

# Progettazione energeticamente consapevole e comfort globale: miglioramento energetico di edifici per il terziario

CRISTINA CARLETTI, FABIO SCIURPI, VALENTINA VETTORI

*Laboratorio di Fisica Ambientale per la Qualità Edilizia  
Dipartimento di Tecnologie dell'Architettura e Design "Pierluigi Spadolini"  
e-mail: lab.ambientale@taed.unifi.it*

## RIASSUNTO

E' noto come in Italia il settore civile sia il responsabile di circa il 30% dei consumi energetici totali, e di questi circa il 70% sia dovuto al riscaldamento degli edifici. Ai fini quindi del raggiungimento di un effettivo risparmio energetico e di una riduzione delle emissioni di gas serra, finalizzato anche al raggiungimento degli obiettivi fissati dal Protocollo di Kyoto, risulta necessaria una progettazione architettonica energeticamente efficiente. L'utilizzo di strumenti di calcolo e simulazione delle prestazioni energetico ambientali degli edifici appare di grande aiuto nella progettazione di edifici energeticamente consapevoli, in grado di avere il minore impatto possibile sull'ambiente (minimizzando le emissioni di inquinanti e lo sfruttamento delle risorse non rinnovabili) e di implementare il comfort interno globale.

Scopo della memoria è quello di presentare ed analizzare criticamente la opportuna combinazione di strategie di implementazione energetica applicate ad un edificio per uffici di recente progettazione sito nel centro Italia. Tali strategie sono state valutate sia dal punto di vista energetico, confrontando i target energetici raggiunti con le classi energetiche prefissate, che degli extracosti ed esse connesse che, infine mediante i tempi di ritorno ad essi associati.

Mediante la valutazione della anidride carbonica emessa in atmosfera è stato inoltre valutato il danno ambientale che le differenti tecniche di intervento avrebbero comportato.

A conclusione dello studio sono stati poi confrontati i diversi fabbisogni energetici mensili dello stesso edificio in differenti contesti climatici (nord e sud Italia) dimostrando come sia opportuno utilizzare opportuni codici di calcolo fino dalla fase progettuale al fine di individuare un equilibrio ottimale fra efficienza energetica ed investimenti disponibili.

## 1. INTRODUZIONE

Il protocollo di Kyoto, ratificato il 16 febbraio 2005, ha imposto agli stati membri dell'Unione Europea una consistente riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> entro il 2012. Tuttavia, ad oggi le emissioni di biossido di carbonio, principali imputate dell'effetto serra e dei conseguenti cambiamenti climatici a scala mondiale, sono in continua crescita.

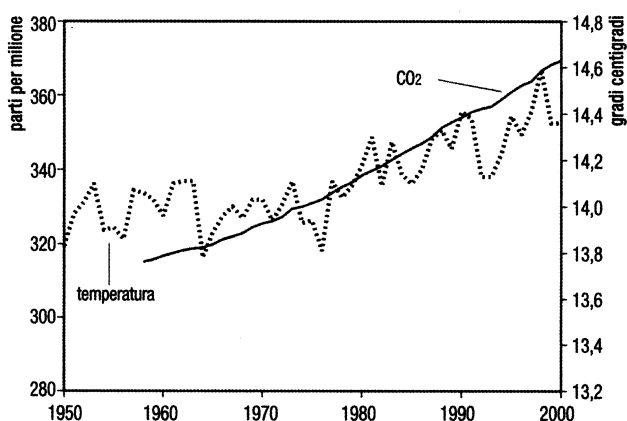


Figura 1 – Correlazione fra concentrazione di CO<sub>2</sub> in atmosfera e temperatura media terrestre

L'impegno del nostro paese ad intraprendere strategie operative per la salvaguardia ambientale passa soprattutto attraverso l'adozione di strategie efficaci per migliorare l'efficienza energetica degli edifici: basti pensare che in Italia il settore civile è responsabile di circa il 30% dei consumi energetici totali, e di questi circa il 70% viene impiegato per il riscaldamento invernale degli edifici.

Dunque migliorare le prestazioni energetiche del comparto edilizio risulta essere oltremodo importante anche dal momento che ormai da anni sono ben note quelle tecnologie finalizzate al miglioramento delle prestazioni sia dell'involucro che degli impianti di controllo microclimatico a servizio degli edifici.

Risparmiare energia, salvaguardare l'ambiente ed al contempo costruire edifici che non rinuncino agli standard di benessere fino ad oggi conquistati è possibile senza extracosti insostenibili per costruttori ed utenti, che, invece, vedrebbero da un lato ridursi notevolmente i costi di gestione e dall'altro, in presenza di incentivi delle amministrazioni locali, un recupero degli investimenti in pochi anni.

Per raggiungere questi obiettivi risulta fondamentale da parte di progettisti adottare strategie integrate basate sul raggiungimento dei maggiori risparmi energetici economicamente conseguibili e sulla massimizzazione del comfort ambientale indoor, da parte dei costruttori assumere la consapevolezza che un edificio di elevata qualità sia un ottimo investimento commerciale e, infine da parte delle Amministrazioni proporre procedure di valutazione e di certificazione energetica semplici associate ad incentivi di natura economica (scorpori degli extraspessori murari, riduzione degli oneri di urbanizzazione, ecc.).

