



L'applicazione pratica di un  
metodo di  
**RIQUALIFICAZIONE  
ENERGETICA** sviluppato  
dal Politecnico di Milano: il recupero  
di **ERGO** a Milano

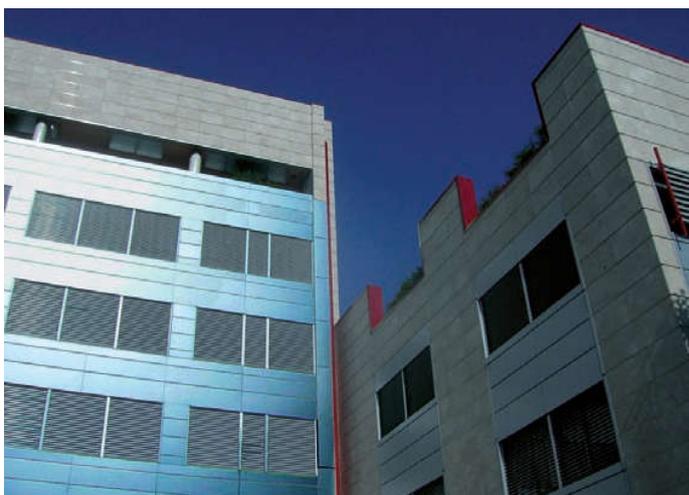
NICCOLÒ ASTE



**N**el 2007, il precoce degrado delle facciate della sede italiana della società assicurativa ERGO ha reso indifferibile un sostanziale rinnovamento dell'involucro. Contemporaneamente si imponeva un sostanziale abbattimento dei consumi energetici, la cui incidenza sui costi di gestione dell'immobile era esorbitante. Il notevole aggravio economico a carico della proprietà è stato letteralmente trasformato in un investimento redditizio, basato sui benefici ed i risparmi conseguibili abbinando ai lavori di ristrutturazione l'applicazione di tecnologie e metodologie d'avanguardia, destinate all'abbattimento dei consumi e delle emissioni correlate. Prima della sua ristrutturazione, la costruzione era decisamente rappresentativa della scarsa qualità architettonica ed energetica di troppi edifici italiani realizzati negli ultimi anni. Si è quindi prestata in modo esemplare al ruolo di caso studio su cui applicare una specifica metodologia di riqualificazione energetica elaborata dal dipartimento BEST del Politecnico di Milano. Quest'ultima è stata concepita per l'ottimizzazione e la valorizzazione degli interventi retrofit, partendo dall'elaborazione di un quadro dettagliato della situazione esistente, con particolare riferimento alle varie voci di consumo energetico, agli elementi critici ed alle soluzioni applicabili.

**MODULO PAROLE CHIAVE**

**INVOLUCRO · RECUPERO · RISPARMIO ENERGETICO · POLITECNICO DI MILANO · NICCOLÒ ASTE · AUDIT ENERGETICO · MODELLO DIGITALE · SIMULAZIONE DELLE PRESTAZIONI · ERM ENERGY RETROFIT MEASURES · ZEROFOOTPRINT RESKINNING AWARD**

