

# DAGLI EDIFICI A BASSO CONSUMO ENERGETICO AGLI EDIFICI PASSIVI: PROBLEMATICHE E SVILUPPI IN AREA MEDITERRANEA

Cristina Carletti, Giorgio Raffellini, Fabio Sciarpi

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](mailto:lab.ambientale@taed.unifi.it)

## 1. Introduzione

Il concetto di *sviluppo sostenibile* oggi rappresenta il punto di partenza per nuove strategie progettuali basate su target energetici e di qualità ambientale elevati. Un ruolo importante è rivestito dal settore delle costruzioni ed in particolare degli edifici residenziali, grandi consumatori di energia e grandi produttori di inquinanti dagli impianti di climatizzazione. Ad oggi si stanno sperimentando sia in Europa che in Italia modelli costruttivi in grado di garantire un significativo risparmio energetico ed una limitazione dello sfruttamento delle risorse non rinnovabili. Tali modelli sono costituiti principalmente dagli *edifici a basso consumo energetico* e dagli *edifici passivi*.

Affinché un edificio possa definirsi passivo, esso deve soddisfare un insieme di requisiti che si traducono, per il sistema edificio-impianto, in elevati livelli prestazionali sia dal punto di vista energetico che della sostenibilità ambientale. A tal fine, i componenti opachi e trasparenti devono presentare un elevato isolamento termico ed il sistema di Ventilazione Meccanica Controllata (VMC) deve presentare un'elevata efficienza. Dal punto di vista della sostenibilità ambientale un edificio passivo si pone un duplice obiettivo: avere il minore impatto possibile sull'ambiente (minimizzando le emissioni di inquinanti e lo sfruttamento delle risorse non rinnovabili) ed implementare la qualità ambientale interna globale (comfort termoigrometrico, acustico, illuminotecnico e respiratorio olfattivo).

Le strategie di controllo del microclima adottate negli edifici passivi ed attualmente in fase di validazione ed adozione in molti paesi europei, compresa l'Italia, riducono sensibilmente i consumi per riscaldamento intervenendo massicciamente sulle emissioni di gas serra. Infatti, il fabbisogno energetico globale di una casa passiva costituisce circa un quarto dei consumi medi delle nuove abitazioni europee conformi con gli standard nazionali in materia di risparmio energetico. Per quanto riguarda la situazione italiana, un edificio di vecchia costruzione consuma ogni anno circa 250 kWh/m<sup>2</sup> per il riscaldamento; un edificio costruito cioè dopo l'entrata in vigore delle disposizioni della L.10/91 ha ridotto il consumo annuale a circa 150 kWh/m<sup>2</sup>; un edificio a basso consumo energetico arriva a consumare ogni anno soltanto 70 kWh/m<sup>2</sup>. A questi consumi vanno

aggiunti circa 25 kWh/m<sup>2</sup> per il riscaldamento dell'acqua e ulteriori 30 kWh/m<sup>2</sup> per l'illuminazione, il funzionamento degli elettrodomestici, ecc.

## 2. I requisiti prestazionali del sistema edificio-impianto negli edifici passivi

La “casa passiva”, termine che deriva dalla “passivhaus” tedesca, è un edificio in cui i requisiti relativi al comfort termoisometrico interno sono raggiunti e controllati limitando l'ausilio di sistemi di climatizzazione attivi convenzionali. Il termine “passiva” deriva dal fatto che la casa è in grado di riscaldarsi pressoché da sola, riducendo notevolmente i consumi energetici.

Nel primo edificio passivo, un complesso di case a schiera a tre piani, realizzato nell'autunno del 1990 a Darmstadt – Kranichstein in Germania, i consumi di energia sono risultati inferiori del 90% di quelli di una casa tradizionale.

Dopo questa prima esperienza la realizzazione di edifici passivi si è intensificata e nel 1996 è stato fondato il Passivhausinstitut (PHI) di Darmstadt, un istituto indipendente di ricerca e sperimentazione che si occupa dell'analisi, dello sviluppo e della certificazione di strategie energeticamente efficienti.

Attualmente non esiste un documento ufficiale, riconosciuto come norma, in cui vengano definiti gli standard degli edifici passivi, che in base a continue sperimentazioni sugli edifici realizzati vengono continuamente aggiornati e migliorati. In ambito europeo si può dire che il principale livello prestazionale energetico richiesto ad un edificio passivo consiste in un fabbisogno energetico per riscaldamento non superiore a 15 kWh/m<sup>2</sup> all'anno. A ciò si aggiungono altri requisiti, quali: 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%.

Le caratteristiche più importanti che un edificio passivo deve avere sono principalmente due: un involucro esterno altamente isolato, realizzato senza ponti termici e a tenuta all'aria, e un impianto di ventilazione efficiente in grado di assicurare un adeguato ricambio d'aria agli ambienti.

