

RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA E TARGET PASSIVHAUS: PROBLEMATICHE E RISULTATI DI UNA INDAGINE IN CAMPO

Cristina Carletti, Fabio Scurpi, Giorgio Raffellini

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

SOMMARIO

Il target energetico della Passivhaus, largamente adottato in molti edifici dell'Italia del nord, è stato analizzato nel corso di una Ricerca condotta dal Laboratorio FAQE dell'Università di Firenze.

Nel corso della ricerca oltre ad edifici di nuova edificazione sono stati analizzati edifici risultato di interventi di riqualificazione energetica; in particolare, sono presentati i risultati preliminari di una indagine condotta su un edificio residenziale ed un edificio per uffici. L'edificio residenziale è stato anche oggetto di una campagna di monitoraggio di parametri termoigrometrici e di qualità dell'aria indoor al fine di valutare le reali prestazioni energetiche dell'edificio ed il benessere interno.

Nella memoria sono presentati e discussi i principali risultati ottenuti dall'analisi condotta sui due edifici e dal monitoraggio tuttora in corso.

CAMBIAMENTI CLIMATICI E CONSUMI ENERGETICI

Negli ultimi secoli i cambiamenti del clima della terra sono stati caratterizzati da una forte accelerazione dei fenomeni, tanto che gran parte del mondo scientifico internazionale concorda nel sostenere che il clima della Terra sia influenzato, oltre che da cause naturali, anche da cause antropiche e principalmente dalle emissioni di gas dovute all'uso di combustibili fossili per la produzione di energia e per i trasporti. Tali gas, fra cui in maggiore percentuale l'anidride carbonica (CO₂), ma anche il metano, il protossido di azoto, l'es fluoruro di zolfo, gli idrofluorocarburi ed i perfluorocarburi, l'ozono troposferico ed i suoi precursori, sono ritenuti la principale causa del noto "effetto serra", fattore principale del surriscaldamento del pianeta.

Le problematiche relative all'inquinamento ambientale ed ai cambiamenti climatici dovuti alle emissioni di gas serra assumono particolare importanza solamente alla fine degli anni '80, aggiungendosi alle preoccupazioni dell'esaurimento delle fonti di energia non rinnovabili e della pericolosa dipendenza dei paesi dell'occidente dagli stati dell'OPEC, portate alla ribalta mondiale in seguito alla guerra del golfo fra paesi Arabi ed Israele del 1973.

Per rispondere a tali problematiche, dopo numerose conferenze mondiali, nel 1997 a Kyoto viene firmato il "Protocollo di Kyoto", un atto che prevede limiti alle emissioni di gas serra nei 39 paesi che hanno aderito all'accordo e che è diventato operativo solo il 16/2/2005. Secondo gli impegni di tale protocollo, tra il 2008 e il 2012 l'Unione Europea deve ridurre le emissioni di gas serra dell'8%, mentre l'Italia, che attualmente in Europa è tra i maggiori "emettitori" di CO₂, la riduzione deve essere del 6,5%. Recenti ricerche hanno comunque evidenziato come

l'Italia, con consumi interni lordi di energia in continuo aumento ed emissioni crescenti dal 1990 ad oggi (+7%), appaia lontana dall'obiettivo di riduzione assunto formalmente [1]. L'analisi dei consumi energetici italiani per macro settori d'uso mette in evidenza, relativamente all'anno 2002, l'importanza del settore dei trasporti (31% dei consumi totali) e di quello civile (30%), seguiti dal settore industriale (29,1%) e da quello dell'agricoltura (2,5%). Per quanto riguarda la ripartizione dei consumi energetici del settore civile anche nel 2002 il residenziale ha assorbito circa il 70% della domanda e il terziario il restante 30% [1].

Se si analizzano i consumi energetici del settore residenziale emerge come, nonostante la mitezza del clima, il 68% sia dovuto al riscaldamento degli edifici (figura 1); ciò è da attribuire principalmente alla scarsa qualità degli involucri delle abitazioni italiane, che per i due terzi sono di costruzione anteriore alla legge 373/76 e non hanno subito interventi di riqualificazione energetica da almeno vent'anni.

Da questa panoramica si può vedere come il settore civile in generale, e quello residenziale in particolare, possano svolgere un ruolo importante nella tutela dell'ambiente e nella riduzione dei consumi energetici, attraverso l'adozione di modelli costruttivi di edifici caratterizzati da elevati livelli prestazionali sia dal punto di vista energetico che della sostenibilità ambientale, 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 la qualità interna globale (comfort termoigrometrico, acustico, illuminotecnico e respiratorio olfattivo).