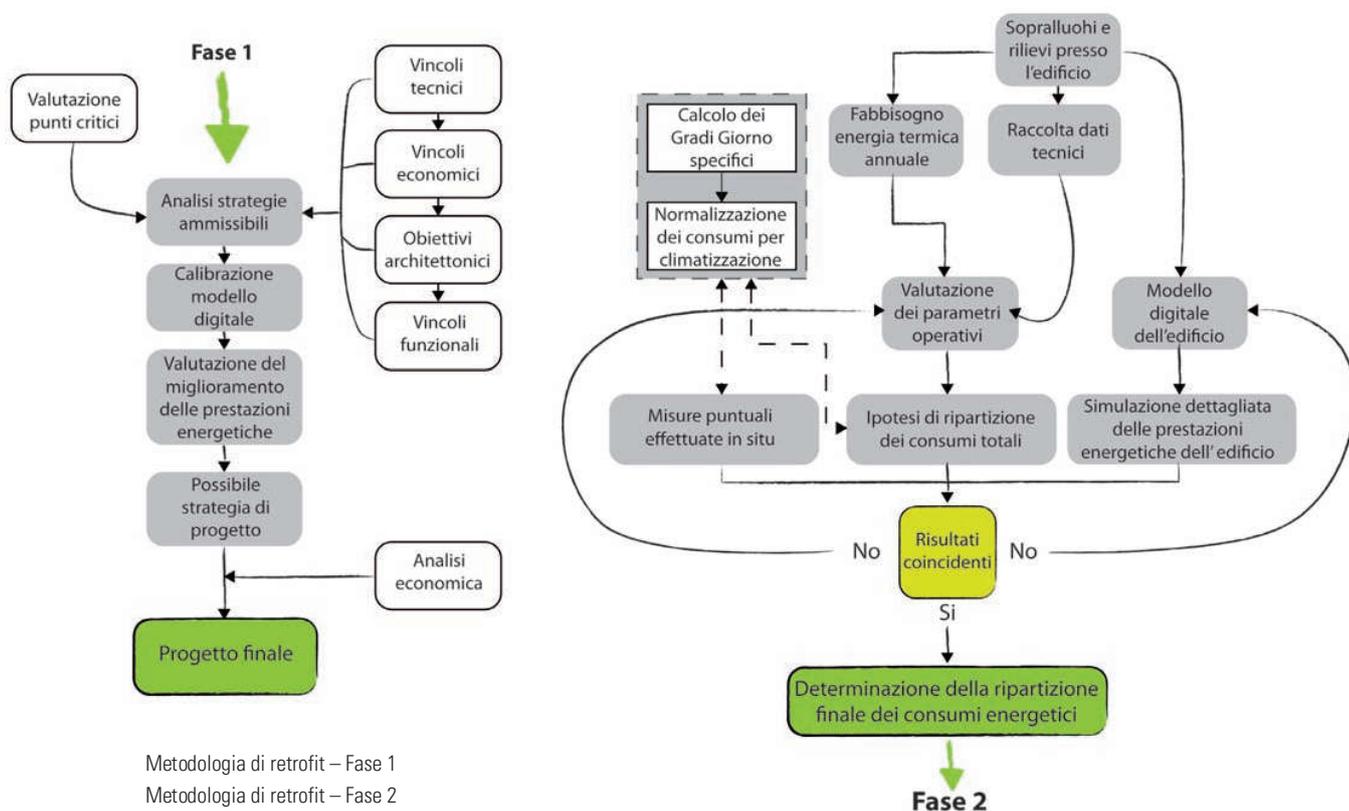


Tecnologie di facciata  
Doppia pelle dinamica con fotovoltaico integrato  
Vista dell'edificio

LA RIQUALIFICAZIONE DELL'INVOLUCRO DELL'EDIFICIO **ERGO PROJECT** A MILANO È STATO CURATO DA **ASTE & FINZI ARCHITETTI**, **DETRACO ENGINEERING**, **DIPARTIMENTO BEST - POLITECNICO DI MILANO** (CONSULENTE SCIENTIFICO); **COVER** È L'IMPRESA ESECUTRICE.

## AUDIT ENERGETICO, MODELLO DIGITALE, SIMULAZIONE DELLE PRESTAZIONI: questo il percorso messo a punto per individuare le CRITICITÀ DELL'EDIFICIO

La prima fase è finalizzata essenzialmente all'esecuzione di un accurato audit energetico. Il processo diagnostico prevede innanzitutto l'esecuzione di rilievi sul posto e la raccolta di informazioni e dati tecnici, allo scopo di ricostruire con la maggiore precisione possibile le caratteristiche architettoniche ed impiantistiche, necessarie per la stima dei principali parametri operativi del sistema edificio-impianto. Successivamente, sulla base di tali parametri, viene predisposto un modello digitale dell'edificio, con lo scopo di poter effettuare una simulazione dettagliata delle prestazioni energetiche. Il processo è di tipo iterativo, poiché presuppone un'attenta calibrazione del modello digitale, variando i parametri operativi e le ipotesi di base grazie all'ausilio di misurazioni puntuali effettuate ad hoc. Quando i risultati delle simulazioni coincidono con i valori rilevati, opportunamente normalizzati per tenere conto delle diverse condizioni climatiche di misura, è dunque possibile effettuare una precisa ripartizione dei consumi energetici finali dell'edificio, quali ad esempio quelli legati alla climatizzazione invernale ed estiva, all'illuminazione artificiale, ecc. Nella seconda fase del processo è possibile determinare con esattezza le principali criticità e stabilire conseguentemente le priorità di intervento che devono essere incluse nella strategia di riqualificazione. La calibrazione del modello consente, inoltre, di poter fare affidamento su di uno strumento preciso ed attendibile, che, implementato secondo le varie ipotesi progettuali, restituisce valutazioni estremamente accurate circa le relative potenzialità. Nel caso in oggetto, una volta individuate tutte le voci di consumo energetico con i relativi profili di carico e costruito il modello di riferimento della situazione esistente, è stato possibile evidenziare i principali punti critici della prestazione dell'edificio.