Al fine di raggiungere i sopraesposti livelli prestazionali, negli edifici passivi vengono usati *componenti finestrati* ad alte prestazioni termiche costituiti da vetri a doppia camera e telai superisolati. In generale, la trasmittanza totale (telaio, vetro, ponte termico lineare) dei componenti finestrati non deve superare il valore di 0,8 W/m<sup>2</sup>K combinata con un fattore di trasmissione solare superiore a 50%.

Un problema legato alle superfici vetrate è il surriscaldamento estivo, che negli edifici passivi risulta accentuato data l'alta capacità termica dell'involucro. Particolarmente importante è quindi la presenza di sistemi di ombreggiamento opportunamente conformati e diversificati in funzione dell'orientamento dell'apertura. Le tipologie di vetri più utilizzate sono quelle costituite da tre lastre di vetro termico molto trasparente con interposto un gas nobile (argon o krypton o xenon): il valore U di questi vetri è in media 0,6 W/m<sup>2</sup>K. Ad un ottimo vetro viene associato un telaio di adeguata qualità, con valori medi di trasmittanza compresi fra 0,7 e 0,8 W/m<sup>2</sup>K; questi telai speciali possono essere realizzati in vari materiali e tecnologie: telai in legno, metallo o materiale sintetico in cui viene inserito materiale termoisolante (poliuretano), profilati estrusi in PVC con camere d'aria sul lato interno e su quello esterno, ecc.

Per quello che riguarda le prestazioni termiche dei *componenti opachi* dell'involucro, i parametri che sono esplicitati sono: la trasmittanza, il coefficiente lineare di ponte termico e la tenuta all'aria dell'involucro. La trasmittanza non dovrebbe superare il valore di 0,15 W/m<sup>2</sup>K, mentre il coefficiente lineare di ponte termico deve attestarsi su valori di circa 0,01 W/mK.

L'isolamento termico deve essere applicato senza soluzione di continuità ai componenti opachi dell'involucro, e preferibilmente con sistema a cappotto per evitare i ponti termici e la possibile formazione di condensa interstiziale.

La tenuta all'aria dell'edificio, 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, viene espressa a mezzo del numero massimo di ricambi orari pari a 0,6 ricambi/ora.

Al fine di garantire un livello di benessere respiratorio olfattivo ottimale per gli occupanti, un edificio passivo dispone di un *sistema di VMC* che garantisce il ricambio d'aria necessario ai fini igienici ed assicura un idoneo microclima interno.

L'aria esterna viene prelevata per mezzo di prese d'aria opportunamente posizionate, filtrata (filtri di classe adeguata all'inquinamento dell'aria esterna), immessa negli ambienti principali (salotto, sala da pranzo, camere, studio) ed infine espulsa dai servizi (cucina, bagno); fessure tra la porta e il pavimento (circa un centimetro) permettono un flusso d'aria continuo anche quando le porte sono chiuse (figura 1).

Al sistema VMC sono abbinati vari dispositivi tecnologici: scambiatori che recuperano calore dall'aria esausta, pompe di calore, collettori solari, scambiatori di calore interrati. Un tipico sistema impiantistico di un edificio passivo prevede il recupero del calore dell'aria esausta prima che questa venga espulsa all'esterno tramite recuperatori di calore ad alto rendimento. Quando il calore recuperato non è ancora sufficiente per raggiungere la temperatura ambiente desiderata o in climi particolarmente rigidi, l'aria può subire un ulteriore post riscaldamento integrando il sistema VMC, per esempio, con pompe di calore aria/aria o collettori solari, che vengono utilizzati anche per il riscaldamento dell'acqua sanitaria. Per un maggior rendimento, la pompa di calore viene spesso integrata nel sistema in modo che l'evaporatore si trovi nel canale dell'aria esausta e il condensatore in quello dell'aria in ingresso.

Le piccole pompe di calore usate nei sistemi di ventilazione di edifici passivi hanno una potenza di 300 – 500 W, mentre i ventilatori hanno una potenza inferiore a 40 W e consentono una portata d'aria compresa tra 80 e 210 m<sup>3</sup>/h. Spesso negli edifici passivi si usano anche scambiatori di calore interrati che sfruttano il fatto che ad una determinata profondità (già tra 120 – 200 cm) la temperatura del terreno rimane quasi costante per tutto l'anno: questo fenomeno viene sfruttato sia in inverno per il riscaldamento che in estate per il raffrescamento degli ambienti. L'efficacia dello scambiatore dipende dalla superficie, dalla profondità e dalla lunghezza dello stesso.