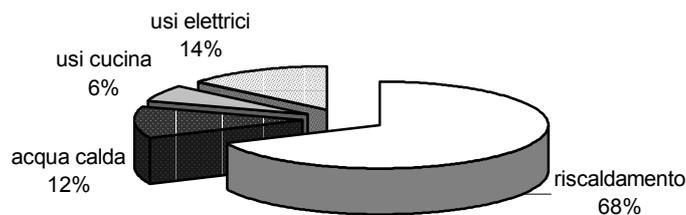


Figura 1. Consumi energetici nel settore residenziale in Italia

Tali modelli di edifici ad alta efficienza energetica sono principalmente gli edifici a basso consumo energetico, caratterizzati da un consumo annuale di energia riferito alla superficie netta di edificio riscaldato $\leq 70\text{kWh/m}^2\text{a}$, e gli edifici passivi, caratterizzati in ambito nord e centro europeo da un fabbisogno energetico per riscaldamento invernale $\leq 15\text{kWh/m}^2\text{a}$, assenza di ponti termici, alta tenuta all'aria ($n_{50} < 0,6 \text{ h}^{-1}$), percentuale di giorni con temperatura interna dell'aria $t_i > 25^\circ\text{C}$ inferiore al 10% [2] [3].

IL MODELLO ENERGETICO DELLA PASSIVHAUS NEL NORD ITALIA: CARATTERISTICHE E REQUISITI PRESTAZIONALI DEL SISTEMA EDIFICIO-IMPIANTO

Attualmente esistono in Europa migliaia di edifici passivi, di diverse tipologie costruttive e con diversa destinazione d'uso. Anche in Italia negli ultimi anni, soprattutto al nord, sono stati costruiti molti edifici passivi, che si distinguono dall'esempio europeo per l'utilizzo di materiali, tecnologie e sistemi costruttivi (legno, laterizio, pietra, ecc.) più vicini alla tradizione italiana e ad un clima più "mediterraneo", rappresentando un valido esempio di alte prestazioni energetico ambientali. Infatti, mentre nei contesti centro e nord europei prevale l'impiego di chiusure multistrato leggere caratterizzate da forte isolamento termico e ridotta massa [4], nel contesto nord italiano si privilegiano soluzioni caratterizzate da forte massa ed inerzia termica, a fronte di un sistema impiantistico che, nella sua concezione generale, mantiene pressoché costanti tutti i principali componenti.

Le caratteristiche principali di tali edifici costruiti nel nord Italia sono un involucro esterno altamente isolato, realizzato "senza" ponti termici e a tenuta all'aria, e un impianto di climatizzazione non convenzionale ed altamente efficiente, in grado di assicurare un adeguato ricambio d'aria agli ambienti, privilegiando sistemi di recupero del calore e l'uso di fonti di energia rinnovabili [5] [6].

Al fine di raggiungere i livelli prestazionali richiesti, i componenti opachi degli involucri sono caratterizzati da elevate prestazioni termiche: trasmittanza non superiore a $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$, raggiunta facendo uso di materiali a bassa conducibilità termica posti in opera con spessori elevati, coefficiente lineare di ponte termico pari a circa $0,01 \text{ W/mK}$ e tenuta all'aria non superiore a $0,6\text{h}^{-1}$, valutata in fase di collaudo attraverso il Blower Door Test, che permette di misurare il ricambio d'aria per infiltrazione con un

differenziale pressorio fra interno ed esterno di 50 Pa. L'isolamento termico viene applicato senza soluzione di continuità ai componenti opachi dell'involucro, e preferibilmente con sistema a cappotto per evitare ponti termici e la possibile formazione di condensa interstiziale.

Le tipologie costruttive riscontrate abbinano differenti strutture portanti (telaio in c.a. o acciaio, muratura portante) a tamponamenti fortemente isolati realizzati in vari materiali (pannelli in c.a., elementi prefabbricati in legno, laterizio alleggerito in pasta, isolamento in calce espansa, sughero, lana di roccia, isolante cellulare, poliuretano espanso).