Metodologia di retrofit – Fase 1  
Metodologia di retrofit – Fase 2



Le ERM Energy Retrofit Measures sono state calibrate sull'alto consumo di energia primaria per il riscaldamento e di energia elettrica per il raffrescamento e l'illuminazione

La torre (prima e dopo il retrofit)

In particolare, l'attenzione è stata focalizzata sui seguenti aspetti:

- la domanda di energia primaria per riscaldamento, pari a  $90 \text{ kWh/m}^2$  anno, rientrava nella media per la specifica zona climatica, ma appariva più alta del dovuto, considerando i carichi elettrici interni piuttosto elevati (soprattutto a causa dell'intensiva illuminazione artificiale);
- dal confronto tra i consumi misurati con quelli di riferimento, riportati nella letteratura tecnico-scientifica, risultava che il consumo di energia elettrica (per raffrescamento, illuminazione, apparecchiature per ufficio, ecc.), corrispondente a circa  $155 \text{ kWh/m}^2$  anno, era notevolmente superiore alla domanda media di altri edifici commerciali situati nella stessa zona climatica (circa  $90 \text{ kWh/m}^2$  anno);
- l'illuminazione artificiale era responsabile di una quota notevole del fabbisogno di energia elettrica, corrispondente a  $38 \text{ kWh/m}^2$  anno, cioè circa il 40% dei consumi complessivi esclusa la climatizzazione. Un valore eccessivo rispetto a quanto presumibile, considerando che, grazie ai rapporti aeroilluminanti degli uffici, pari in media a 0,2 (circa il doppio rispetto al minimo richiesto dalla legge), l'edificio analizzato avrebbe dovuto benefi-

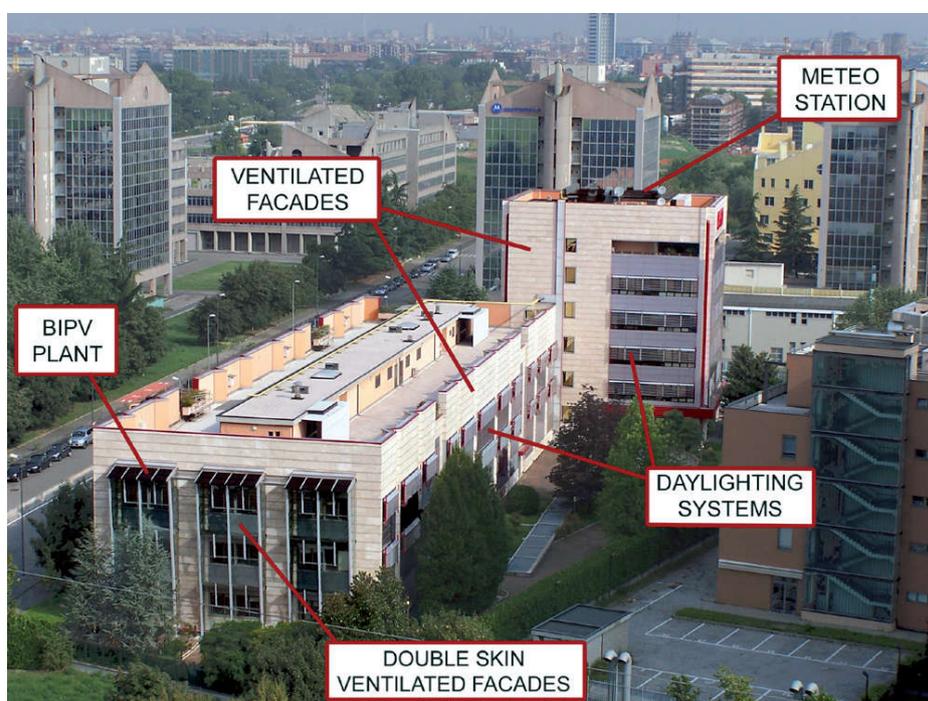


Fronte sud del corpo basso (prima e dopo il retrofit)