La manutenzione del sistema aeraulico di un edificio passivo è piuttosto semplice, e consiste essenzialmente in un programma manutentivo che comprenda: sostituzione dei filtri dell'impianto di ventilazione ogni 3 mesi; pulitura periodica del sifone dello scambiatore interrato; videoispezione dei canali con telecamera ogni 5 anni; controlli periodici all'impianto solare; eventuale sostituzione di parti della pompa di calore ogni dieci anni.

In un edificio passivo la produzione di acqua calda, che occupa il primo posto tra i consumi energetici, viene effettuata principalmente con collettori solari ad acqua ed integrata dalla fonte di energia primaria di riscaldamento, pompe di calore, caldaie a pellet, teleriscaldamento, ecc.

Un edificio passivo consuma prevalentemente energia elettrica per azionare l'impianto di ventilazione e per i consueti usi domestici; i maggiori consumi comunque derivano dall'illuminazione e dagli elettrodomestici e possono essere dimezzati utilizzando elettrodomestici ad alta efficienza e lampade a basso consumo energetico.

L'energia elettrica necessaria può essere prodotta anche tramite un impianto fotovoltaico, che date le ridotte richieste e le possibilità di accedere ad incentivi può diventare competitivo, o con impianti di cogenerazione, eolici, ecc.

Ai fini della valutazione del fabbisogno energetico di un edificio passivo viene utilizzato un metodo di calcolo semplificato rispetto alle procedure previste dalla EN 832 (perché gli edifici passivi non possiedono un impianto di riscaldamento tradizionale) e al contempo più preciso, il Passivhaus Projektierungs Paket (PHPP) del Dr. Feist del PHI di Darmstadt.

Nello sviluppo delle tecniche di costruzione e nella valutazione delle prestazioni degli edifici passivi ha avuto una parte fondamentale il monitoraggio eseguito sugli stessi dal PHI al termine della costruzione, evidenziando i punti critici del sistema edificio/impianto che hanno permesso di implementarne le prestazioni fisico tecniche.

In questa direzione si sta muovendo il Laboratorio di Fisica Ambientale per la Qualità Edilizia dell'Università degli Studi di Firenze che sta organizzando un monitoraggio delle prestazioni ambientali (comfort termoigrometrico e qualità dell'aria) in alcuni edifici passivi, per poter fare successivamente una corretta analisi prestazionale.

L'analisi degli edifici passivi europei e di quelli italiani ha mostrato notevoli differenze per quanto attiene i sistemi costruttivi, a fronte di un sistema impiantistico che, nella sua concezione generale, mantiene pressoché costanti tutti i principali componenti. In generale, vi sono diversi principi ispiratori per la realizzazione dell'involucro di un edificio passivo, nel senso che, secondo la cultura costruttiva dominante nel contesto in cui si realizza l'intervento, si possono privilegiare soluzioni d'involucro a forte isolamento termico e ridotta massa (contesti centro e nord europei dove prevale l'impiego di chiusure multistrato leggere – figura 3) oppure di soluzioni a forte massa ed inerzia termica (contesto costruttivo sud Europa e mediterraneo).

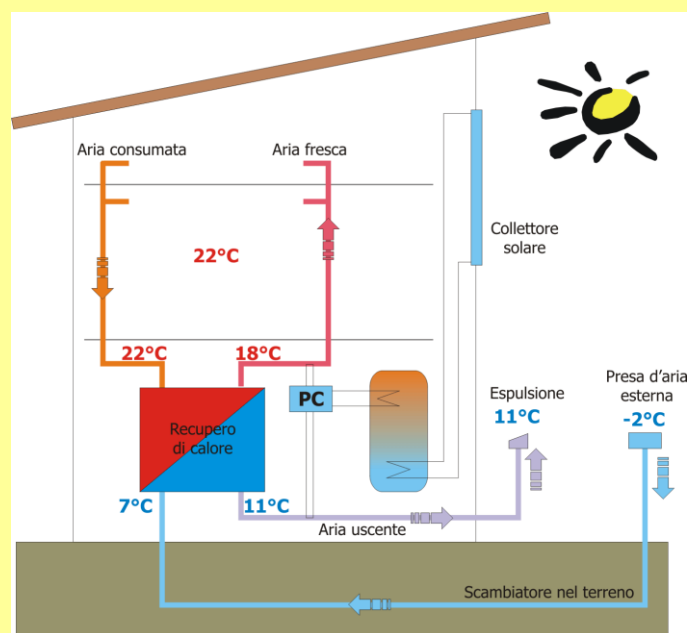


Figura 1 - Schema di funzionamento di un tipico impianto di VMC

### 3. L'esperienza europea: Il progetto CEPHEUS

L'interesse per gli edifici passivi è dimostrato anche dal progetto Europeo CEPHEUS (Cost Efficient Passive House as European Standard), un progetto dimostrativo iniziato nel 1998 e finalizzato alla sperimentazione e valutazione in cinque paesi europei (Germania, Svezia, Svizzera, Austria e Francia) del modello della casa passiva, che ha portato alla costruzione di 14 edifici passivi per un totale di 221 unità residenziali.

