

**RICERCA SISTEMA ELETTRICO****Holistic Assessment Tool-kit on Energy Efficient Retrofit  
Measures for Government Buildings (EnERGo)****Rapporto sulle attività della IEA ECBCS Annex 46**

**S. Ferrari, V. Zanotto, M. Bonomi**





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



*Ministero dello Sviluppo Economico*

RICERCA SISTEMA ELETTRICO

## Holistic Assessment Tool-kit on Energy Efficient Retrofit Measures for Government Buildings (EnERGo)

Rapporto sulle attività della IEA ECBCS Annex 46

*S. Ferrari, V. Canotto, M. Bonomi*

HOLISTIC ASSESSMENT TOOL-KIT ON ENERGY EFFICIENT RETROFIT MEASURES FOR  
GOVERNMENT BUILDINGS (ENERGO)

Rapporto sulle attività della IEA ECBCS Annex 46

S. Ferrari, V. Canotto, M. Bonomi (Politecnico di Milano, Dipartimento BEST)

Marzo 2009

Report Ricerca Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA

Area: Usi finali

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

Interazione condizionamento e illuminazione

Responsabile Tema: Marco Citterio, ENEA



## **Abstract:**

# **PARTECIPAZIONE AI GRUPPI DI LAVORO INTERNAZIONALI (IEA) – Annex 46, Holistic Assessment Tool-kit on Energy Efficient Retrofit Measures for Government Buildings (EnERGo)**

## **Collaborazione tra ENEA e Dip.to BEST:**

“Partecipazione all’implementing Agreement – Energy Conservation in Building Communities Systems – dell’Agenzia Internazionale dell’Energia e sviluppo di modelli di calcolo semplificati per la valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici”

nell’ambito dell’Accordo di programma MSE-ENEA sul Tema di ricerca 5.4.1.1/2

*“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 scientifico:**

Simone Ferrari

**Gruppo di lavoro:**

Valentina Zanotto

Marco Bonomi

MARZO 2009

## Obiettivi

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.

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.

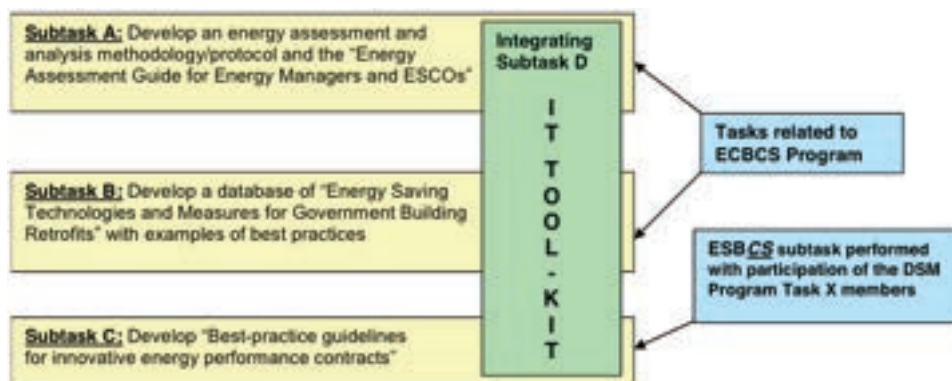


Figura 1: Struttura delle attività e dei gruppi di lavoro.

## Contributi del gruppo italiano

Il lavoro da noi svolto, in particolare, è rientrato all'interno 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 innanzi tutto 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).

Le misure di risparmio di cui ci siamo occupati direttamente riguardano 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.

### ***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. 1: 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. 2: 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).

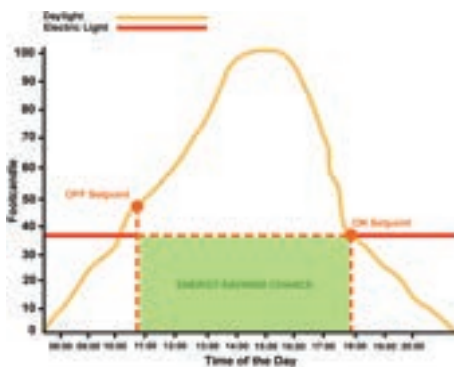


Fig.3: Schema di funzionamento di un sistema di controllo di daylighting del tipo on/off

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.

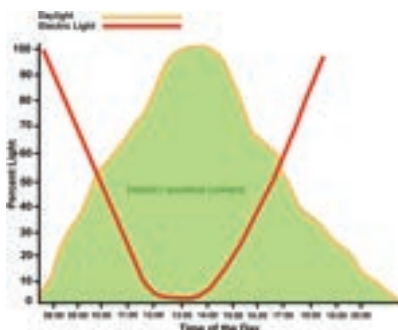


Fig.4: Schema di funzionamento di un sistema di controllo di daylighting con dimmer.

#### **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 superficie e di pavimento, calcolato considerando sia un'eventuale installazione ex-novo sia l'integrazione dell'installazione all'interno del programma di manutenzione ordinaria.