Fronte ovest del corpo basso (prima e dopo il retrofit)

ciare di un considerevole contributo di daylighting. Si sono poi considerati gli ambiti principali sui quali era possibile operare in modo efficace, come isolamento termico, inerzia termica, sfruttamento della luce naturale e di fonti di energia rinnovabili, al fine di abbattere i fabbisogni per riscaldamento, climatizzazione estiva ed illuminazione artificiale. Successivamente, si sono definiti gli obiettivi concretamente realizzabili attraverso l'intervento. In particolare, l'individuazione delle misure di riqualificazione energetica (ERM, Energy Retrofit Measures) più opportune è stata basata sui seguenti punti:

- analisi delle strategie di retrofit energetico più diffuse per contesti e casi analoghi a quello in oggetto;
- selezione delle ERM effettivamente applicabili, considerando i vincoli al contorno (ad esempio l'urgenza degli interventi, la necessità di non interferire con l'attività lavorativa all'interno degli uffici, il rapporto costi-benefici, la disponibilità economica della committenza, obblighi normativi, ecc.).
- classificazione delle ERM selezionate sulla base del loro livello di fattibilità, tenendo conto dei vincoli considerati.

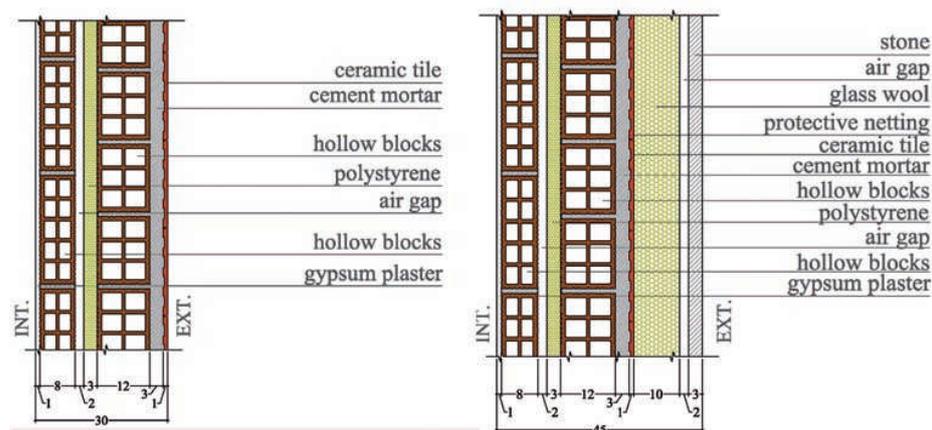


Visualizzazione dei principali interventi

Le ERM individuate sono state poi divise nelle seguenti 3 categorie:

1. interventi non praticabili, poiché caratterizzati da rapporti costi-benefici insoddisfacenti (come ad esempio la sostituzione dei telai dei serramenti) e/o da un basso livello di priorità rispetto alle esigenze della committenza (come la totale dismissione e sostituzione degli impianti termici).
2. soluzioni praticabili, che richiedevano, però, valutazioni tecnico-economiche più accurate (come l'incremento dell'inerzia termica dell'involucro).
3. interventi prioritari, convenienti e facili da realizzare (ad esempio, la sostituzione dei vetri delle finestre) e/o dettate da norme vigenti in caso di ristrutturazione edilizia (ad esempio, l'applicazione di sistemi di schermatura solare). Alla fine di questa valutazione, tutte le misure appartenenti alla categoria 3 sono state incluse nel progetto di ristrutturazione, tutte quelle della categoria 1 sono state scartate e solo per alcune della 2 è stata decretata l'applicabilità, per lo più in funzione dei vincoli economici imposti dalla committenza. Sulla base delle misure d'intervento selezionate in via preliminare, è stata infine effettuata un'analisi tecnico-economica approfondita delle diverse opzioni tecnologiche e realizzative e delle varianti possibili, supportata dalle simulazioni in regime dinamico sul modello calibrato. In questo modo si sono determinate le soluzioni in grado di garantire i migliori risultati architettonici, tecnologici e prestazionali e di ridurre al minimo le possibili incertezze sugli esiti.