I componenti finestrati utilizzati sono caratterizzati da alte prestazioni termiche garantite dall'uso di vetri a doppia camera (costituiti da tre lastre di vetro termico con interposto un gas nobile - $U \leq 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$) e telai in legno con inserito materiale termoisolante ($U \leq 0,7 \pm 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$) caratterizzati da una trasmittanza totale $U_T \approx 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ed un fattore di trasmissione solare $g \geq 50\%$ (figura 2). In generale idonee schermature solari (veneziane, brise-soleil, ecc.), diversificate in funzione dell'orientamento della superficie vetrata, permettono di controllare fenomeni di surriscaldamento estivo.



Figura 2. Esempio di componente finestrato altamente isolato

Negli edifici italiani, per garantire il ricambio d'aria necessario ai fini igienici ed un idoneo microclima interno, vengono utilizzati sistemi di ventilazione meccanica controllata (VMC) tipicamente composti dai seguenti

dispositivi tecnologici principali: presa d'aria esterna, scambiatore di calore interrato, ventilatore, sezione di filtrazione, recuperatore di calore dall'aria esausta, sezione di post trattamento, condotte di distribuzione dell'aria, terminali di immissione ed estrazione dell'aria.

L'aria esterna, prelevata da prese d'aria opportunamente posizionate e filtrata con filtri di classe adeguata all'inquinamento esterno, passa all'interno dello scambiatore interrato, subendo un preriscaldamento in inverno o un raffrescamento in estate, e poi, previa eventuale ulteriore filtrazione, attraverso un recuperatore di calore ad alta efficienza, che permette il recupero del calore dell'aria esausta prima che questa venga espulsa all'esterno. Quando il calore recuperato non è ancora sufficiente per raggiungere la temperatura ambiente desiderata, l'aria può subire un ulteriore post riscaldamento integrando il sistema VMC con altri dispositivi, quali pompe di calore di piccola potenza, caldaie a gas o a pellet, collettori solari, collegamento al teleriscaldamento cittadino, ecc., che vengono utilizzati anche per il riscaldamento dell'acqua sanitaria. L'aria così trattata viene immessa negli ambienti principali (salotto, sala da pranzo, camere, studio) e ripresa dai servizi (cucina, bagno), previa filtrazione per proteggere il recuperatore di calore; fessure tra la porta e il pavimento o apposite griglie sulle porte permettono un flusso d'aria continuo anche quando le porte sono chiuse. In alcuni casi vengono utilizzati apparecchi chiamati "aggregati compatti" (figura 3), delle dimensioni di un frigorifero con congelatore, che inglobano il ventilatore, il recuperatore, il sistema di regolazione, una piccola pompa di calore e anche un serbatoio per l'acqua calda sanitaria che può essere collegato ad un collettore solare [6].



Figura 3. Esempio di aggregato compatto

LA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI: VERSO IL TARGET PASSIVHAUS

Le specifiche prestazionali definite per gli edifici passivi del nord Italia sono accettabili nello specifico contesto climatico di applicazione; in aree a clima più temperato, si pongono al progettista altre problematiche, quali il controllo del surriscaldamento degli ambienti in regime estivo, lo studio di sistemi di ventilazione efficaci ed efficienti che sfruttino a pieno le potenzialità microclimatiche locali e, non ultimo, l'adozione di opportune strategie progettuali che massimizzino ove necessario l'inerzia termica dell'involucro.

Con tali premesse, quando si affronta il tema della riqualificazione energetica di un edificio esistente, sia esso a destinazione residenziale, terziaria o scolastica, non è sempre possibile raggiungere i target degli edifici a basso consumo e quello della passivhaus.

Difatti, la mancanza di forma compatta richiesta ad un edificio passivo, che ottimizzi il rapporto tra superficie disperdente e volume lordo riscaldato, può già essere un primo limite alla ristrutturazione; inoltre deve essere attentamente valutata la presenza e la tipologia delle superfici vetrate; infine, una attenta analisi costo-efficacia della strategia progettuale adottata potrebbe escludere o sconsigliare alcuni interventi rispetto ad altri.

Per quanto attiene il tema del controllo della forma dell'edificio, si deve valutare attentamente quale porzione della vecchia costruzione possa essere trasformata in edificio passivo: non tutto il volume, e quindi l'involucro, può raggiungere i requisiti di passivhaus; spesso difatti si devono necessariamente eliminare sia gli spazi interrati e talvolta anche il vano scala.

Per quanto attiene i componenti finestrati, è noto come le tipiche trasmittanze richieste ad una finestra passiva richiedano la sostituzione pressoché totale degli infissi esistenti con altri di prestazioni molto più elevate: nell'analisi costo-beneficio questa strategia può spesso risultare non conveniente comportando tempi di ritorno dell'investimento inaccettabili; pertanto spesso si tende ad investire maggiormente sia nell'isolamento termico che nell'implementazione delle prestazioni del sistema impiantistico.