Fig. 5: Planimetria degli edifici del Politecnico di Milano considerati.

L'installazione dei sensori di daylighting ex-novo è stata stimata per 39.10 €/m<sup>2</sup> negli uffici, 28.60 €/m<sup>2</sup> nelle aule e 18.80 €/m<sup>2</sup> nelle aree comuni. Considerando l'integrazione dell'installazione all'interno del programma di manutenzione ordinaria, i prezzi variano a 33.40 €/m<sup>2</sup> negli uffici, 26.60 €/m<sup>2</sup> nelle aule e 13.20 €/m<sup>2</sup> 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.

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.

- 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 abbiamo selezionato e descritto tre progetti:

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

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

#### 01. Dati Generali



Fig.1: 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 <sup>2</sup> |
| Numero di occupanti           | 110                                    |

#### 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/m<sup>2</sup>.

#### **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.

## **02. Localizzazione, Tipologia**

### **Localizzazione**



*Fig.2: Localizzazione della città di Bolzano e dell'edificio.*

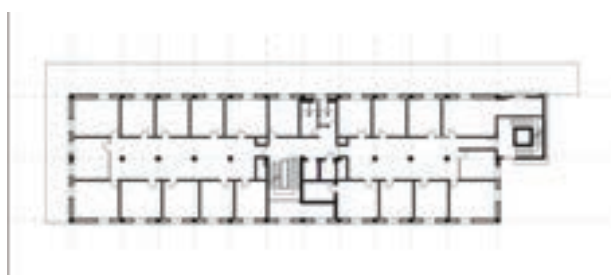
L'edificio è localizzato all'interno della città di Bolzano, di fianco alla stazione ferroviaria centrale.

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.



*Fig.3: Pianta di un piano tipo dell'edificio dopo l'intervento.*



*Fig.4: Facciata Nord-Est dell'edificio dopo l'intervento.*

### 03. 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.



Fig.5: View of the building before retrofit

#### Impianti di Riscaldamento / Ventilazione / Raffrescamento 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 aggetto presente al piano terra, che era costituito esclusivamente da materiali metallici.

### 04. 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.



Fig.6: 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.



Fig.7: 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.



Fig.8: 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.

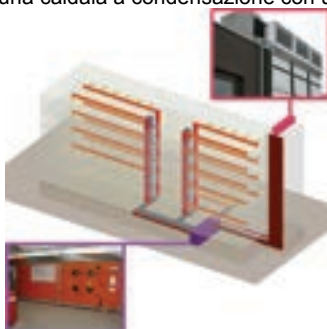


Fig.9: Schema che illustra l'impianto di condizionamento dell'aria.

Sulle facciate della torre laterale sono stati installati 212 m<sup>2</sup> 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.



Fig.10: Foto delle celle fotovoltaiche installate sulla torre.

#### 05. 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/m<sup>2</sup>y.

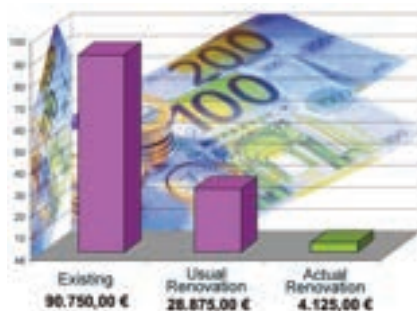


Fig.11: Confronto tra i costi di riscaldamento legati alle diverse versioni possibili dell'edificio.

**06. Valutazione da Parte dell'Utenza**

Nessuna informazione disponibile.

**07. 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 €.



Fig. 12: 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 €.

**08. Note**

Nessuna informazione disponibile.

**09. 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](http://www.expost.it)

**Risultati ottenuti e prossimi sviluppi**

Le categorie e gli ECM applicabili alle diverse tipologie di edifici sono state definite, e tutti gli aspetti tecnologici e di principio sono ormai stati descritti, mentre per quanto riguarda le simulazioni necessarie alla determinazione dei possibili risparmi energetici da un punto di vista quantitativo c'è ancora bisogno di tempo per ottenere tutti i dati. Il reference-case per i diversi paesi è ormai stato definito e simulato per tutti i paesi e tutte le località considerate.

Per questa ragione la banca dati non è ancora stata costituita se non nella forma abbreviata di rapida consultazione, e la sua implementazione all'interno dello strumento elettronico sviluppato dal subtask D. È però disponibile una versione preliminare del database all'interno del sito internet ufficiale dell'Annex 46.

Per quanto riguarda la banca dati relativa ai casi studio reali, essa è già stata implementata all'interno del tool, pur mancando ancora alcune descrizioni. La sua organizzazione interna segue la stessa struttura del catalogo degli ECM, ed è stata rappresentata attraverso una matrice che definisce

i paesi in cui si trovano gli edifici considerati e le strategie di risparmio considerate all'interno del progetto di retrofit.

Per entrambi i database si è prevista una versione elettronica sintetica delle descrizioni dalla quale è poi possibile scaricare, se necessario, le versioni complete delle descrizioni in formato portatile (.pdf).