Le finalità del progetto europeo consistevano essenzialmente nel valutare la praticabilità del modello di edificio passivo mantenendo gli extra - costi bassi per differenti tipologie edilizie, con differenti strategie di progettazione nei differenti paesi europei, e nell'operare un'analisi del mercato immobiliare finalizzata all'individuazione della risposta conseguente all'introduzione di questa tipologia edilizia. Il target energetico del progetto CEPHEUS è stato quello di mantenere il fabbisogno energetico globale (riscaldamento domestico, produzione di acqua calda per usi sanitari, illuminazione ed altri usi domestici) dell'edificio passivo al disotto del limite di 42 kWh/m<sup>2</sup> anno. I risultati del progetto sono stati presentati nell'ambito dell'esposizione di Hannover del 2000.

Nell'ambito del progetto, la valutazione delle prestazioni del modello di edificio passivo, che ne ha dimostrato la fattibilità tecnica ed economica, è stata eseguita mediante l'analisi dei seguenti elementi: comfort termico, qualità dell'aria indoor, efficienza dei sistemi di riscaldamento, salvaguardia dell'ambiente, caratteri morfologici, rapporto costi-benefici, costi di costruzione dell'edificio.



Figura 2 - Edificio per appartamenti a Salisburgo - Particolare facciata

L'involucro della casa passiva è risultato in grado di regolare i livelli di temperatura in maniera ottimale anche con temperature esterne molto rigide grazie al suo eccellente isolamento termico; mentre il sistema di VMC riesce a garantire una buona qualità dell'aria indoor anche grazie alla filtrazione di polveri, pollini, ecc.

Le principali caratteristiche comuni degli edifici realizzati nell'ambito del progetto CEPHEUS sono le seguenti:

- un involucro opaco realizzato con strutture portanti leggere (c.a., legno) ed isolamento a cappotto con forti spessori (lana minerale, sughero, fiocchi di cellulosa) caratterizzato da elevato isolamento termico ( $U=0,12\text{W/m}^2\text{K}$ ), ridotta

massa, sensibile limitazione dei ponti termici nei collegamenti tra elementi costruttivi diversi e da elevata tenuta all'aria, ottenuta impiegando prodotti sigillanti (silicone, fogli di polietilene, neoprene, etc.) tra i diversi componenti tecnologici. Nelle pareti esterne, per esempio, la tenuta all'aria è garantita da fogli di polietilene continui che per una maggiore tenuta vengono anche incollati al solaio ed ulteriormente fissati con del nastro adesivo;

- componenti finestrati ad alte prestazioni ottimizzati sia in numero che nella dimensione in funzione dell'orientamento e caratterizzati da triplo vetro e telaio in legno, legno/alluminio, PVC a taglio termico; per le porte esterne vengono usati battenti standard rivestiti con lana minerale ed esternamente in legno;
- un sistema di VMC fortemente integrato che combina efficientemente diverse strategie che sfruttano fonti rinnovabili di energia, quali: scambiatori di calore interrati (preriscaldamento aria), scambiatori a flussi incrociati per il recupero del calore dell'aria esausta, pompe di calore geotermiche (post riscaldamento aria), collettori solari (acqua calda sanitaria, riscaldamento radiante aggiuntivo), pannelli PV e centrali eoliche (energia elettrica), caldaie a biomassa (generalmente a pellet);
- produzione di acqua calda sanitaria affidata, nella quasi totalità dei casi, a collettori solari, integrati a volte con caldaie a pellet o pompe di calore.

Spesso, in aggiunta agli aspetti energetici tipici degli edifici passivi, vengono installati impianti di raccolta dell'acqua piovana che viene così utilizzata sia per gli scarichi dei bagni che per l'irrigazione del giardino, pannelli fotovoltaici, nonché predisposti opuscoli informativi sul corretto uso dell'edificio.