Alla luce delle considerazioni sopraesposte è necessario rifondare le strategie progettuali finalizzandole in primo luogo al risparmio energetico, anche in vista dell'entrata in vigore

operativa della certificazione energetica degli edifici introdotta dalla Direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico nell'edilizia e recepita nel D. L. del 19 agosto 2005, n.192.

Tale decreto infatti stabilisce i criteri, le condizioni e le modalità per migliorare le prestazioni energetiche degli edifici al fine di favorire lo sviluppo, la valorizzazione e l'integrazione delle fonti rinnovabili e la diversificazione energetica, contribuire a conseguire gli obiettivi nazionali di limitazione delle emissioni di gas a effetto serra posti dal protocollo di Kyoto, promuovere la competitività dei comparti più avanzati attraverso lo sviluppo tecnologico.

In sintesi, nelle finalità della Direttiva Europea la certificazione energetica rappresenta al contempo un attestato di qualità dell'edificio ed uno strumento di trasparenza: due filosofie che certamente possono efficacemente integrarsi dando vita ad un certificato di semplice compilazione associato ad una targa da esporre sull'edificio che renda in tal modo trasparenti gli investimenti sull'efficienza energetica dell'edificio facendo finalmente decollare il mercato degli edifici di elevata qualità energetico-ambientale.

In Europa ed in Italia esistono già esempi in tal senso, come in Svizzera con la certificazione "Minergie" ([www.minergie.ch](http://www.minergie.ch)) ed in Italia con la certificazione CasaClima della Provincia Autonoma di Bolzano e quella del Comune di Carugate.

In Italia, per prima la Provincia di Bolzano ha introdotto una metodologia semplice con cui valutare i consumi energetici annui (per riscaldamento) espressi in kWh/m<sup>2</sup>; al certificato cartaceo è associata una targa che i proprietari affiggono sul proprio edificio ([www.casaclima.info](http://www.casaclima.info)). La certificazione CasaClima si basa sulla individuazione di sette classi di efficienza: dalla classe A ( $\leq 30$  kWh/m<sup>2</sup>a), che prevede anche una classe A<sup>+</sup> per edifici che siano stati progettati secondo una filosofia ecocompatibile, alla classe G ( $>160$  kWh/m<sup>2</sup>a). Inoltre è stato di recente introdotto un target minimo identificato con la classe C ( $\leq 70$  kWh/m<sup>2</sup>a) in linea con le leggi e normative vigenti in molti paesi Europei.



Figura 2 – Quartiere Vauban di Friburgo improntato a criteri di risparmio energetico e sostenibilità ambientale

Fra i primi a prendere l'iniziativa nell'ambito della certificazione energetica sono state alcune Amministrazioni locali fra cui il Comune di Carugate che ha reso obbligatoria la certificazione per i nuovi edifici e per quelli sottoposti ad una ristrutturazione per almeno il 50% della superficie abitabile. La filosofia di questa iniziativa si colloca al centro di una strategia di implementazione della qualità ambientale del territorio in pieno accordo con professionisti ed imprenditori. Come risultato di questa integrazione e condivisione di

obiettivi l'Amministrazione ha introdotto anche un pacchetto articolato di incentivi tradotti in scorpori degli oneri di urbanizzazione.

La procedura di certificazione per il calcolo del fabbisogno energetico prevede, come a Bolzano, sette categorie; il fabbisogno viene quindi calcolato per il solo riscaldamento invernale individuando le dispersioni termiche dell'edificio, funzione delle prestazioni energetiche dei componenti, dei ponti termici e dei ricambi d'aria a cui si sottraggono gli apporti gratuiti e gli eventuali contributi dovuti a componenti bioclimatici (sia passivi che attivi).

L'indicatore che ne deriva indica il fabbisogno energetico relativo all'intera stagione di riscaldamento, rapportato alla superficie utile dell'edificio e dunque espresso in kWh/m<sup>2</sup>anno.

L'amministrazione, verificata la congruità della documentazione presentata, provvede a rilasciare l'Attestato di Certificazione e la Targa Energetica, entrambe con validità decennale.

L'esperienza del Comune di Carugate, come quella della Provincia di Bolzano, bene si collocano fra tutte le esperienze positive che mirano ad anticipare in maniera efficace l'applicazione della Direttiva sulle prestazioni energetiche degli edifici 2002/91/CE e che potrebbe purtroppo non trovare tutte le Amministrazioni pronte al suo recepimento ed a svolgere quelle operazioni di controllo che per la Legge 10/91 sono risultate fortemente disattese.

## **2. IMPOSTAZIONE METODOLOGICA DELLO STUDIO**

Nella presente memoria sono riportati i risultati di uno studio condotto su edifici per il terziario finalizzato alla implementazione energetica degli stessi mediante l'adozione e il confronto di specifiche strategie, a mezzo di tre indici prestazionali.