## CONTROLLO SOLARE e DAYLIGHTING, FACCIATE VENTILATE e DOPPIA PELLE DINAMICA per ridurre la trasmittanza dell'involucro. E non solo



Facciate, soluzione con rivestimento in pietra (prima e dopo il retrofit)

- La riqualificazione è stata dunque articolata su alcune strategie principali:
- sostituzione di vetri esistenti, allo scopo di aumentare la resistenza termica ed il coefficiente di trasmissione luminosa;
  - installazione di dispositivi per il controllo solare ed il daylighting;
  - sovrapposizione di facciate ventilate a quelle esistenti, per aumentarne l'isolamento e l'inerzia termica e ridurre i carichi estivi;
  - installazione sul fronte sud dell'edificio di strutture a doppia pelle dinamica, dotate di un impianto fotovoltaico da 3 kWp integrato nelle coperture;
  - incremento dell'isolamento termico delle coperture.

Si deve rilevare come l'attuazione del progetto abbia comportato, in primo luogo, una notevole riduzione delle trasmittanze dell'involucro, che sono passate da 0,7 a 0,3-0,25 W/m<sup>2</sup>K per le facciate, da 0,5 a 0,28 W/m<sup>2</sup>K per le coperture e da 2,5 a 1,5 W/m<sup>2</sup>K per le finestrate.

Scendendo nel dettaglio, le porzioni opache dei prospetti sono state integrate con sistemi addizionali a facciata ventilata, con rivestimento esterno costituito alternativamente da pannelli compositi plastica-alluminio o da lastre di marmo.

Sulle coperture sono stati interposti dei materassini isolanti ed impermeabili nelle pavimentazioni esistenti.

Per quanto riguarda le superfici vetrate, le prestazioni energetiche delle finestrate sono state migliorate grazie alla sostituzione dei vetri esistenti con vetrocamera basso-emissivi extrachiaro ad elevato grado di isolamento termico (trasmittanza Ug pari a 1,3 W/m<sup>2</sup>K, fattore di trasmissione luminosa TL dell'80% e fattore solare g del 67%). Dopo un'attenta valutazione costi-benefici sono stati, invece, mantenuti i telai dei serramenti originali, a taglio termico e quindi caratterizzati da prestazioni soddisfacenti.

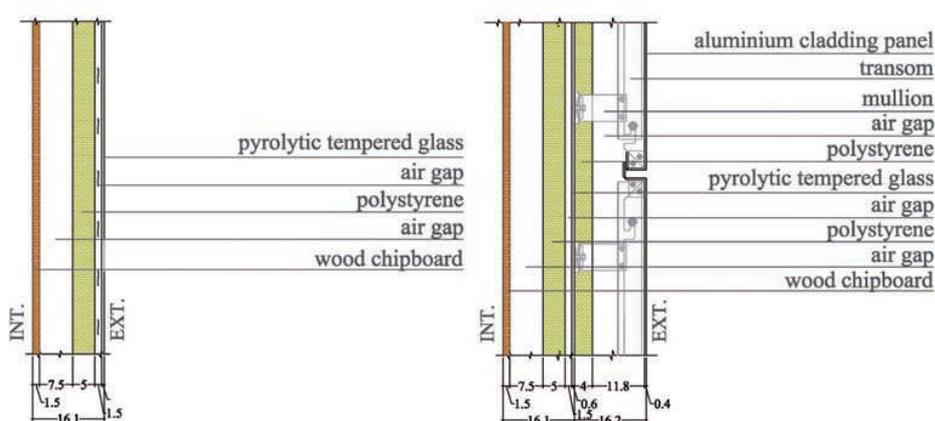
In abbinamento alla sostituzione dei vetri, il progetto ha previsto l'installazione di dispositivi a veneziane e lamelle per il controllo solare e lo sfruttamento del daylighting, comandati da un sistema automatico collegato ad una centralina meteorologica.