L'integrazione di un sistema di controllo microclimatico tipico di una passivhaus in un edificio esistente è tuttavia un problema progettuale di non facile risoluzione. Lo scambiatore interrato per il pretrattamento dell'aria di mandata non sempre può essere facilmente inseribile nell'area di pertinenza dell'edificio; inoltre il sistema aeraulico può non trovare una ottimale collocazione negli spazi a disposizione anche se il cuore del sistema tecnologico, cioè l'aggregato compatto, ha subito una evoluzione tale da occupare oggi uno spazio molto contenuto.

Dall'analisi termodinamica del sistema edificio impianto elaborata con software dedicati allo studio ed alla verifica di edifici passivi [7], emerge come una delle problematiche da valutare con maggiore attenzione nel corso della riqualificazione sia da un lato l'analisi dei carichi termici (interni ed esterni) e dall'altro una efficace risoluzione dei ponti termici presenti nell'edificio.

E' noto che quando si adotta un isolamento termico di tipo "a cappotto" la maggior parte dei ponti termici sia efficacemente controllata: ipotizzando la possibilità, non del tutto scontata, dell'adozione di un isolamento termico dall'esterno, restano comunque da risolvere alcuni punti critici nell'edificio, quali: l'attacco al suolo, la presenza di balconi ed aggetti in genere della struttura, la connessione della muratura con il componente finestrato.

Per quanto attiene quest'ultimo, una soluzione efficace consiste nel porre in opera l'infisso a filo esterno della muratura di tamponamento e nel ricoprire il telaio con l'isolante termico. In questo caso, l'accuratezza nel controllo della fase di posa in opera risulta essenziale al fine di garantire un risultato efficace alla strategia adottata (figura 4).

Fra gli esempi di ristrutturazione di edifici esistenti finalizzata alla loro riqualificazione energetica ed al raggiungimento del target passivhaus, particolarmente

interessanti risultano essere due edifici realizzati nella Provincia di Bolzano che saranno di seguito analizzati.



Figura 4. Esempio di corretto montaggio di finestra con isolante termico sopra il controtelaio [8]

Il primo esempio di retrofitting energetico, la cui efficacia è tutt'ora in corso di analisi da parte del Laboratorio di Fisica Ambientale, è costituito da un tipico edificio residenziale altoatesino posto nella città di Bolzano (figura 6). In tale intervento, il progettista, di concerto con la Committenza, si è posto un duplice obiettivo: da un lato riqualificare la porzione esistente fino al target di edificio a basso consumo, e dall'altro realizzare una sopraelevazione che raggiungesse il target di passivhaus.

Quest'ultima è stata realizzata con struttura lignea fortemente isolata facendo uso di fiocchi di cellulosa posti in opera con spessori che vanno da 40 cm per i componenti opachi maggiormente disperdenti (copertura e parete nord) ai 30 cm dei restanti (figura 5). In particolare la struttura di copertura, che diviene tamponamento verticale senza soluzione di continuità, presenta un valori di trasmittanza inferiori a $0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$.



Figura 5. Immagine della fase di cantiere della sopraelevazione. Progetto Arch. M. Tribus [9]

La parete a sud presenta una considerevole superficie vetrata che è stata dotata nel giugno 2004, di un efficace sistema di schermatura per proteggere l'abitazione dal surriscaldamento estivo.

L'impianto di controllo microclimatico a servizio della passivhaus consiste di un sistema VMC dotato di scambiatore interrato con recuperatore di calore e sezione di post

riscaldamento alimentata da una preesistente caldaia a gas a servizio anche della restante parte dell'edificio [8].



Figura 6. Vista complessiva dell'edificio [7]

Un altro esempio di riqualificazione energetica efficiente è rappresentato dal progetto dell'edificio „Ex-Posta“ posto presso la stazione ferroviaria di Bolzano, che sarà destinato dal 2006 ad uffici, sale riunioni e mostre dell'Amministrazione Provinciale (figura 7).