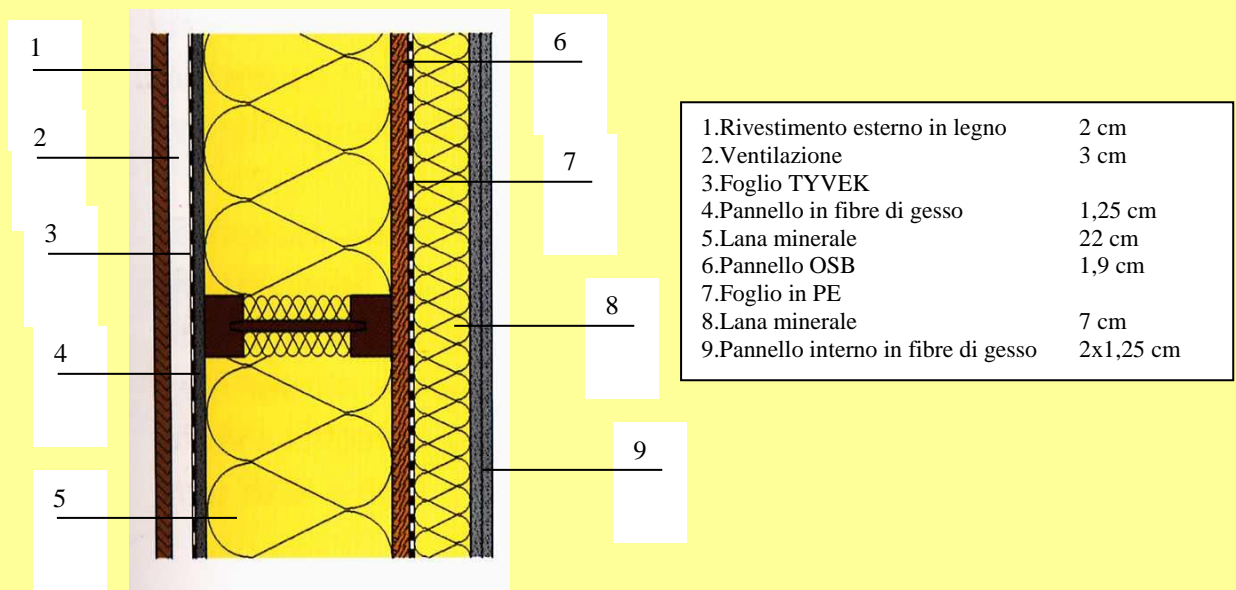


Figura 3 - Edificio per appartamenti a Salisburgo (progetto CEPHEUS).  
Sezione parete esterna ( $U = 0.11 \text{ W/m}^2\text{K}$ )

Nel nord Europa, operando un bilancio costi-benefici a lungo termine e tenendo conto che alcuni paesi europei prevedono incentivi economici (Germania ed Austria) e tassi di sconto agevolati, un edificio passivo non costa di più di una casa tradizionale, offrendo però una serie di vantaggi che ne implementano la qualità abitativa e ne minimizzano l'impatto sull'ambiente.

I documenti normativi che sono stati emanati negli ultimi anni in Europa e che hanno come scopo la riduzione dei consumi energetici negli edifici, sono molto all'avanguardia rispetto al caso italiano. Per esempio in Svezia i target energetici delle case a basso consumo sono diventati obbligatori per tutti gli edifici di nuova costruzione; in Germania la EnEV 2002 ha imposto per tutti i nuovi edifici gli standard prestazionali della casa a basso consumo energetico, per la quale il consumo previsto deve essere inferiore a 70 kWh/m<sup>2</sup>a; in Danimarca esiste un piano operativo finalizzato alla riduzione dei consumi energetici per il riscaldamento degli edifici a 45 kWh/m<sup>2</sup>a; in Svizzera il marchio Minergie definisce il valore limite del fabbisogno energetico per edifici di nuova costruzione e per ristrutturazioni di edifici costruiti prima del 1990: rispettivamente pari a 42 kWh/m<sup>2</sup>a e 80 kWh/m<sup>2</sup>a.

#### **4. La situazione in Italia**

In alcune realtà del nostro paese il modello di edificio passivo sperimentato nel progetto europeo CEPHEUS è già stato in parte adottato con alcune modifiche anche sostanziali.

Particolarmente all'avanguardia nel campo degli edifici a basso consumo energetico risulta il Trentino Alto Adige, dove il primo edificio passivo è stato costruito nel 2000. A differenza del Nord Europa, dove l'attenzione principale è rivolta alla riduzione dei consumi e dei costi di costruzione, negli edifici passivi del Trentino Alto Adige si pone attenzione non solo all'aspetto energetico e bioclimatico, ma anche a quello ecologico, prediligendo, quando possibile, materiali ecocompatibili.

Gli edifici passivi del Trentino Alto Adige sono caratterizzati da una tipologia compatta al fine di limitare la superficie di scambio termico tra interno ed esterno.

Le principali tipologie costruttive riscontrate abbinano strutture portanti differenti (telaio in c.a., muratura portante) a tamponamenti realizzati spesso in pannelli in c.a. o muratura a blocchi combinati con isolamento termico a cappotto, arrivando a valori della trasmittanza estremamente bassi (0,10-0,14 W/m<sup>2</sup>K), ottenuti con forti spessori degli isolanti termici.

