

*Progettazione sostenibile e risparmio energetico:  
applicazioni nel settore dell'edilizia*



*Il risparmio energetico in edilizia:  
due esempi locali di recupero sostenibile*

*PhD, Ing. Martina Basciu - Facoltà di Ingegneria dell'Università di Cagliari, Dipartimento di Architettura*

*Prima edizione - ottobre 2007*

**ACCA**

ACCA software S.p.A.  
Via Michelangelo Cianciulli  
83048 MONTELLA (AV) - Italy  
Tel. (+39) 0827/69504 - Fax (+39) 0827/ 601235  
E-mail: [info@acca.it](mailto:info@acca.it) - Internet: [www.acca.it](http://www.acca.it)

ACCA software e gli Autori non si assumono alcuna responsabilità per danni diretti o indiretti eventualmente causati dall'uso delle informazioni contenute nella presente pubblicazione.

Questa pubblicazione, o parte di essa, non può essere riprodotta in nessuna forma, in alcun modo e per nessuno scopo, senza l'autorizzazione scritta di ACCA software S.p.A. e degli Autori.

A partire dagli anni 70 del XX secolo, con la prima grave crisi di approvvigionamento del petrolio, si è capito che non si disponeva di risorse energetiche infinite. Attualmente però è la questione ecologica<sup>1</sup> che spinge buona parte dei paesi industrializzati a promuovere politiche di risparmio energetico. A tale proposito non si può non citare il “Protocollo di Kyoto”, approvato a Kyoto nel 1997, che ha impegnato l’Europa a ridurre entro il 2010 le emissioni di “gas a effetto serra” dell’8% e, in particolare, l’Italia del 6,5%.

Attraverso l’uso razionale dell’energia e l’uso di fonti energetiche rinnovabili, il settore edilizio può dare un grande contributo per conseguire questo obiettivo in quanto assorbe il 40% dei consumi di energia primaria in Europa. Purtroppo l’emanazione delle normative nazionali sull’argomento è inizialmente proceduta molto a rilento; conseguentemente, dai primi anni 90 del XX secolo, vari centri di ricerca e alcune amministrazioni locali hanno elaborato sistemi di certificazione energetica. Questi metodi di valutazione sono di tre tipi: i modelli energetici, i bilanci energetici (ecobilanci) e i metodi a punteggio.

I modelli energetici (Minergie svizzero, Passivhaus tedesco, Casa Clima, elaborato dalla Provincia di Bolzano) hanno come carattere distintivo un consumo massimo annuale che il sistema edilizio deve necessariamente rispettare per ridurre l’inquinamento. Gli ecobilanci sono sistemi di valutazione più completi in quanto definiscono l’impatto ambientale di tutto il processo edilizio, non del solo edificio. Il più conosciuto tra gli ecobilanci, a livello internazionale, è il metodo LCA (Life Cycle Assessment), con il quale si analizza tutto il ciclo di vita di un edificio, dal reperimento dei materiali fino allo smaltimento delle sue rovine. I metodi a punteggio invece si basano, per la valutazione della sostenibilità, su una serie di requisiti e a ciascuno di questi è dato un punteggio in modo da stilare una sorta di pagella ambientale. I metodi più importanti a livello internazionale sono: il BREAM, il LEED e il GBTool a cui si ispira l’italiano Protocollo ITACA.

---

<sup>1</sup> Nel 1999 le emissioni di biossido di carbonio hanno raggiunto 25 miliardi di tonnellate.

Per quanto riguarda la normativa sul risparmio energetico a livello Europeo, era stata emanata, il 13/09/1993, la direttiva 93/76/CE (Direttiva SAVE<sup>2</sup>). Come strumento complementare a questa, è stata poi elaborata la successiva direttiva 2002/91/CE che prevede:

1. la certificazione energetica degli edifici;
2. l'applicazione a livello nazionale e regionale di una metodologia di calcolo del rendimento energetico degli edifici;
3. la definizione di requisiti minimi di rendimento energetico per gli edifici esistenti, con superficie maggiore di 1000 m<sup>2</sup>, sottoposti a ristrutturazione;
4. l'ispezione periodica delle caldaie e dei sistemi di condizionamento.