Il progetto si è posto lo scopo di implementare le prestazioni energetiche della porzione esistente ed al contempo di aggiungere due nuovi piani. Si tratta del primo edificio pubblico in Italia con un consumo energetico per riscaldamento pari circa ad un litro di olio combustibile, per l'esattezza $12 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

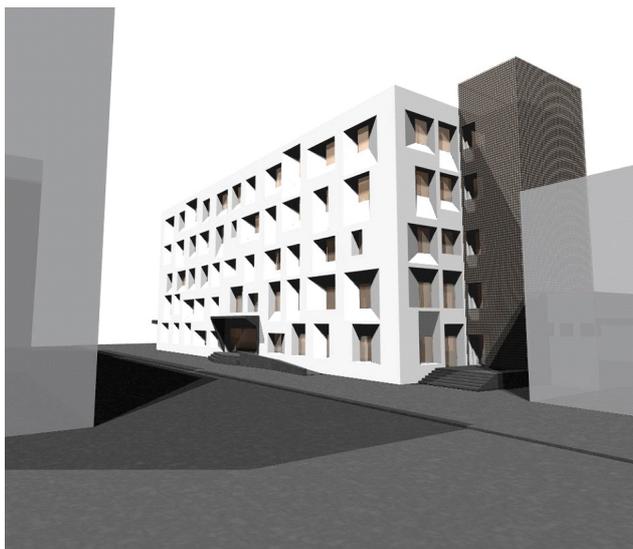
Tramite il considerevole risparmio di energia si possono ridurre i costi per la climatizzazione del 90% circa; tale condizione viene raggiunta con costi aggiuntivi rispetto al target CasaClima C ($70 \text{ kWh/m}^2\text{a}$), obbligatorio per tutti gli edifici della Provincia di Bolzano, dell'ordine del 4%.



Figura 7. Veduta dell'edificio ex-posta prima del retrofitting energetico [7]

La compattezza che caratterizza il volume dell'edificio esistente costituisce sicuramente un vantaggio per il raggiungimento dello standard di passivhaus: la variazione nei pattern distributivi delle finestre, ottenuta mediante un attento studio sugli sguanci, consente al progetto di raggiungere un notevole risultato formale; adottando inoltre una opportuna strategia progettuale (variando ed ottimizzando ai fini del comfort visivo l'inclinazione dello sguancio) è possibile combinare il forte isolamento termico con una buona

economia di spesa grazie alla prefabbricazione degli elementi che compongono la facciata (figura 8).



esposta a sud, di cui è stata dotata l'unità immobiliare, controlla efficacemente il surriscaldamento estivo degli ambienti.

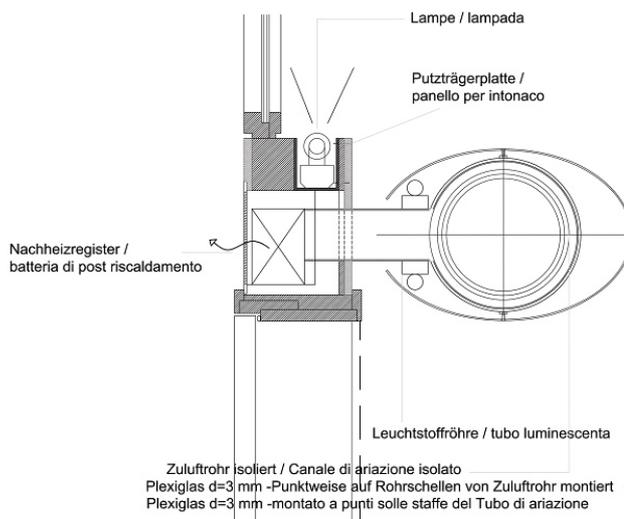


Figura 8. Progetto Ex-posta e dettaglio sistema integrato illuminazione - climatizzazione

L'elevata resistenza termica dell'involucro ottenuta con 35 cm di isolamento a cappotto, con una trasmittanza variabile da 0,092 a 0,135 W/m²K, combinata con l'uso di componenti finestrati a triplo vetro fanno sì che un impianto tradizionale di riscaldamento sia superfluo utilizzando al suo posto un sistema di ventilazione meccanica controllata con recuperatore di calore ad elevata efficienza e sezione di umidificazione a vapore. Il post riscaldamento dell'aria avviene localmente (figura 8) a mezzo di batterie collocate nei singoli uffici e comandate da un termostato, mentre in regime estivo ai fini del comfort è stato necessario inserire anche dei ventilconvettori collegati ad un piccolo gruppo frigorifero [7].