A tal fine è stata predisposta una metodologia organizzata in fasi di seguito riportate che può essere estesa anche ad altre applicazioni simili per tipologia e destinazione d'uso:

- a) valutazione comportamento energetico edificio progettato ai sensi della normativa vigente: gli indicatori prestazionali utilizzati sono un indice energetico ( $I_{EN}$ ) che esprime il fabbisogno per riscaldamento dell'edificio (kWh/m<sup>2</sup>anno) assieme agli indici che scaturiscono dall'applicazione della Legge 10/91 (Cd, FEN,  $\eta_G$ );
- b) definizione di differenti strategie di implementazione energetica riferite, in questa prima fase del lavoro, sia alla scelta dell'orientamento ottimale che al comportamento dell'involucro (implementazione della resistenza termica dei componenti opachi e finestrati);
- c) confronto fra l'efficienza energetica dell'edificio originario e delle soluzioni ottenute applicando le differenti strategie; in tale fase è stato operato un confronto sia fra gli indicatori energetici ( $I_{EN}$ ), che gli indici economici (tempo di ritorno) calcolati sulla base degli extracosti di costruzione riferiti alle varie strategie adottate, ed, infine, un indice ambientale (quantità di anidride carbonica emessa in atmosfera) strettamente correlato al target energetico raggiunto con la strategia adottata;
- d) comparazione dei risultati raggiunti con i target energetici corrispondenti a determinate classi di efficienza pari a 70 kWh/m<sup>2</sup>anno, considerata un livello minimo, 50 kWh/m<sup>2</sup>anno e 30 kWh/m<sup>2</sup>anno. In particolare, le strategie di implementazione energetica hanno riguardato l'aumento dello spessore di isolante

termico nei componenti opachi verticali e la sostituzione dei componenti finestrati con altri di prestazioni più elevate;

- e) Confronto energetico delle ipotesi di riqualificazione in due località climatiche differenti da quella di progetto e rappresentative delle condizioni del nord (Milano) e del sud Italia (Napoli), per le quali in particolare sono stati messi a confronti i fabbisogni energetici mensili.

### 3. APPLICAZIONE DELLA METODOLOGIA AL CASO STUDIO: RIPROGETTAZIONE ENERGETICAMENTE CONSAPEVOLE DI UN EDIFICIO PER UFFICI NEL CENTRO ITALIA

Il caso studio riguarda la riprogettazione energetica di un edificio caratterizzato da tre piani fuori terra ed un piano cantinato (locali tecnici), di forma estremamente compatta e destinato a negozi (piano terra) ed uffici in un'area di espansione di un Comune del centro Italia. L'edificio di dimensioni globali pari a 26x13 m con un'altezza in gronda pari a 7,5 m presenta un volume lordo di circa 2535 m<sup>3</sup> ed una superficie utile totale di circa 810 m<sup>2</sup>. L'edificio presenta una struttura portante in c.a. e tamponamento in blocchi di laterizio porizzato da 35 cm intonacati da ambo i lati; il solaio di copertura è in latero cemento isolato con pannelli in EPS, mentre il solaio sul piano cantinato è privo di isolamento termico. Per quanto attiene i componenti finestrati sono previsti infissi con telaio in alluminio a taglio termico e vetrocamera.

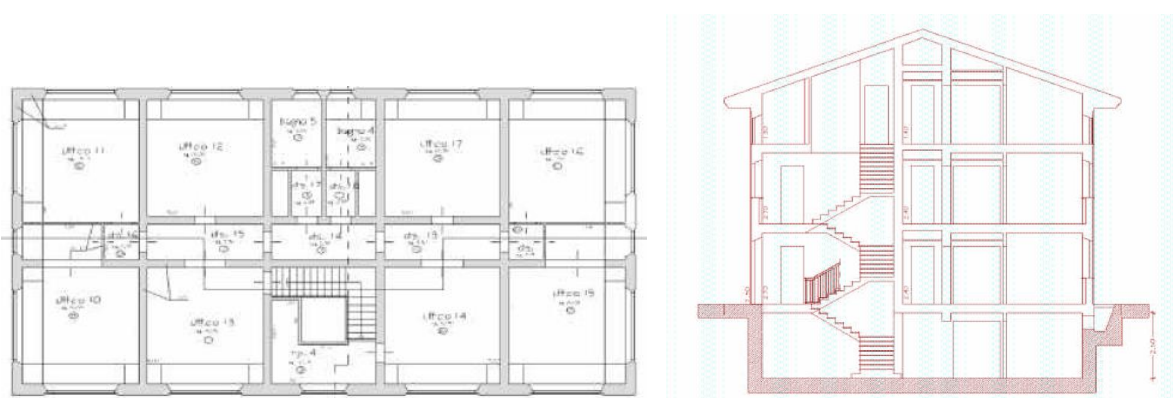


Figura 3 – Pianta piano tipo e sezione dell'edificio

Nella tabella 1 che segue sono riportate le caratteristiche termoigrometriche dei principali componenti dell'edificio di progetto.