In Italia, in attuazione tale direttiva, è stato emanato il “Decreto legislativo del 19 Agosto 2005, n°192”, seguito dal 311/2006, con l'obiettivo di riordinare la materia del risparmio energetico integrando e modificando la legge 10/91 e il DPR 412/93 nei punti in cui questi non sono in linea con la direttiva europea. Infatti è prevista tutta una serie di decreti attuativi che ridefinisca i metodi di calcolo, i requisiti di prestazione degli edifici, la certificazione energetica, i modelli di relazione tecnica e l'esercizio e la manutenzione degli impianti.

Il decreto si occupa di rendere più efficiente la gestione invernale dei fabbricati sia nuovi che esistenti, ma non si interessa dei consumi energetici e delle emissioni nocive legati alle fasi di produzione e dismissione. Inoltre, anche se l'Italia è un paese dal clima mite, per il raffrescamento esistono solo prescrizioni che riguardano alcuni aspetti costruttivi.

Il legislatore ha deciso di puntare alla “gestione intelligente” dei consumi invernali, prima che agli altri aspetti, perché in questo campo ci sono ampi margini di miglioramento: i consumi per il riscaldamento invernale di un edificio italiano superano i 100 kWh/m<sup>2</sup> annui, mentre è noto che le tecnologie attuali permetterebbero di arrivare a 15 kWh/m<sup>2</sup> annui. Per questo motivo nel DLgs 192 è previsto che nei prossimi quattro anni, le trasmittanze massime degli elementi di fabbrica dovranno diminuire di circa il 25% rispetto ai valori attuali a norma di legge; tuttavia bisogna considerare che l'uso di alti livelli di isolamento è stato sperimentato con successo nei climi freddi, ma buona parte

---

<sup>2</sup> *Direttiva del Consiglio intesa a limitare le emissioni di biossidi di carbonio migliorando l'efficienza energetica.*

dell'Italia è, invece, caratterizzata da un clima molto mite: il rischio che si corre è l'imitazione acritica di modelli studiati per contesti differenti.

Quindi, in attesa delle integrazioni previste riguardo all'efficienza del comportamento estivo, ci si è chiesti che vantaggi apportino al comportamento invernale le direttive riguardanti l'isolamento e più in generale fino a che punto sia conveniente isolare. La questione che si pone è se l'obiettivo debba essere, a prescindere da qualunque altro indicatore, portare la trasmittanza degli elementi di fabbrica ai livelli più bassi che le attuali tecniche costruttive consentono, oppure se ci sia un limite massimo oltre al quale non è opportuno andare.

L'ideale dovrebbe essere non eccedere negli isolamenti, ma semplicemente utilizzarli in spessore adeguato in modo da ottenere un consumo energetico invernale contenuto senza causare un inquinamento eccessivo o provocare uno scoraggiante aumento dei costi.

La valutazione del giusto equilibrio tra i costi dell'intervento e i vantaggi ottenuti è stata condotta attraverso l'analisi energetica di due edifici riferibili a due diverse tradizioni costruttive:

1. la "Casa Serra" a Samugheo (Oristano), edificio tradizionale con muratura portante di pietra;
2. un edificio di edilizia economica e popolare con scheletro portante a vista e tamponature di laterizio faccia a vista, localizzato a Cagliari nel quartiere di Is Mirrionis nella via omonima.



*imm 01 - la Casa Serra" a Samugheo*



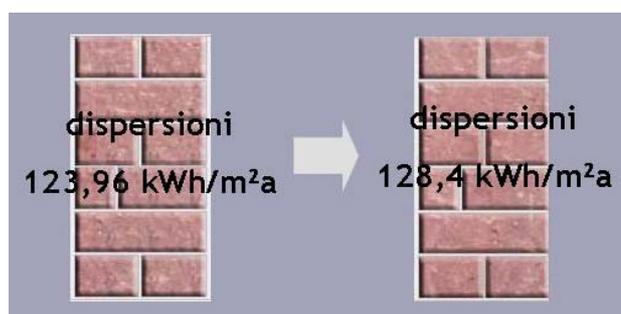
*imm 02 - edificio di edilizia economica e popolare a Cagliari*

Gli esempi sono particolarmente interessanti e complessi in quanto negli interventi di adeguamento energetico sugli edifici esistenti, oltre alle problematiche illustrate si aggiungono quelle legate al recupero.