Il superisolamento dei componenti opachi, se da un lato assicura una maggiore resistenza termica dell'involucro, dall'altro determina maggiori spessori delle pareti con conseguente riduzione della superficie utile calpestabile; per rispondere a tale problema molte amministrazioni comunali hanno emanato normative che escludono la parte di muratura esterna eccedente i 30 cm di spessore nel calcolo delle superfici utili.

Nella maggior parte dei casi, tutti i componenti trasparenti utilizzati fanno uso di telai in legno coibentato e vetri altamente isolati a tre lastre con interposto gas krypton.

L'impianto VMC degli edifici passivi analizzati, è tipicamente composto dai seguenti elementi principali: presa d'aria esterna (PAE), scambiatore interrato, ventilatore, sezione di trattamento e filtrazione, recuperatore di calore dell'aria esausta, condotte di distribuzione dell'aria, terminali di immissione ed estrazione dell'aria trattata.

L'aria, prelevata dalla PAE ed opportunamente filtrata, passa all'interno dello scambiatore interrato (alla profondità di circa 1,2-1,5 m) realizzato in tubi in polipropilene a sezione circolare (diametro 15-30 cm) con superficie corrugata per aumentare lo scambio termico. Lo scambiatore, di lunghezza media pari a 25-40 m, presenta una pendenza del 2% circa per lo scarico dell'eventuale condensa nel sifone ispezionabile ed una superficie interna liscia e bianca (per consentire l'ispezione con videocamera). La sezione di trattamento è costituita da un recuperatore di calore dell'aria esausta ad alta efficienza e da una batteria di scambio termico alimentata da

una pompa di calore che entra in funzione per il post trattamento quando necessario (Potenza = 400 –1200 W; COP=2,5-3,5). Il sistema, in alternativa alla pompa di calore, può prevedere l'uso di caldaie a pellets, pannelli solari, collegamento al teleriscaldamento cittadino, ecc.

Nei sistemi analizzati l'immissione dell'aria avviene negli ambienti principali attraverso terminali di varia forma posti in alto sulle pareti o a soffitto e la ripresa dagli ambienti di servizio previa filtrazione per proteggere il recuperatore di calore.

La produzione di acqua calda viene affidata, nella quasi totalità dei casi, a collettori solari, che possono essere anche integrati in facciata.

L'energia elettrica che aziona l'impianto di ventilazione è quella fornita dalla rete pubblica, che in Trentino Alto Adige è per la maggior parte di natura idroelettrica.

Per alcuni degli edifici analizzati segue una scheda che riporta (figure 4/7):

– dati climatici: altezza slm, irraggiamento solare globale su superficie orizzontale, temperatura esterna minima di progetto, Gradi Giorno (GG), Indice energetico dell'edificio (fabbisogno annuale di energia utile per riscaldamento dell'edificio diviso per la superficie netta riscaldata);

– caratteristiche costruttive componenti e valori di trasmittanza;

– descrizione del sistema di climatizzazione e produzione acqua calda sanitaria.

Dal punto di vista normativo, nella Provincia Autonoma di Bolzano già dalla primavera del 2002 è stato istituito il certificato CasaClima che consiste in una certificazione dell'efficienza energetica dell'edificio valutata secondo un metodo di calcolo standardizzato. In base al consumo di energia vengono definiti diversi indici cui corrispondono diverse etichette, per esempio:

- consumo di energia inferiore a 70 kWh/m<sup>2</sup>a ⇒ “CasaClima C”
- consumo di energia inferiore a 50 kWh/m<sup>2</sup>a ⇒ “CasaClima B”
- consumo di energia inferiore a 30 kWh/m<sup>2</sup>a ⇒ “CasaClima A”.

Gli edifici di nuova costruzione devono almeno soddisfare i requisiti di una “CasaClima C”, mentre, nel caso in cui l'edificio, oltre ad avere un fabbisogno termico per riscaldamento inferiore a 50 kWh/m<sup>2</sup>a, venga costruito utilizzando materiali ecologici e fonti energetiche rinnovabili per il riscaldamento, può venire conferito il riconoscimento “CasaClima <sup>più</sup>”

Anche la Provincia Autonoma di Trento ha una normativa avanzata sul risparmio energetico, e promuove anche interventi finalizzati alla realizzazione di “edifici a basso consumo energetico e a basso impatto ambientale” (L.P. n° 14/1980) concedendo specifici finanziamenti.