Il sistema di controllo microclimatico previsto, la cui modifica non è prevista in questa fase dello studio, è un sistema ad aria primaria a ventilconvettori a quattro tubi privo di recupero di calore; per la produzione di acqua calda sono previsti scaldabagni elettrici.

Sulla base del progetto preliminare esistente dell'edificio, conforme agli standard imposti dalla L.10/91, è stata condotta una verifica energetica ottenendo un fabbisogno di riscaldamento di 91 kWh/m<sup>2</sup>anno che fa rientrare l'edificio nella classe D secondo il modello di classificazione energetica CasaClima adottato nella Provincia Autonoma di Bolzano.

Tabella 1 – Caratteristiche termoigrometriche dei principali componenti l'edificio di progetto

Tipologia di componente	Descrizione (dall'interno)	Trasmittanza (W/m <sup>2</sup> K)
Tamponamento esterno	Intonaco interno (1 cm), muratura in laterizio porizzato (35 cm), intonaco esterno (2 cm)	0,83
Parete divisoria vano scale	Intonaco interno (2 cm), muratura in laterizio porizzato (32 cm), intonaco esterno (2 cm)	1,02
Solaio copertura	Intonaco interno (1 cm), solaio laterocementizio (20 cm), barriera al vapore, EPS (5 cm), foglio in bitume (0,6 cm), soletta cls (4 cm), manto copertura	0,45
Solaio su cantina	Pavimento ceramico (1 cm), sottofondo (3 cm), soletta con argilla espansa (12 cm), solaio laterocementizio (20 cm), intonaco (2 cm)	1,12
Componenti vetriati	Telaio in alluminio con taglio termico, vetrocamera 4-6-4	2,8

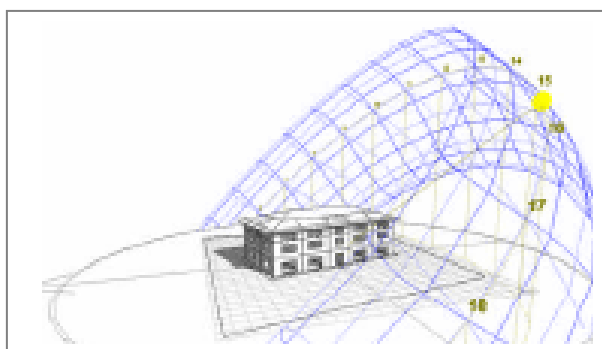


Figura 4 –Veduta assometrica del progetto preliminare originale

Tabella 2 - Verifica indici energetici ai sensi della Legge 10/91 (edificio di progetto)

Coefficiente volumico di dispersione termica Cd (W/m <sup>3</sup> K)	Fabbisogno energetico normalizzato FEN (kJ/m <sup>3</sup> gg°C)	Rendimento globale medio stagionale η (%)
Cd <sub>PROGETTO</sub> = 0,684 Cd <sub>LIM</sub> = 0,689 Verifica positiva	FEN <sub>PROGETTO</sub> = 56,42 FEN <sub>LIM</sub> = 61,31 Verifica positiva	η <sub>PROGETTO</sub> = 0,82 η <sub>LIM</sub> = 0,70 Verifica positiva
<b>Indice Energetico = 91 kWh/m<sup>2</sup>a</b>		

L'orientamento originale dell'edificio comporta un limitato utilizzo dei guadagni solari diretti attraverso i componenti finestrati in regime invernale; d'altra parte, essendo tali componenti privi di sistemi di schermatura, si possono creare problemi di surriscaldamento in regime estivo. Inoltre, dall'analisi degli indici energetici riportati nella tabella 2 si evince come il valore del coefficiente Cd molto vicino al limite imposto dalla legge stia a significare che l'involucro non risulta efficacemente isolato e che le dispersioni termiche per trasmissione dovrebbero essere maggiormente controllate.

Sulla base di questa situazione di progetto, sono state valutate alcune strategie progettuali che permettessero di raggiungere l'obiettivo prefissato di edificio a basso consumo energetico.

Trattandosi di un progetto preliminare è sembrato opportuno cercare anche un migliore orientamento dell'edificio secondo quelle che sono le regole base della bioclimatica, che qui apparivano del tutto ignorate, e le Linee Guida della Regione Toscana sulla sostenibilità e qualità ambientale. Lo studio condotto, che ha previsto sia la valutazione di differenti orientamenti che la variazione in percentuale delle superfici finestrate, ha portato ad una ipotesi che ottimizzasse il bilancio invernale annuale fra perdite energetiche e guadagni solari. L'orientamento ottimale è risultato quello con asse principale est-ovest ruotato di  $5^\circ$  verso ovest, che in termini di fabbisogno energetico, comporta un miglioramento dell'efficienza energetica dell'edificio di circa il 7%. Tale intervento, verificato secondo la legge 10/91, presenta un fabbisogno per riscaldamento di  $85 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ .

Il passo successivo nel definire la strategia di riqualificazione energetica è consistito nell'ottimizzazione delle prestazioni termiche dell'involucro, agendo sui componenti opachi, in particolare il tamponamento esterno che risultava privo di isolante termico, e su quelli finestrati, ottenendo 6 combinazioni possibili, oltre a quella originale, per le quali sono stati calcolati gli indici energetici relativi al periodo invernale. Tali combinazioni prevedono un isolamento del tamponamento esterno a cappotto con pannelli in polistirene espanso estruso ( $\lambda=0,03 \text{ W/mK}$ ) di spessore variabile (50 e 100 mm) e la sostituzione dei componenti finestrati utilizzando infissi con telaio in alluminio schiumato con poliuretano e vetro camera (4-14-4) con argon ( $U_w=1,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), oppure infissi con telaio in alluminio schiumato con poliuretano e vetro camera triplo (4-14-4-14-4) con argon ( $U_w=0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) del tutto simili a quelli utilizzati nelle passivhaus realizzate nel nord Italia. Per ognuna delle sei soluzioni presentate è stato ipotizzato un isolamento termico del solaio su cantina che mediante l'introduzione di 5 cm di polistirene espanso estruso è passato ad un trasmittanza di  $0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

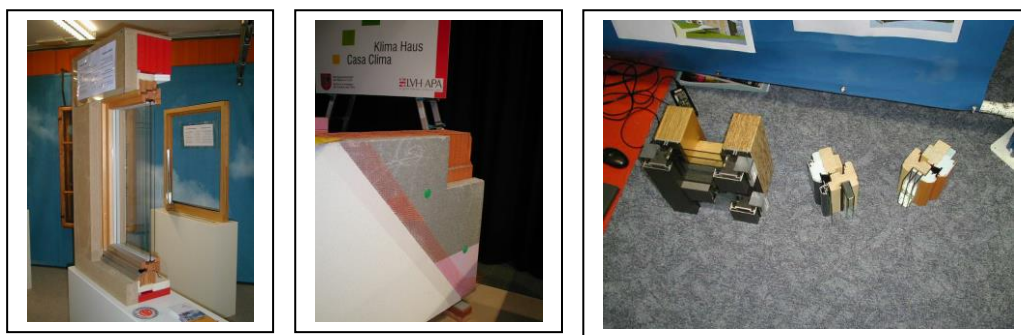


Figura 5 - Esempio di componenti edilizi ad elevata resistenza termica

Le sei soluzioni di riqualificazione energetica, poste a confronto con quella originale, prevedono la combinazione di differenti livelli prestazionali sia per componenti opachi che finestrati e sono di seguito riportate:

- *soluzione 1: edificio originale (orientamento ottimale)*  
Trasmittanza tamponamento esterno =  $0,83 \text{ W/m}^2\text{K}$   
Trasmittanza media componenti finestrati =  $2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
- *soluzione 2: edificio con isolamento a cappotto del tamponamento esterno da 5 cm ed infissi originali (vetrocamera 4-6-4)*  
Trasmittanza tamponamento esterno =  $0,36 \text{ W/m}^2\text{K}$



Trasmittanza media componenti finestrati = 2,8 W/m<sup>2</sup>K

- *soluzione 3: edificio con isolamento a cappotto del tamponamento esterno da 5 cm e sostituzione infisso (vetrocamera 4-14-4 con argon)*

Trasmittanza tamponamento esterno = 0,36 W/m<sup>2</sup>K

Trasmittanza media componenti finestrati = 1,9 W/m<sup>2</sup>K

- *soluzione 4: edificio con isolamento a cappotto del tamponamento esterno da 5 cm e sostituzione infisso (vetro triplo 4-14-4-14-4 con argon)*

Trasmittanza tamponamento esterno = 0,36 W/m<sup>2</sup>K

Trasmittanza media componenti finestrati = 0,9 W/m<sup>2</sup>K

- *soluzione 5: edificio con isolamento a cappotto del tamponamento esterno da 10 cm ed infissi originali (vetrocamera 4-6-4)*

Trasmittanza tamponamento esterno = 0,23 W/m<sup>2</sup>K

Trasmittanza media componenti finestrati = 3 W/m<sup>2</sup>K

- *soluzione 6: edificio con isolamento a cappotto del tamponamento esterno da 10 cm e sostituzione infisso (vetrocamera 4-14-4 con argon)*

Trasmittanza tamponamento esterno = 0,23 W/m<sup>2</sup>K

Trasmittanza media componenti finestrati = 1,9 W/m<sup>2</sup>K

- *soluzione 7: edificio con isolamento a cappotto del tamponamento esterno da 10 cm e sostituzione infisso (vetro triplo 4-14-4-14-4 con argon)*

Trasmittanza tamponamento esterno = 0,23 W/m<sup>2</sup>K

Trasmittanza media componenti finestrati = 0,9 W/m<sup>2</sup>K

Assumendo tali prestazioni per i componenti opachi e finestrati è stato simulato il comportamento energetico dell'edificio sia in centro Italia che nel nord Italia e sono stati confrontati gli Indici energetici per tali soluzioni.