## La casa Serra a Samugheo

La Casa Serra, prima dello studio dell'adeguamento energetico, era stata sottoposta ad un restauro della facciata, consistente nella rimozione dell'intonaco, per mettere in mostra la trachite, di cui è fatta la muratura, nella sostituzione degli infissi con nuovi, di legno e vetro-camera, e nell'applicazione di riquadri di materiale lapideo intorno alle aperture.

La scelta di aver rimosso l'intonaco ha indubbiamente peggiorato il comportamento dell'edificio aumentando le dispersioni di calore attraverso l'involucro di circa 4,5 kWh/m<sup>2</sup>a, passando da 123,96 kWh/m<sup>2</sup>a a 128,4 kWh/m<sup>2</sup>a. Le cause sono da ricercare nella trachite, pietra molto porosa che ha una scarsa resistenza agli agenti atmosferici e tende ad assorbire l'umidità e l'acqua piovana, con conseguente aumento della trasmittanza e rischio di lesioni e distacco di materiale dovuti, in caso di gelate, al passaggio dell'acqua trattenuta tra i pori dallo stato liquido a quello solido.



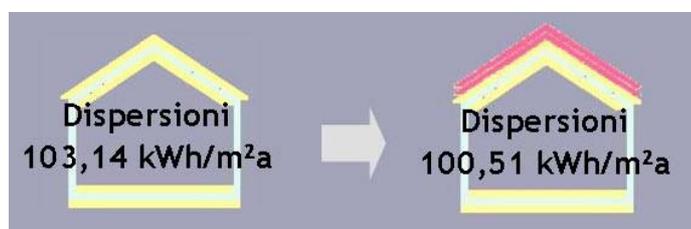
*imm 03 - La rimozione dell'intonaco è causa di un aumento delle dispersioni di calore dell'edificio di circa 4,5 kWh/m<sup>2</sup>a*

Inoltre, lasciare la muratura faccia a vista vincola molto gli interventi e compromette l'adeguamento energetico in quanto non permette di applicare all'esterno un isolamento a cappotto. Sopperire con un isolamento all'interno causerebbe la formazione di condensa, fenomeno che sarebbe meglio evitare anche perché il materiale tende già naturalmente ad assorbire l'umidità, e inoltre non permetterebbe di sfruttare l'inerzia termica del muro e porterebbe ad

una notevole riduzione della superficie utile disponibile perché sarebbe necessario rivestire l'isolamento, ad esempio, con una fascia di mattoni.

Se si rinuncia alla correzione del comportamento energetico della muratura non ha molto senso modificare gli altri elementi di fabbrica in modo da ottenere prestazioni eccessivamente elevate. Si è quindi deciso di mantenere gli infissi con vetrocamera esistenti, trasmittanza  $U=3,05 \text{ W/m}^2\text{K}$ , di isolare la chiusura orizzontale di base con 3 cm di polistirene, trasmittanza  $U=0,805 \text{ W/m}^2\text{K}$ , e di isolare la chiusura orizzontale di copertura con 4 cm di polistirene, trasmittanza  $U=0,55 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

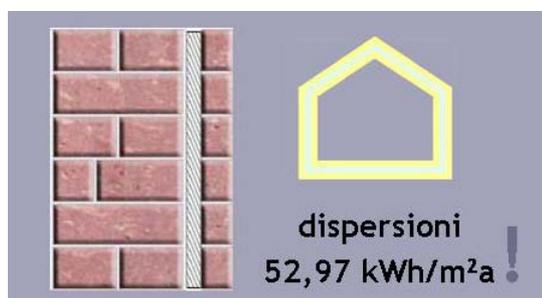
In questo modo si ha una riduzione delle dispersioni di  $25 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  cioè si passa  $103,14 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ , valore comunque troppo elevato. Se si aumenta l'isolamento della copertura da 4 cm a 10 cm di spessore, e quindi da  $0,55 \text{ W/m}^2\text{K}$  a  $0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$  di trasmittanza, il fabbisogno globale si riduce di soli  $3 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ . In sostanza avendo usato più del doppio del materiale si sono più che raddoppiati i costi economici e i costi ambientali di produzione e si è ottenuto un beneficio in fase di gestione veramente ridotto, addirittura inferiore al peggioramento causato dalla rimozione dell'intonaco.