CAMPAGNA DI MONITORAGGIO DEI PARAMETRI AMBIENTALI: RISULTATI PRELIMINARI

Dal 19 luglio 2004 al 28 gennaio 2005 è stata condotta una prima campagna di monitoraggio dei principali parametri microclimatici dell'edificio residenziale sito a Bolzano.

L'analisi microclimatica è stata condotta con l'ausilio di strumenti datalogger che hanno rilevato ogni 30 minuti i valori di temperatura ed umidità relativa dell'aria sia all'interno che all'esterno.

In una seconda fase di monitoraggio, dal 28 ottobre al 28 gennaio, è stata inoltre analizzata la qualità dell'aria indoor che è stata valutata misurando la concentrazione in aria di anidride carbonica (CO₂) e composti organici totali (VOC), a mezzo di un monitor fotoacustico programmato per acquisire dati ad intervalli di 1 ora.

L'analisi dei rilievi microclimatici e di qualità dell'aria indoor è riportata in forma grafica nelle figure 9, 10 e 11.

Per quanto riguarda i valori della temperatura che sono stati monitorati (figura 9) si riscontra una sostanziale conformità con i valori raccomandati dalla normativa; infatti in regime estivo i 26°C sono stati superati solo alcune volte in corrispondenza generalmente con i momenti di spegnimento dell'impianto VMC e di temporanea assenza degli occupanti. Il sistema di schermatura esterna della superficie vetrata

In regime invernale invece gli apporti solari gratuiti dovuti all'ampia superficie finestrata combinata con un'ottimale orientamento delle lamelle verticali garantiscono temperature interne ben al di sopra dei 20°C richiesti dalla I.10/91.

Anche quando l'abitazione è stata temporaneamente non occupata (gennaio 2005), la temperatura interna non è mai scesa al di sotto dei 18°C anche ad impianto spento.

Per quanto riguarda l'umidità relativa interna, i valori monitorati durante la stagione estiva (figura 10) rientrano nel range consigliato dalle normative sul benessere, mentre in inverno risultano talvolta essere troppo bassi, raggiungendo anche valori compresi fra il 20 ed il 30%.

L'analisi della qualità dell'aria indoor (figura 11) mostra valori di anidride carbonica al di sotto dei limiti considerati accettabili ai fini del benessere respiratorio olfattivo; l'analisi dell'inquinamento da composti organici volatili, tuttora in corso, mostra concentrazioni interne confrontabili con quelle esterne, anche se in alcuni momenti leggermente superiori.

Nel complesso questa prima fase di monitoraggio ha dimostrato una buona efficienza del sistema edificio-impianto che garantisce un buon livello di comfort termoigrometrico e valori accettabili di qualità dell'aria indoor.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il tema della ristrutturazione finalizzata al recupero energetico degli edifici assume particolare interesse quando i target energetici ricercati sono quelli dell'edificio a basso consumo (da 70 a 30 kWh/m²a) e quelli del target passivhaus (≤15 kWh/m²a).

Per raggiungere il target passivhaus l'edificio nel suo complesso deve rispettare requisiti prestazionali che si traducono in specifiche di componenti opachi, finestrati ed impiantistici molto stringenti.

Le problematiche generali che si incontrano nel corso degli interventi di riqualificazione energetica vanno dalla risoluzione dei ponti termici all'implementazione della