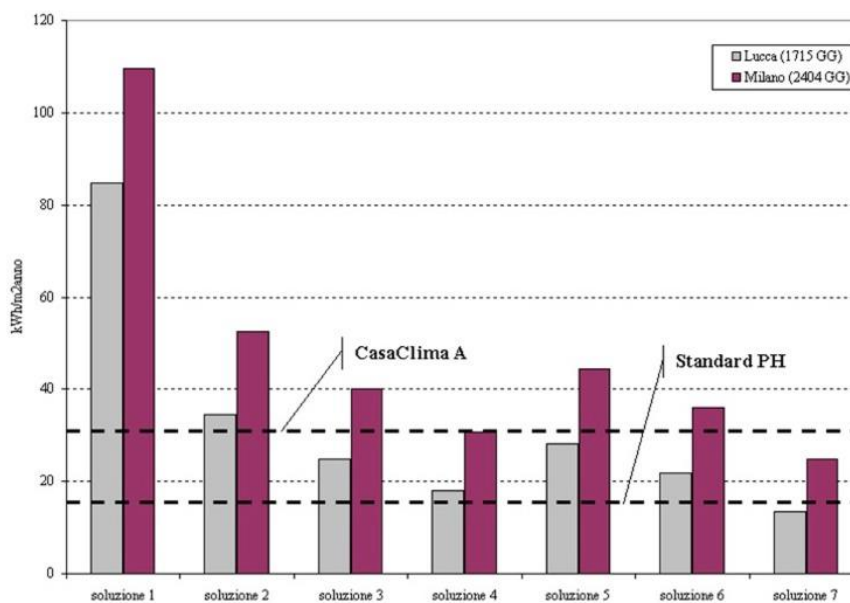


Figura 5 – Confronto fra i fabbisogni energetici per riscaldamento delle diverse soluzioni ipotizzate

Dall'analisi dei risultati ottenuti si può notare come il target energetico prefissato dei 30 kWh/m<sup>2</sup>anno corrispondente alla classe A dello standard CasaClima sia raggiunto pressoché



in tutte le ipotesi di intervento per l'Italia Centrale ad eccezione della soluzione 2, mentre per il nord Italia, in particolare Milano, siano necessari infissi con prestazioni molto elevate se non si vogliono adottare spessori di isolante termico eccessivamente elevati.

Inoltre, si nota anche come già con 10 cm di un buon isolante termico ed infissi con triplo vetro si possano raggiungere, per il centro Italia ed in via teorica, poiché non è stato qui associato all'involucro un impianto progettato per un edificio passivo, i 15 kWh/m<sup>2</sup>a.

Infine, scegliendo anche una collocazione climatica rappresentativa delle condizioni del sud Italia, Napoli, è stato confrontato il fabbisogno energetico mensile delle ipotesi proposte.

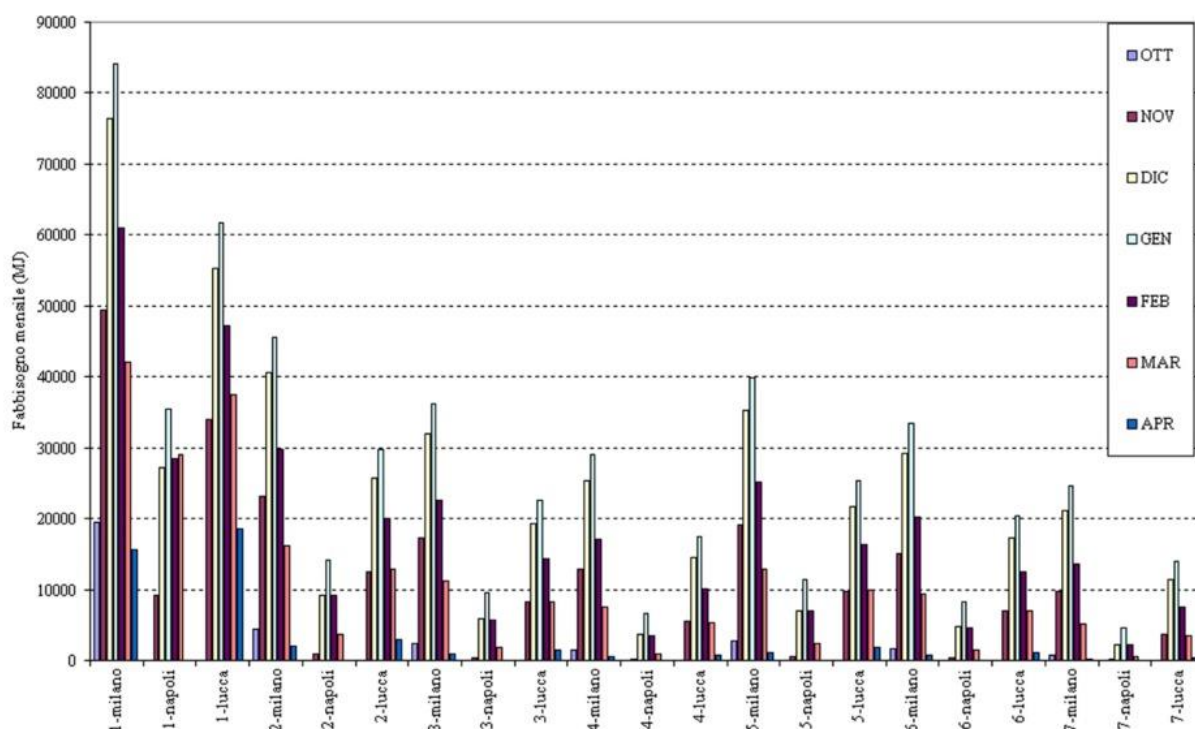


Figura 6 – Confronto fra i fabbisogni mensili delle differenti soluzioni nelle tre località di riferimento