*imm 04 - Raddoppiando l'isolamento in copertura si riducono le dispersioni di calore dell'edificio di soli  $3 \text{ kWh/m}^2\text{a}$*

Si è allora studiato un intervento per la chiusura verticale alternativo a quello effettuato nel primo restauro. Infatti, se l'obiettivo era mettere in vista la bella trachite rossa locale si sarebbe potuto scegliere di non rimuovere l'intonaco ma di usarlo come base per isolare la chiusura verticale con un cappotto e poi rivestire l'isolante con uno strato da 10 cm di trachite o addirittura fare una parete ventilata con la trachite. In questo modo si sarebbe ottenuto lo stesso effetto da un punto di vista architettonico con una trasmittanza molto inferiore,  $0,84 \text{ W/m}^2\text{K}$ , e una buona inerzia termica. Anche con elementi di fabbrica dalle prestazioni che oggi non sarebbero a norma, le dispersioni globali sarebbero più che dimezzate,  $52,97 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ , e il fabbisogno di energia primaria, ottenuto

ipotizzando di utilizzare una pompa di calore, sarebbe pari a 48,28 kWh/m<sup>2</sup>a, inferiore a quello massimo stabilito per legge pari a 57,4 kWh/m<sup>2</sup>a<sup>3</sup>.



*imm 05 - Una soluzione alternativa che permette di isolare completamente l'involucro dimezza le dispersioni di calore dell'edificio*

In conclusione non potendo intervenire sulla chiusura verticale, che ha la massima superficie disperdente, gli interventi sugli altri elementi di fabbrica non hanno grandi effetti sul comportamento globale dell'edificio. Per aver un buon funzionamento termoigrometrico dell'edificio la soluzione migliore non è tanto isolare in modo eccessivo il singolo elemento, quanto progettare in modo intelligente l'intervento complessivo, sia per quanto riguarda le prestazioni degli elementi di fabbrica, sia per quanto riguarda quelle degli impianti.

In particolare l'intervento su un edificio di edilizia tradizionale, non si può ridurre unicamente a fissare alcuni valori senza considerare le caratteristiche specifiche degli elementi costruttivi e dei materiali. Ad esempio, se nell'edilizia tradizionale un certo tipo di pietra è sempre stata intonacata, è quantomeno avventato decidere di eliminarne il rivestimento, per seguire la moda del momento, senza informarsi preventivamente sul comportamento del materiale.

---

<sup>3</sup> Questo progetto, essendo stato concluso prima dell'entrata in vigore del decreto, 8 ottobre 2005, non avrebbe dovuto seguire la nuova normativa. Tuttavia, poiché lo schema del decreto era già consultabile, mentre l'analisi energetica era in elaborazione sono stati confrontati i risultati ottenuti con le nuove disposizioni. La normativa vigente fissa per gli edifici un fabbisogno energetico massimo e le trasmittanze massime per gli elementi di fabbrica in base alla localizzazione e ai dati geometrici dell'edificio: fattore di forma (S/V)=0,56; gradi giorno=1450 (zona D); fabbisogno energetico limite 57,4 kWh/m<sup>2</sup>a.

Si rischia in questo modo di peggiorare il funzionamento dell'edificio e di compromettere possibili interventi riparatori rendendoli troppo costosi: chi spenderebbe per rifare l'intonaco, posare l'isolante e rivestire il tutto con lastre di trachite, dopo aver fatto un costoso intervento di rimozione del vecchio intonaco?

## Un edificio di edilizia economica e popolare

L'edificio di edilizia economica e popolare, localizzato a Cagliari in via Is Mirrionis, nel quartiere omonimo, è particolarmente interessante perché è stato costruito, negli anni 60, secondo un tipo edilizio molto diffuso nel dopoguerra in Italia, che segue i criteri della "sincerità costruttiva".

È un fabbricato a pianta cruciforme, che si sviluppa su sette piani, più pilotis, con copertura a falde, separata dal settimo piano da un sottotetto, scheletro portante a vista e tamponatura di muratura faccia a vista, costituita da un doppio strato di elementi di laterizio con interposta una camera d'aria, altrimenti detta muratura a cassetta. Si tratta di uno di quei famigerati edifici costruiti prima che fosse emanata la 373/76 e quindi privi di qualsiasi accorgimento per il contenimento dei consumi.