Un altro esempio italiano di abitazione costruita secondo i parametri dell'edificio passivo, che però si avvicina maggiormente all'esempio nord europeo, è un edificio plurifamiliare realizzato nella provincia di Bergamo. Nell'edificio, ultimato nel 2003, la struttura portante, costituita da un telaio in acciaio ed un rivestimento con tecnologia stratificata a secco, presenta una trasmittanza di 0,15 W/m<sup>2</sup>K, mentre le finestre (U = 0,8 W/m<sup>2</sup>K) sono dotate di veneziane esterne per il controllo della radiazione solare. L'edificio è dotato di un impianto di VMC con recuperatore di calore e con riscaldamento - raffrescamento dell'aria tramite due pompe di calore reversibili aria/acqua alimentate per il 40% da pannelli PV collegati alla rete elettrica ed integrati sui frangisole delle finestre poste sul lato sud dell'edificio. In ogni unità immobiliare, dotata di un proprio contabilizzatore del calore, i terminali sono costituiti da fan-coils. In regime invernale l'acqua calda sanitaria viene prodotta dalle pompe di calore, mentre in regime estivo risulta come sottoprodotto energetico delle stesse (recupero del calore



di condensazione). Vengono inoltre usati sistemi per il risparmio dell'acqua potabile, tramite flussimetri, regolatori di portata, cassette a doppio tasto, ecc.



EDIFICIO UNIFAMILIARE A DUE PIANI  
PROPRIETARIO: BRIGHENTI  
LOCALITÀ: TUBRE (BZ)

**Dati climatici:**

Altezza slm = 1240 m  
Irraggiamento solare globale = 1200 kWh/m<sup>2</sup>a  
Temperatura esterna minima = -20°C  
GG: 4.447

**Indice energetico** = 11 kWh/m<sup>2</sup>a

**Struttura portante:** in c.a. **Pareti esterne:** due pannelli in c.a. da 12 cm + calce espansa 30 cm. **Pareti trasparenti:** collettori solari inseriti in telai in legno rivestiti esternamente in lamiera; isolati verso l'interno con cellulosa in fiocchi da 16 cm e lana di vetro da 3 cm. **Solaio su terreno:** magrone 5 cm, getto in c.a. 25 cm, guaina impermeabilizzante, fiocchi di cellulosa 30 cm, pannelli OSB 2,2 cm, lastra anticalpestio 0,5 cm, pavimento legno. **Tetto:** piano; lastra in c.a. 20 cm, cellulosa in fiocchi 40 cm, pannelli OSB 2,2 cm, tessuto di protezione, foglio impermeabilizzante, tessuto di protezione, strato di ghiaia 5 cm. **Finestre:** vetri termici tripli + Krypton; g = 42%

**Trasmittanza (W/m<sup>2</sup>K):** Parete esterna: 0,13; Solaio su terreno: 0,12; Copertura: 0,107; Componenti finestrate: totale 0,84

**Riscaldamento e VMC:** impianto di ventilazione con scambiatore di calore interrato e recuperatore di calore, collegato ad una caldaia a gpl posta sul tetto dell'edificio. **Acqua calda:** fornita dal sistema solare integrato nella struttura della facciata sud.

Figura 4 – Casa passiva Brighenti

## 5. Conclusioni

Alla luce delle analisi e valutazioni eseguite, è possibile affermare che gli edifici passivi costituiscono un buon investimento per il futuro sia economico, perché per riscaldarli è sufficiente il 10% dell'energia necessaria a riscaldare un edificio tradizionale, sia ambientale, perché permettono di ridurre l'emissione di sostanze nocive di circa l'80%, sia dal punto di vista del comfort termico interno, dato da un accettabile range di temperatura dell'aria e da un valore uniforme della temperatura media radiante.

Tuttavia, volendo soprattutto pensare ad una applicazione di questo modello abitativo in area mediterranea, possono essere evidenziate alcune criticità sia in regime estivo che invernale:

- le superfici trasparenti, se non dotate di idonee schermature all'irraggiamento solare, danno luogo, in estate, a carichi termici difficilmente controllabili dal sistema VMC, provocando per effetto serra il surriscaldamento degli ambienti;
- in inverno, umidità relative troppo basse possono provocare negli occupanti stati di discomfort e sintomatologie (effetti irritativi su cute e mucose delle prime vie aeree);
- la mancanza sostanziale di contatto con l'esterno risulta difficilmente accettabile ed enfatizza la spiacevole sensazione di vivere in un ambiente "artificiale".



EDIFICIO A SCHIERA SU DUE PIANI  
 PROPRIETARIO: GAPP  
 LOCALITÀ: MALLES (BZ)

**Dati climatici**

Altezza slm = 1050 m;  
 Irraggiamento solare globale = 1200 kWh/m<sup>2</sup>a  
 Temperatura esterna minima = -18°C;  
 GG: 4.131

**Indice energetico = 13 kWh/m<sup>2</sup>a**

**Struttura** portante in c.a. **Pareti esterne:** laterizio alleggerito in pasta 20 cm + sughero 35 cm. **Pareti interne:** laterizio tradizionale 12 cm con intonaco di calce. **Tetto:** a capanna, struttura in legno, cellulosa in fiocchi 40 cm, guaina aperta alla diffusione del vapore e manto di copertura in tegole. **Finestre:** vetri termici tripli + Krypton  
**Trasmittanza (W/m<sup>2</sup>K):** Parete esterna: 0,109; Copertura: 0,097; Componenti finestrati: totale 0,77 (vetro 0,6)  
**Riscaldamento:** impianto di ventilazione con scambiatore di calore interrato e recuperatore di calore aria-aria, a flusso inverso, collegato ad una pompa di calore da 600 W. **Acqua calda:** fornita dal sistema solare integrato nella struttura della facciata sud e collegato ad un serbatoio-buffer che consente lunghi periodi di autonomia anche in assenza di sole.