Alla facciata sud del corpo basso è stato sovrapposto un rivestimento aggiuntivo a doppia pelle inclinata,

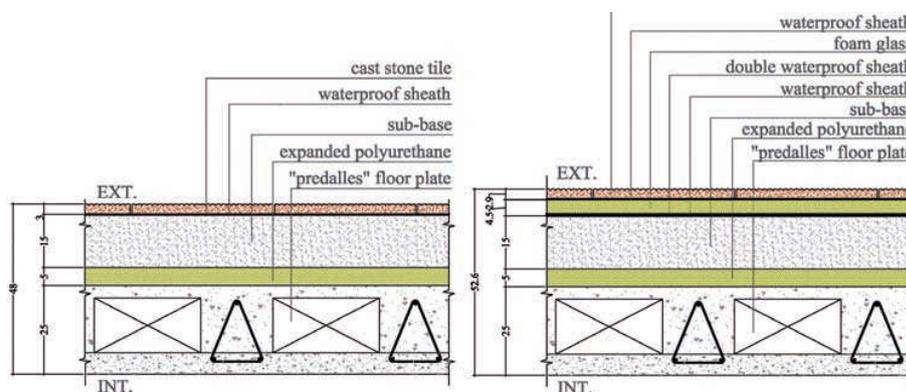
suddivisa in tre moduli. Si tratta di un sistema di involucro dinamico, progettato per avere un assetto variabile al fine di ottimizzarne le prestazioni tecniche: le superfici vetrate possono essere aperte o chiuse a seconda delle esigenze energetiche. Durante l'inverno viene favorito l'effetto serra, con ricadute positive, mentre durante l'estate e nelle mezze stagioni l'apertura delle lamelle incrementa la ventilazione nell'intercapedine, asportando il calore in eccesso, e contribuisce alla schermatura solare.

Le coperture delle tre strutture vetrate aggettanti sono state realizzate con moduli fotovoltaici semitrasparenti contenenti celle fotovoltaiche in silicio cristallino ad alta efficienza.

In corrispondenza della facciata nord della torre, infine, è stata realizzata una seconda pelle metallica, in lamiera stirata cromata, che mitiga i guadagni solari estivi, diretti ed indiretti, ed i fenomeni di abbagliamento, incrementando contemporaneamente il daylighting negli ambienti interni. Osservando i dati illustrati, la diminuzione dei consumi per riscaldamento potrebbe, ad un primo esame, apparire modesta. Si deve tuttavia rilevare come l'applicazione dei sistemi per il controllo solare e lo sfruttamento della luce diurna abbia letteralmente dimezzato il fabbisogno relativo all'illuminazione artificiale. Come è noto, quest'ultima contribuisce ai cosiddetti guadagni interni, ma è una sorgente termica molto inefficiente, in quanto l'energia elettrica consumata dalle lampade viene degradata in calore con un beneficio (apparente) sulla climatizzazione invernale ed un notevole aggravio sulla climatizzazione estiva. Il progetto è stato premiato nel 2011 a Toronto, nel corso della Green Building Council Conference and Expo, con la menzione d'onore per la riproducibilità nell'ambito del Zerofootprint Reskinning Award.



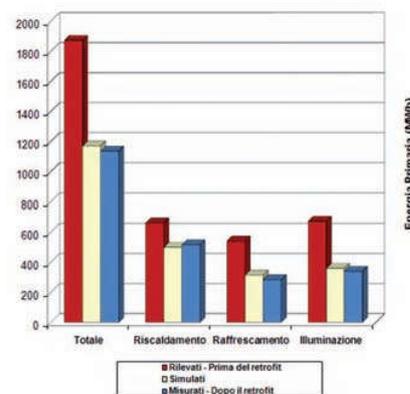
Facciate, soluzione con rivestimento in alluminio (prima e dopo il retrofit)



Solaio di copertura (prima e dopo il retrofit)

PREMIATO nel 2011 a Toronto alla Green Building Council Conference and Expo, per la riproducibilità nell'ambito del ZEROFOOTPRINT RESKINNING AWARD, il progetto ha condotto a una RIDUZIONE dei consumi nell'ordine del 30%