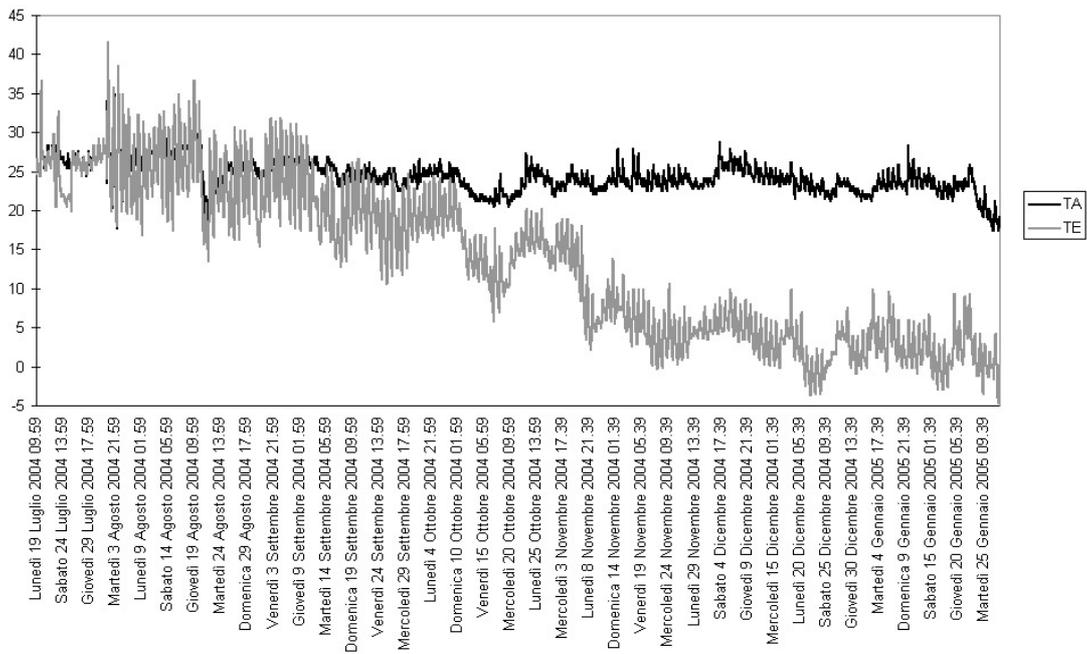


Figura 9. Andamento delle temperature

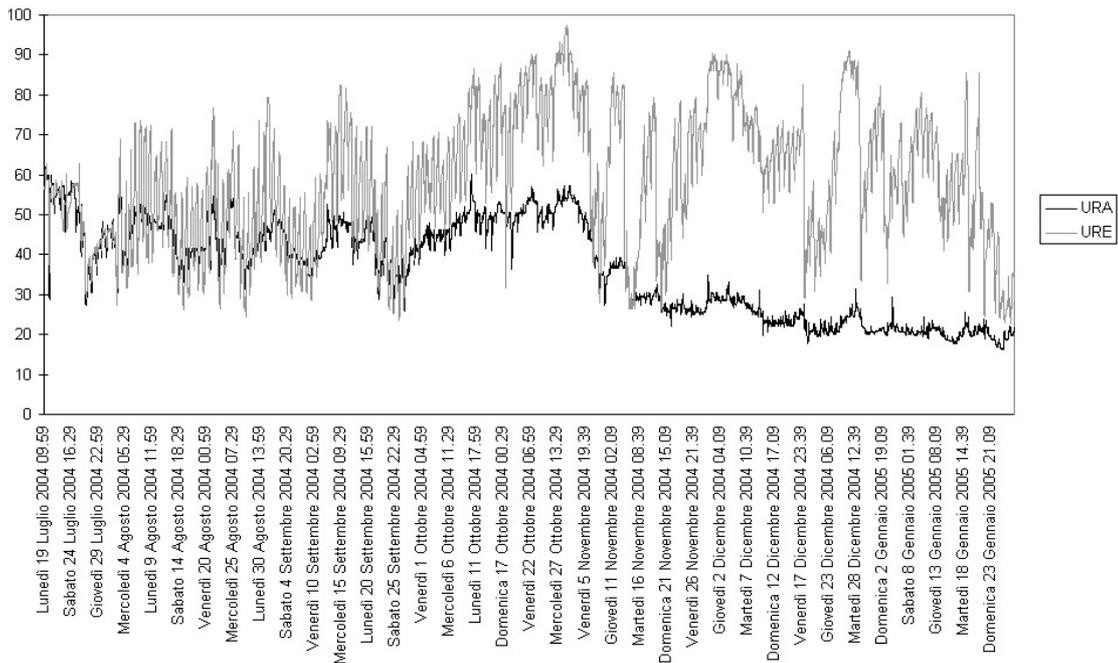


Figura 10. Andamento dell'umidità relativa

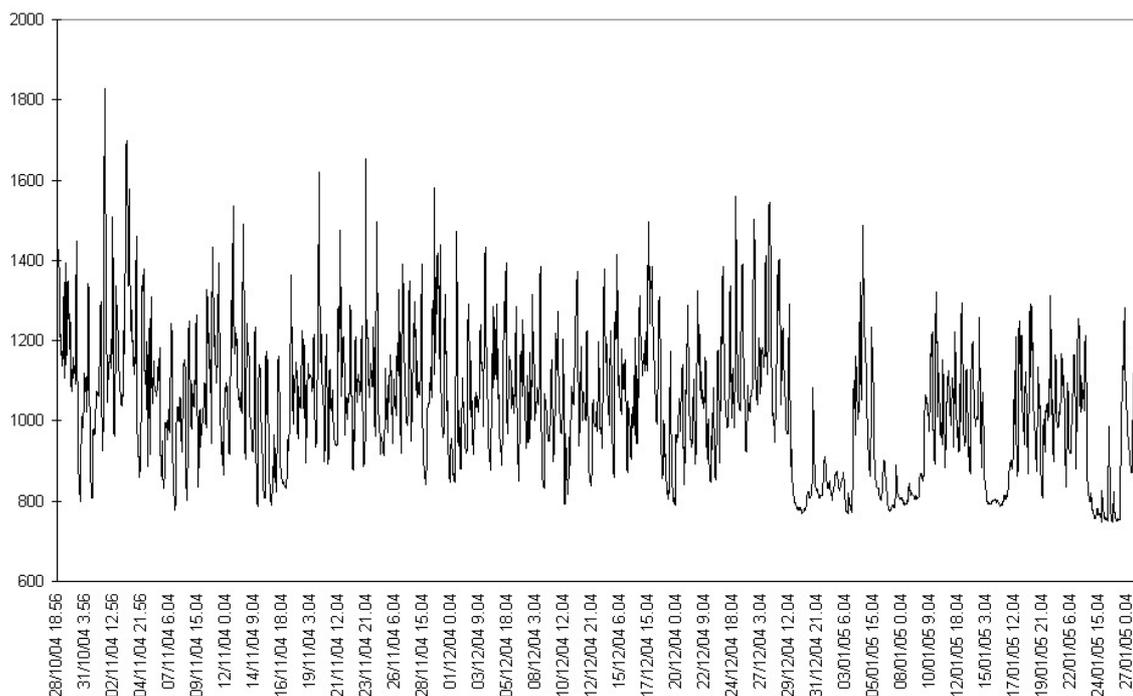


Figura 11. Andamento della anidride carbonica

resistenza termica dell'involucro, attuata sia utilizzando forti spessori di isolamento che infissi ad alte prestazioni. Le scelte progettuali inoltre devono essere attentamente valutate sia dal punto di vista tecnologico che della fattibilità economica.

Tali considerazioni di carattere generale possono trovare applicazione nei due casi studio presi in esame. In particolare, la ristrutturazione dell'edificio residenziale ha dimostrato come sia possibile graduare ed ottimizzare gli interventi di retrofitting energetico, ottenendo condizioni di comfort termoisolometrico e respiratorio olfattivo accettabili a mezzo di un tipico sistema VMC utilizzato negli edifici passivi.

Nell'edificio per uffici, lo studio del comportamento termofisico dell'involucro è stato abbinato ad una attenta riflessione progettuale operata sui componenti finestrati, che ha portato ad un eccellente risultato formale del progetto complessivo, garantendo al contempo un indice energetico estremamente contenuto (12 kWh/m²a).

