Ipswich	Ipswich Hospital	300 kW	Absorption – BROAD BZH 25 (double effect)

Tab. 12 - Sistemi monitorati nel Subtask B. (Ref. Task 38, 5th expert meeting 6-8 Ottobre, 2008, Lisbona)

2.1.3.3 Subtask C

I risultati più rilevanti raggiunti dal Subtask C fino ad oggi sono i seguenti:

- Sono stati prodotti i seguenti documenti:
 - Un documento di lavoro sulla ricerca bibliografica relativa a nuovi sviluppi.
 - Una bozza sui software di simulazione utilizzabili per lo studio di applicabilità della tecnologia DEC.
 - Una seconda bozza sull'analisi Exergetica applicata al raffrescamento solare.
- È stato completato lo studio "Different second law and exergy analyses of DEC-systems".
- Nell'ambito della procedura di monitoraggio unificata, è stata avanzata una proposta sul metodo FSC applicato al raffrescamento solare.
- Il Task includerà una valutazione del rendimento sperimentale di un sistema di raffreddamento solare DEC e un confronto con un sistema di riferimento convenzionale.

I lavori futuri del Subtask C corrispondenti ad ognuno dei work package sono descritti di seguito:

WP C1: Stato dell'arte – Indagine sui nuovi sviluppi nell'ambito del raffreddamento solare

Un foglio Excel che include gli sviluppi dei progetti di raffrescamento solare verrà completato entro il prossimo meeting, e terrà in considerazione il contributo dei partecipanti. L'indagine è divisa a seconda delle diverse tecnologie come segue:

- Processi liquidi di ad-assorbimento a ciclo chiuso (ammoniaca-acqua, LiBr- acqua)
- Processi solidi di ad-assorbimento a ciclo chiuso (silica gel – water, zeolite – water, salt – water)
- Tecnologia dei desiccanti liquidi
- Tecnologia dei desiccanti solidi
- Tecnologia Steam jet

WP C2: Strumenti di Simulazione

Diversi lavori sono stati sviluppati per la modellazione di tecnologie DEC solide e liquide attraverso strumenti software TRNSYS, Insel, Spark e Mathcad. Il Politecnico di Milano ha partecipato a questa attività effettuando delle simulazioni in Trnsys, i cui risultati preliminari sono riportati nel CD allegato.

Una relazione finale sul confronto tra strumenti di simulazione per i sistemi DEC verrà effettuata entro la prossima riunione ad Aprile 2009. Nell'ultima riunione di esperti è stata presentata la modellazione di un nuovo sistema desiccante (ECOS) col software "modelica". Le prossime attività verteranno sul confronto tra i risultati delle simulazioni con i dati sperimentali disponibili al fine di elaborare uno studio di benchmark dei diversi strumenti di simulazione applicati allo stesso sistema.

WP C3: Analisi termodinamica / Exergetica

È oramai disponibile la bozza di un rapporto sull'analisi exergetica del raffrescamento solare, "Exergy analysis of solar cooling. A worked example" realizzata da Luigi Marletta, così come una certa numero di esercitazioni sull'uso della seconda legge e dell'exergia nei sistemi DEC. Si tratta di uno dei primi risultati diretti oggi disponibili nell'ambito della rete.



Figura 1. Flussi di Exergia ed energia attraverso un sistema fisico (Ref. Marletta, L., Exergy analysis of solar cooling, 2008)

WP C4: Valutazione del rendimento/Criteri di rendimento

Nell'ambito della procedura di monitoraggio unificata, è stata fatta una proposta sul metodo FSC applicato al raffreddamento solare. Verranno anche incluse nel Task la valutazione del rendimento sperimentale dei sistemi desiccanti di solar cooling ed un confronto con i chiller a compressione di vapore.

WP C5: Smaltimento di calore

Nella 5a riunione di esperti si è tenuta una presentazione sui sistemi avanzati per lo smaltimento del calore. Nell'ambito della riunione di gruppo sono stati presentati calcoli di progettazione di torri di raffreddamento a secco e ad acqua.

2.1.3.4 Subtask D

I risultati più rilevanti raggiunti dal Subtask D fino ad oggi sono i seguenti:

- Relazione sulla metodologia LCA (analisi del ciclo di vita) e un foglio per la raccolta dei dati.
- La seconda bozza della tabella di contenuti del nuovo manuale del raffrescamento solare "*New handbook of solar cooling*" è stata accettata e gli autori responsabili sono stati proposti.
- Una bozza di e-newsletter è stata accettata ed il suo sviluppo è in corso

Le attività del subtask D sono coordinate dal Politecnico di Milano e le presentazioni ai vari Expert Meeting sono riportate nel CD allegato.

I lavori futuri del Subtask D corrispondenti ad ognuno dei work package sono descritti di seguito:

WP D1: Metodologia per la misurazione del rendimento

L'obiettivo è lo sviluppo di una chiara Metodologia di misurazione del rendimento, la quale intende valutare il rendimento complessivo di diversi sistemi in termini di energia e costi. La base del lavoro sui sistemi SAC si svolgerà nell'ambito dei Subtask A e B e il risultato finale verrà fornito al Subtask D.