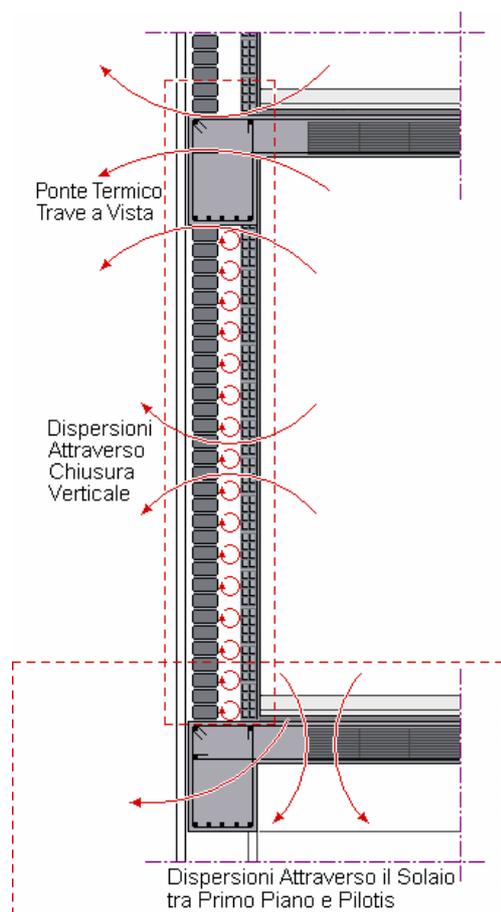


*imm 06 - Gli elementi dell'involucro "a vista"*

Gli elementi di fabbrica e costruttivi sono stati progettati senza alcuna attenzione per le dispersioni termiche, negli elementi opachi non è stato utilizzato alcun genere di isolante, gli infissi sono di tipo tradizionale a vetro singolo, lo scheletro portante a vista è causa di innumerevoli ponti termici e le chiusure verticali hanno una camera d'aria di ben 12 cm, che innesca al loro interno moti convettivi causa di un notevole raffreddamento della parete.

L'edificio quindi necessita di interventi su differenti elementi di fabbrica e costruttivi:

1. isolamento delle chiusure verticali;
2. isolamento della chiusura orizzontale tra il piano pilotis e il primo piano;
3. isolamento del solaio tra il settimo piano e il sottotetto;
4. sostituzione degli infissi.



*imm 07 - Le dispersioni attraverso la chiusura verticale e i ponti termici*

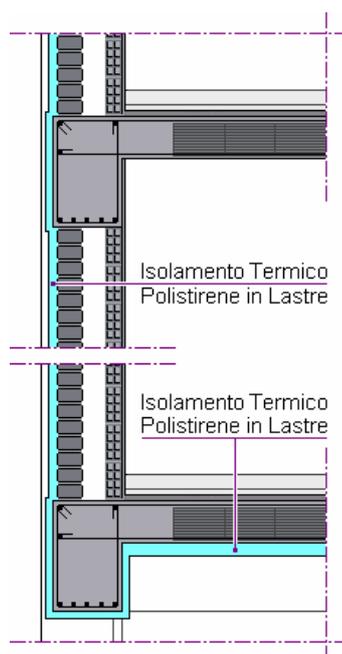
L'analisi energetica è stata preceduta dallo studio di quattro configurazioni isolate nelle quali le variabili considerate sono le prestazioni della chiusura verticale e la possibilità di rivestire i ponti termici con una lastra di polistirene. Le

prestazioni energetiche della chiusura orizzontale di base, della chiusura orizzontale sopra l'ultimo piano e degli infissi sono le stesse per tutte le configurazioni e rispettano i valori massimi previsti dal Dlgs 192/05.

L'obiettivo è, infatti, quello di valutare in che modo il fabbisogno energetico di un appartamento tipo<sup>4</sup> varia al variare dell'isolamento termico di un elemento di fabbrica specifico e quanto sia influente la correzione dei ponti termici.

La scelta dell'intervento per l'adeguamento energetico della chiusura verticale, costituita dalla muratura faccia a vista con intercapedine da 12 cm, e dei ponti termici è abbastanza complicata; infatti, non sono sufficienti le sole considerazioni sull'efficienza energetica, ma anche quelle tipologiche e costruttive.