Per valutare la fattibilità economica degli interventi proposti è stato utilizzato il metodo che calcola il tempo di ritorno dell'investimento iniziale, onde determinare la validità economica di ogni singolo intervento. Il Pay Bach Period (PBP) è stato quindi calcolato con la formula semplificata  $PBP = CIN/RPA$ , dove CIN è il costo dell'investimento iniziale e RPA, il risparmio del primo anno conseguente all'investimento attuato.

Ai vantaggi sia di tipo economico che relativi al comfort degli utenti conseguenti l'adozione delle scelte ipotizzate, si affiancano anche innegabili benefici ambientali legati ad un edificio a basso consumo energetico. Infatti, ad ogni consumo di energia finale si collegano specifiche emissioni di CO<sub>2</sub>.

Per le sei differenti strategie adottate e verificate nel centro Italia sono stati quindi calcolati l'indice economico, individuato nel tempo di ritorno dell'investimento calcolato sulla base degli extracosti riferiti alla soluzione di base (soluzione 1), e l'indice ambientale, individuato nella produzione di anidride carbonica associata ad ogni soluzione investigata.

Nella tabella 3 è riportato un confronto fra i vari indici associati alle sei ipotesi di riqualificazione energetica dal quale emerge come a fronte di investimenti economici che non incidono più dell'8% sugli extracosti di costruzione (riferiti all'involucro) si ottengano per l'Italia centrale innegabili benefici sia per quanto riguarda il contenimento dei consumi energetici che per la qualità dell'ambiente riuscendo a ridurre le emissioni di gas serra in atmosfera.

Tabella 3 – Confronto fra gli indici di efficienza globale dell'edificio posto nel centro italia

Ipotesi di riqualificazione energetica	Fabbisogno energetico invernale (kWh/m <sup>2</sup> anno)	Extracosto totale (%)	Tempo di ritorno (anni)	CO <sub>2</sub> emessa (kg)
Soluzione 1	85	-	-	25899
Soluzione 2	35	3%	5	11455
Soluzione 3	25	5%	7,4	8304
Soluzione 4	18	5,5%	6,7	6053
Soluzione 5	28	4%	5,6	9419
Soluzione 6	22	6%	8	7283
Soluzione 7	13	6,5	8	4572

Quando tali implementazioni energetiche sono adottate in edifici situati in contesti climatici tipicamente mediterranei, quale ad esempio quello della città di Napoli, dalla simulazione energetica emergono fabbisogni estremamente contenuti già per la soluzione 2 ( $I_{EN} = 44 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$ ) che prevede un isolamento a capotto di soli 5 cm ed una trasmittanza degli infissi di  $2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ . E' noto, peraltro come in tali contesti climatici sia opportuno adottare strategie efficienti di protezione dall'irraggiamento solare al fine di evitare fenomeni di surriscaldamento e conseguenti condizioni di discomfort interno. A tal fine, seppure a livello ancora indicativo sono state proposte due differenti strategie di schermatura per i diversi orientamenti dell'edificio: una schermatura verticale orientabile per gli affacci est ed ovest ed una schermatura del tipo a lamelle orizzontali esterne combinato con un sistema light shelf interna.

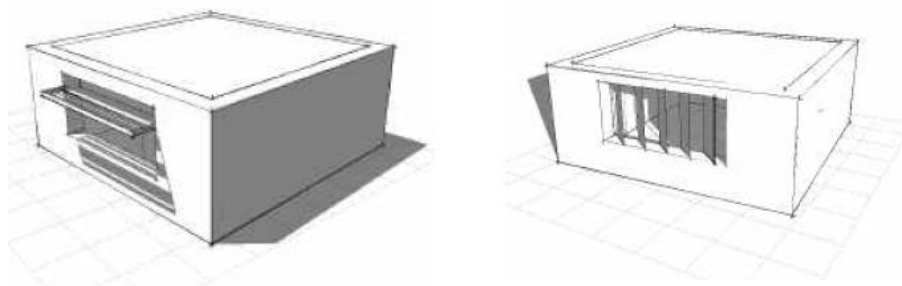


Figura 7- Ipotesi di schermature da adottare per i differenti orientamenti delle aperture dell'edificio