Grazie alle strategie ed alle tecnologie impiegate nell'intervento, il consumo energetico dell'edificio per riscaldamento, raffrescamento ed illuminazione artificiale è stato ridotto considerevolmente, come confermato puntualmente dalle campagne di monitoraggio effettuate dal Politecnico di Milano. Il consumo annuo di energia primaria dell'edificio dopo il retrofit è pari a circa a 295 kWh/m<sup>2</sup> (- 28%), di cui 68 kWh/m<sup>2</sup> per il riscaldamento (- 18%), 39 kWh/m<sup>2</sup> per il raffrescamento (- 51%), 42 kWh/m<sup>2</sup> per l'illuminazione artificiale (-50%) e 146 kWh/m<sup>2</sup> per altri usi elettrici (computer, stampanti, apparecchiature, ecc.). Si noti, tuttavia, che quest'ultima voce non è influenzata dalla qualità energetica dell'edificio, ma piuttosto dalle modalità lavorative e che i consumi strettamente connessi al retrofit energetico (climatizzazione ed illuminazione artificiale) hanno subito una riduzione del 40%. Nel grafico seguente vengono riportati i consumi globali dell'edificio, espressi come fabbisogno di energia primaria, prima e dopo l'intervento di retrofit energetico, unitamente ai risultati delle simulazioni effettuate con il modello digitale calibrato.



Abbattimento dei consumi energetici (grafico di raffronto)

co seguente vengono riportati i consumi globali dell'edificio, espressi come fabbisogno di energia primaria, prima e dopo l'intervento di retrofit energetico, unitamente ai risultati delle simulazioni effettuate con il modello digitale calibrato.

## MODULO

*lo chiede a*

NICCOLÒ ASTE  
POLITECNICO DI MILANO



*Nonostante le caratteristiche peculiari che rendono ogni singolo intervento una situazione unica, è possibile individuare una **metodologia consolidata** anche nel caso del **retrofit energetico dell'edificio***

**Modulo:** Nel retrofit vale molto il "caso per caso", esiste però una sorta di metodica generale, dei numeri, delle linee guida consolidate valide a tutto campo, che, non ultimo, sembrano aver guidato il vostro intervento?

**N. Aste:** È vero, soprattutto nel retrofit gli interventi sono spesso di tipo "sartoriale", cioè tagliati su misura per il caso specifico in oggetto. I riferimenti e gli esempi virtuosi, però, non mancano, sia a scala professionale che a livello di ricerca. La metodologia di analisi ed intervento messa a punto presso il Politecnico di Milano trae spunto dagli studi e dalle sperimentazioni internazionali sulle prestazioni energetiche in edilizia, di cui c'è ampia documentazione nella letteratura tecnico-scientifica. Le linee guida ed i manuali, infine, non mancano di certo, ma, in generale, bisognerebbe diffidare delle ecces-

sive semplificazioni e generalizzazioni: l'efficienza energetica richiede necessariamente un approccio specialistico, anche se multidisciplinare.

**Modulo:** Quale l'aspetto più significativo in questo lavoro? Anche come metodica, non solo come risultati

**N. Aste:** Uno dei risultati principali del progetto ERGO è stata la definizione e la prova sul campo di una precisa metodologia di retrofit, che può essere riprodotta ed applicata su altri edifici. In particolare, lo sforzo del team del Politecnico di Milano è stato quello di identificare con precisione ogni fase della metodologia sviluppata e testata sul campo. In questo modo, le tecniche e le tecnologie proposte possono essere facilmente applicate con successo ad altri casi di studio, permettendo di ottimizzare

le fasi di analisi, progetto ed intervento anche in vista di vincoli ed obiettivi diversi.

Molto importante è indubbiamente anche il risultato economico dell'operazione, pianificata e condotta senza compromettere le attività lavorative nell'edificio. Durante le lavorazioni, infatti, non si è verificato nemmeno un giorno di fermo negli uffici, con indubbi benefici per l'azienda. Il retrofit energetico ha beneficiato delle incentivazioni fiscali previste dalle Finanziarie 2007 e 2008 (detrazione 55%), distribuite nel triennio di realizzazione. Il nuovo assetto dell'edificio, infine, ha comportato un notevole incremento del suo valore immobiliare, dovuto all'aspetto architettonico, ma anche e soprattutto alle nuove economie di gestione. In definitiva, il tempo di ritorno degli investimenti effettuati è stato stimato inferiore ai 10 anni.