La soluzione migliore da un punto di vista energetico sarebbe rivestire con un cappotto di 3 cm di polistirene la chiusura verticale e lo scheletro portante, tuttavia questa soluzione è sconsigliabile perché modifica completamente l'edificio, privandolo della sincerità costruttiva che è la sua caratteristica emblematica.



*imm 08 - La soluzione con l'isolamento a cappotto*

Una buona alternativa è quella di praticare dall'interno un foro sulla parete e riempire l'intercapedine con un materiale sciolto, garantendo buone prestazioni

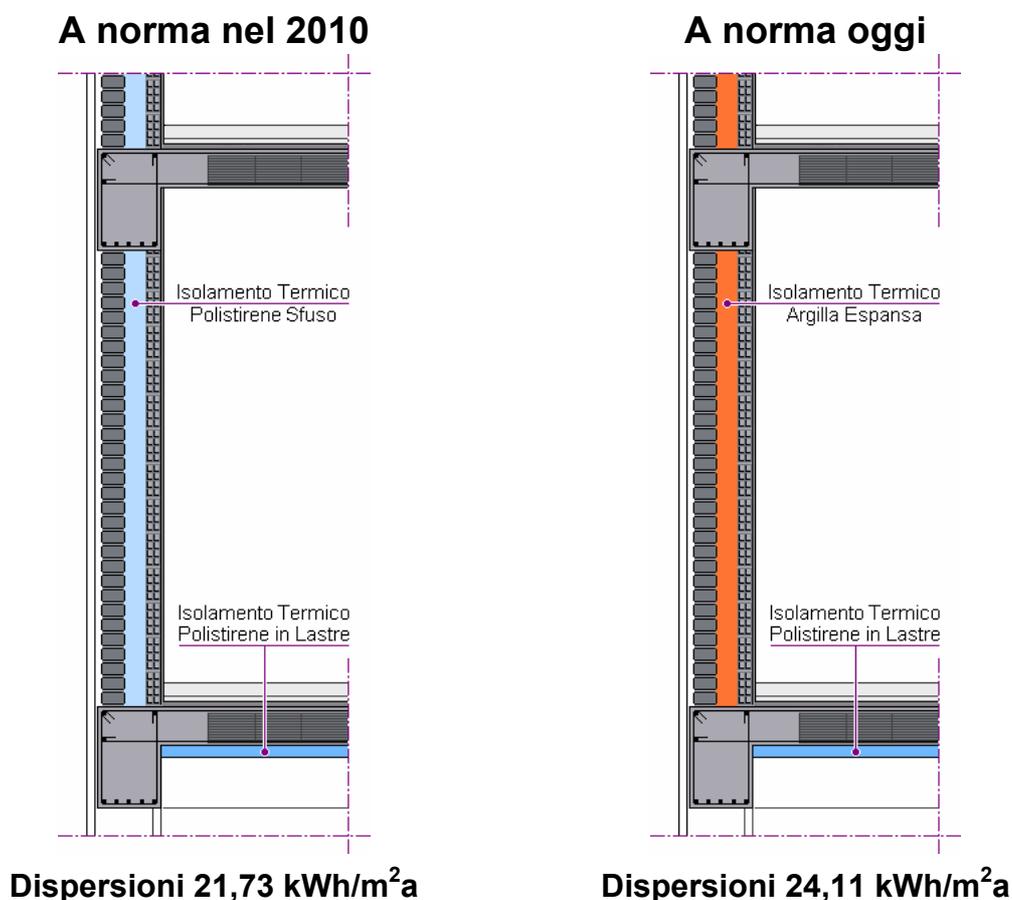
---

<sup>4</sup> Appartamento B al primo piano, fattore di forma pari a 0,66 e fabbisogno energetico massimo di 48,17 kWh/m<sup>2</sup>a.

per la parete e allo stesso tempo non alterando i caratteri fondamentali del tipo edilizio. Poiché la quantità di materiale da utilizzare è fissata dalla dimensione dell'intercapedine, si è deciso di provare due materiali che avessero prestazioni termoigrometriche diverse. Sono quindi stati scelti due materiali molto diffusi:

1. il polistirene espanso in perle, ottenendo una trasmittanza della parete pari a  $0,358 \text{ W/m}^2\text{K}$ , dispersioni pari a  $21,73 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  e fabbisogno di energia primaria con utilizzo di pompa di calore pari a  $19,81 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ ;
2. l'argilla espansa, ottenendo una trasmittanza della parete pari a  $0,532 \text{ W/m}^2\text{K}$ , dispersioni pari a  $24,11 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  e fabbisogno di energia primaria con utilizzo di pompa di calore pari a  $21,98 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ .

Il risultato è indubbiamente ottimo perché si ottengono valori pari alla metà del massimo consentito, quello che stupisce, però, è che non ci siano variazioni sostanziali al variare della trasmittanza e che quindi, per un clima mite come quello sardo, non ha senso isolare oltre un certo livello, perché, come si è già visto nell'esempio della casa Serra, non si ottengono miglioramenti apprezzabili nel funzionamento globale.



*imm 09 - Una trasmittanza molto inferiore riduce le dispersioni di soli 2,5 kWh/m<sup>2</sup>a*

Si potrebbe inoltre valutare quanto sia vantaggioso combinare una di queste due soluzioni con l'isolamento dei ponti termici. Sicuramente il rivestimento dei soli ponti termici non è semplice da un punto di vista costruttivo, per quanto riguarda la correlazione tra parete faccia a vista e isolante, e inoltre cambierebbe la percezione del rapporto tra i due elementi di fabbrica in quanto lo scheletro diventerebbe molto più evidente.

Se poi si passa al rapporto costi benefici, non si tratta di un intervento conveniente. La correzione del ponte termico riduce il fabbisogno energetico di 3,78 kWh/m<sup>2</sup>a, considerato che il costo di un kWh è di 0,21174 euro e l'appartamento ha una superficie di 102 m<sup>2</sup>, si tratta di un risparmio di circa 81 euro all'anno, che si riducono a 27 euro nel caso in cui l'impianto di riscaldamento sia costituito da una pompa di calore con C.O.P. pari a 3. I ponti termici di un appartamento si estendono per una superficie di circa 18,5 m<sup>2</sup> e il costo della fornitura e posa in opera di un m<sup>2</sup> di cappotto, compreso l'intonaco, è di circa 40 euro a m<sup>2</sup>, cui bisogna aggiungere 8 euro a m<sup>2</sup> per i ponteggi per un'estensione di circa 3182 m<sup>2</sup>, per un totale di 1500 euro ad appartamento e un ammortamento di 55 anni!

In realtà, la cifra globale dei lavori non è proibitiva, è invece molto scoraggiante il fatto che si dovrebbero montare i ponteggi che invece non sarebbero necessari se l'intervento si limitasse al riempimento dell'intercapedine e quindi, mentre sugli altri elementi di fabbrica ogni singolo proprietario potrebbe intervenire liberamente adeguando unicamente il proprio appartamento, il rivestimento dei ponti termici deve necessariamente riguardare tutto lo scheletro portante presupponendo quindi la partecipazione di tutto il condominio.

In conclusione, l'isolamento dei ponti termici migliora in modo irrilevante l'efficienza dell'edificio considerato, non è conveniente da un punto economico ed è molto complicato sia da un punto di vista costruttivo che organizzativo.

## Conclusioni

Dai risultati ottenuti è emerso che l'efficienza di un edificio è legata non tanto al raggiungimento di determinate prestazioni dei singoli componenti, quanto ad una progettazione intelligente che, partendo dallo studio del singolo elemento di fabbrica, passi a quello dell'involucro complessivo e infine a quello del sistema edificio-impianto. L'analisi energetica però deve essere associata ad una riflessione attenta sugli aspetti tipologici e costruttivi; si è visto, infatti, come nella casa Serra una scelta sbagliata abbia compromesso definitivamente l'efficienza dell'edificio.

Una progettazione attenta, che consideri tutti questi aspetti, permette quindi di ottenere ottimi risultati di efficienza complessiva senza richiedere prestazioni troppo elevate per gli elementi di fabbrica, cioè dimensionando lo spessore di isolante senza eccedere in modo ingiustificato e quindi riducendo sia i costi di gestione sia le spese e le emissioni in fase di produzione.

Questo approccio alla materia è fondamentale per evitare l'importazione acritica di modelli che nel Nord Europa sono stati applicati con grande successo, ma potrebbero non essere altrettanto vantaggiosi per un clima mite, in quanto superato un certo livello il risparmio energetico aumenta in modo sempre più irrilevante.