In conclusione, dagli esempi analizzati è emerso come il tema della riqualificazione energetica degli edifici finalizzata al raggiungimento del target passivhaus sia estremamente complesso e debba essere affrontato integrando fortemente esigenze di isolamento termico dell'involucro, efficienza dell'impianto di controllo microclimatico e riqualificazione formale dell'edificio.

Quando queste problematiche vengano comprese a fondo e risolte in maniera rigorosa, con l'ausilio anche di software previsionali specificatamente dedicati agli edifici a basso consumo, il risultato globale del progetto può raggiungere una qualità globale veramente notevole.

BIBLIOGRAFIA

1. ENEA, Rapporto Energia e Ambiente 2003, 200
2. Krapmeier Drossler, "Cepheus, living comfort without heating", Springer Wien New York 2001
3. Carletti, C., Sciarpi, F., "Dalle case a basso consumo energetico alle case passive", 58° Congresso annuale ATI, Padova, settembre 2003
4. Carletti, C., Sciarpi, F., "Una casa "passiva" che vuol bene all'ambiente", *ME - Materiali Edili*, n°54, 2003
5. AA.VV., Atti Convegno "Edifici energeticamente efficienti", Bergamo, 7 Marzo 2003
6. 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
7. 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
8. Nardi F., "Dalle case a basso consumo energetico alle case passive: stato dell'arte e analisi di alcuni edifici in Trentino Alto Adige", (tesi di laurea-Università di Firenze - Facoltà di Architettura) relatore: prof.ssa Carletti C., correlatori interni: prof. Raffellini G., prof. Sciarpi F., correlatore esterno: Gantioler G.
9. www.michaeltribus.com