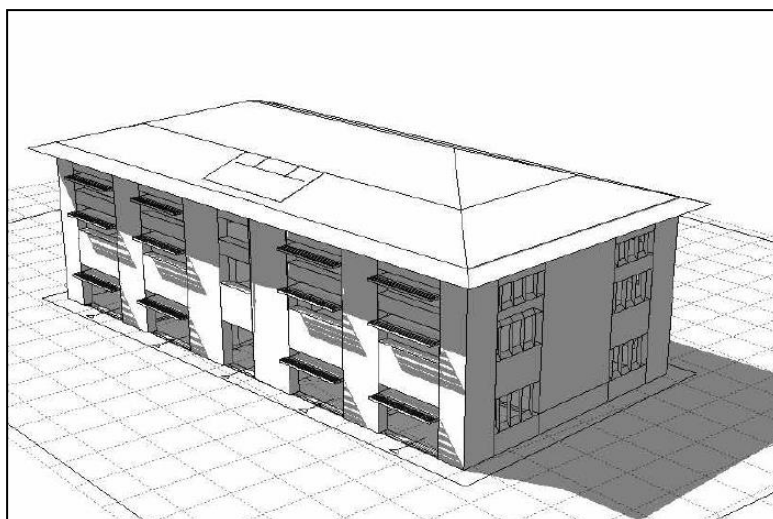


Figura 8- Veduta assonometrica del progetto con gli schermi adottati

#### **4. Considerazioni conclusive**

Ad oggi occorre affrontare la progettazione degli edifici in termini energetici, avvalendosi degli strumenti attualmente disponibili ed utilizzandoli non in modo riduttivo come puro adempimento burocratico e banale sistema per verificare una mera rispondenza legislativa, ma come preziosi strumenti in grado di valutare le prestazioni, sia dal punto di vista economico che energetico – ambientale, del sistema edificio impianto arrivando a soluzioni architettoniche ed impiantistiche che permettano di migliorare l'efficienza energetica degli edifici, che in tal modo può essere valutata fin dalle prime fasi della progettazione fornendo utili indicazioni finalizzate alla progettazione di edifici energeticamente consapevoli.

Dalle considerazioni espresse nel presente studio risulta evidente come la realizzazione di edifici a basso consumo energetico sia una soluzione realmente praticabile e debba essere attentamente valutata utilizzando differenti indici: di natura energetica, economica ed ambientale. Gli edifici a basso consumo energetico possono essere progettati e realizzati adottando strategie differenziate che comprendono certamente anche la valutazione di sistemi impiantistici efficienti. Nella memoria, il cui scopo era quello di confrontare i risultati di simulazioni condotte su un edificio nel centro Italia differenziando i componenti su cui agire a livello energetico, si sono ottenuti risultati diversificati sia in termini energetici che economici ma comunque accettabili: sarà in ultima analisi compito del progettista vagliare tutte le ipotesi realizzative a propria disposizione ottimizzando i molteplici parametri presenti nello studio al fine di garantire un'adeguata efficienza energetica dell'organismo edilizio oggetto del proprio lavoro. In particolare si rileva come la simulazione del comportamento energetico dell'edificio dovrà essere completata anche con l'ausilio di codici di calcolo che permettano di introdurre indici relativi al comfort estivo per il raggiungimento del quale, in clima italiano temperato e mediterraneo sarà indispensabile valutare il contributo di componenti ad elevata inerzia abbinati ad opportuni sistemi di schermature e strategie di ventilazione.

L'utilizzo di codici di simulazione e di calcolo informatizzato applicati agli aspetti energetici degli organismi edilizi rappresentano senza dubbio strumenti utili e necessari per valutare l'efficienza energetica dell'involucro edilizio fino dalle prime fasi di progettazione

che devono guidare in maniera decisa le scelte progettuali permettendo di condurre un'analisi propedeutica alla fase esecutiva.

### **Bibliografia**

- AA.VV., Atti Giornata di Studio “L’efficienza energetica negli edifici. Dall’edificio energivoro al target “passivhaus”, Firenze, 3 Dicembre 2004, [www.taed.unifi.it/fisica\\_tecnica/](http://www.taed.unifi.it/fisica_tecnica/)
- Carletti C., Raffellini G., Sciarpi F., “Dagli edifici a basso consumo energetico agli edifici passivi: problematiche e sviluppi in area mediterranea”, atti del 4° Congresso Nazionale CIRIAF “Sviluppo sostenibile, tutela dell’ambiente e della salute umana”, Perugia, aprile 2004.
- Carletti, C., Sciarpi, F., (a cura di) “Passivhaus. Evoluzione energetica e comfort ambientale negli edifici Italiani”, Pitagora Editore Bologna, 2005
- ENEA, Rapporto Energia e Ambiente 2004, 2004
- Tesi di Laurea in Architettura, Università di Firenze, Dipartimento di Tecnologia e Design “Pierluigi Spadolini”, Metodo e Creatività: fondamenti nella progettazione energetica, A.A.2004-05, Laureanda Vettori V., Relatore: arch. C. Carletti, Correlatore: arch. F. Sciarpi.
- Carletti C., Gantioler G., Nardi F., Raffellini G., Sciarpi F., “Problematiche e sviluppi degli edifici passivi in area mediterranea”, Atti Convegno Internazionale AICARR “Impianti, edificio, città: integrazione e nuove visioni di progetto e di gestione”, Milano, 2004