WP D2: Certificazione e schemi di standardizzazione

I lavori in corso sono principalmente quelli di raccolta di standard per i componenti principali, in particolare per le macchine di raffrescamento alimentate termicamente e per le torri di raffreddamento. Suggerimenti sugli sviluppi futuri potranno giungere dall'analisi dei sistemi compatti, in particolare dal Subtask A. Per questo work package non si è organizzata nessuna riunione di gruppo.

WP D3: Analisi del ciclo di vita dei sistemi di raffreddamento solare

Il rapporto della metodologia è stato concluso. L'attività è guidata dal DREAM di Palermo e una sintesi del lavoro è riportata nel documento allegato "DREAM Sintesi Deliverable finale mar 09.doc". Si tratta di un documento che descrive gli aspetti chiave del LCA con l'obiettivo di omogeneizzare al massimo i casi di studio. Con lo scopo di sintetizzare i risultati, è stato creato un foglio di sintesi dei dati. Per rendere possibile il confronto dei risultati tra diversi casi-studio a dei casi di riferimento, è stato deciso di riferire i risultati a diverse Unità Funzionali (i.e. *Functional Unit* (FU)). La preparazione della base dati è in corso ed è stata parzialmente compilata con l'inserimento dei dati relativi ai sistemi convenzionali (di riferimento) e ai sistemi innovativi; il suo completamento avverrà anche grazie al contributo dei partner scelti.

WP D4: Seconda edizione del Manuale di Solar Cooling per progettisti

Nella 5a riunione di esperti una presentazione sulla seconda edizione del manuale per progettisti e una riunione di gruppo hanno avuto luogo. Risultati di tale riunione sono la proposta della Tabella dei contenuti, la struttura organizzativa e gli autori responsabili. Ogni capitolo principale verrà gestito da un autore responsabile. Il prossimo passo è l'elaborazione di una bozza della struttura del libro, inclusi numero di pagine, figure e fotografie di ogni capitolo, ed avviare la selezione della casa editrice. Le case editrici candidate sono: Solarpraxis (Berlino), Springer (Vienna), James&James (Londra).

WP D5: Disseminazione dei risultati

WP D5.1 Policy paper

Una prima bozza del policy paper è stato prodotto in base all'evoluzione dell'ambito politico a livello della EU e considerando le iniziative a livello nazionale. La versione finale sarà basata sui risultati finali della Direttiva Europea RES-H.

WP D5.2 Materiali di training per installatori e progettisti

Nella 5a riunione di esperti ha avuto luogo una presentazione sui materiali di training, e si è deciso di armonizzare gli input del Task 38 e del progetto europeo SOLAIR. Prossimamente verranno anche inseriti altri materiali provenienti dai vari Subtask.

WP D5.3 Workshop con le Industrie Nazionali

Nessun workshop con le industrie nazionali è stato organizzato durante l'ultimo meeting a causa della concomitanza con la conferenza EuroSun. Dei workshop per le industrie avranno luogo nell'ultimo anno del Task38 e saranno tenuti nelle lingue nazionali.

WP D5.4 E-newsletter semestrale per l'industria

Nella 5a riunione di esperti è stata presentata la bozza di e-newsletter, che dovrà essere approvata e poi tradotta nelle diverse lingue dei paesi partecipanti.

WP D6: Analisi di mercato

L'analisi del mercato prende come punto di partenza la metodologia sviluppata nell'ambito del progetto ROCOCO finanziato dalla EU. Attualmente questo deliverable è ancora in fase iniziale.

- [1] B. Di Pietra – ENEA - “Performance Assessment of Residential Cogeneration Systems in different Italian climatic zones” A Report of Subtask C of FC+COGEN-SIM - Annex 42 of the International Energy Agency Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme
- [2] M. Perino, V. Serra, F. Zanghirella, A. Kindinis – Politecnico di Torino - “Elementi Responsivi e concetti integrati edificio/impianto: Rapporto sulle attività della IEA ECBCS Annex 44”
- [3] S. Ferrari, V. Zanotto, M. Bonomi – Politecnico di Milano - “Holistic Assessment Tool-kit on Energy Efficient Retrofit Measures for Government Buildings (EnERGo)”: Rapporto sulle attività della IEA ECBCS Annex 46
- [4] M. Masoero, C. Silvi, M. Serraino, J. Toniolo – Politecnico di Torino - “Heat pumping and reversible air conditioning” Rapporto sulle attività della IEA ECBCS Annex 48
- [5] M. Beccali, Fulvio Ardente, F. D’Ippolito, P. Finocchiaro, B. Nocke, M. Cellura: “Rapporto sui risultati della partecipazione a gruppi di lavoro internazionali (IEA): La Task 38 SHC”