Figura 5 – Casa passiva Gapp



EDIFICIO BIFAMILIARE A DUE PIANI  
 LOCALITÀ: VERDINGS - CHIUSA (BZ)  
 PROPRIETARIO BLASBICHLER

Altezza slm = 523m  
 Irraggiamento solare globale = 1250 kWh/m<sup>2</sup>a  
 Temperatura esterna minima = -16°C  
 GG: 3449

**Indice energetico = 12 kWh/m<sup>2</sup>a**

**Pareti esterne:** laterizio 25cm, calce espansa 28cm. **Solaio su interrato:** struttura in laterizio 22 cm, fiocchi di cellulosa 35 cm, pannelli OSB 2,2 cm, lastra anticalpestio in fibra di legno 0,5 cm, pavimento in legno. **Tetto:** struttura in c.a. 22 cm, canapa 40 cm, pannelli OSB 2,2 cm, intercapedine ventilazione tetto 8 cm, manto copertura in lamiera. **Finestre:** vetri termici tripli + Krypton; g = 53%.  
**Trasmittanza (W/m<sup>2</sup>K):** Parete esterna: 0,104; Solaio su interrato: 0,127; Copertura: 0,116; Componenti finestrati: totale 0,74  
**Riscaldamento:** impianto di ventilazione con scambiatore di calore interrato e recuperatore di calore, collegato ad una pompa di calore. **Acqua calda:** fornita da un impianto solare disposto sul lato Sud

Figura 6 – Casa passiva Blasbichler

	<p style="text-align: center;"><b>EDIFICIO A TRE PIANI</b> (AMBIENTE ESPOSITIVO + UFFICI)  <b>PROPRIETARIO LEIGSCH</b>  <b>LOCALITÀ: VIPITENO (BZ)</b></p> <p style="text-align: center;"><b>DATI CLIMATICI</b>  Altezza slm = 948 m  Irraggiamento solare globale = 1194 kWh/m<sup>2</sup>a  Temperatura esterna minima = -18°C  GG: 3959</p> <p style="text-align: center;"><b>Indice energetico = 10 kWh/m<sup>2</sup>a</b></p>
<p><b>Struttura:</b> laterizio alleggerito in pasta da 50 cm. <b>Tetto:</b> solaio in c.a. 20 cm, fibra di legno 30 cm, distanziatori per ventilazione tetto, tavolato in legno 2,4 cm, manto di copertura in lamiera.  <b>Finestre:</b> vetri termici tripli + Krypton  <b>Trasmittanza (W/m<sup>2</sup>K):</b> Parete: 0,138; Copertura: 0,128; Componenti finestrati: totale 0,85  <b>Riscaldamento:</b> impianto di ventilazione con scambiatore di calore interrato e recuperatore di calore, collegato ad un impianto a pellet esistente. <b>Acqua calda:</b> fornita dallo stesso impianto a pellet</p>	

Figura 7 – Casa passiva Leigsch

Per quanto riguarda la qualità dell'aria indoor, in tali edifici risulta particolarmente importante utilizzare materiali e finiture basso emissive, scegliere una idonea posizione della presa d'aria esterna, adottare opportuni sistemi di filtrazione dell'aria soprattutto in aree con elevato livello di inquinamento e soprattutto assicurare la facile gestione e l'accesso alle parti dell'impianto che necessitano di manutenzione igienica (scambiatore interrato e condotte aerauliche di distribuzione dell'aria).

Se si vuole quindi adottare il principio della "casa passiva" in clima mediterraneo è necessario prima di tutto affrontare in maniera sistematica le possibili disfunzioni sopra evidenziate, inserendo opportuni accorgimenti tecnologici finalizzati al controllo delle interazioni con il clima esterno, caratterizzato da livelli di soleggiamento e valori di temperature esterne molto più elevati sia in estate che in inverno.

In conclusione, in climi mediterranei i target di sostenibilità ambientale potrebbero anche essere raggiunti agendo sulla massa della struttura aumentandone l'inerzia termica o utilizzando materiali ad elevate prestazioni (come ad esempio alcuni prodotti alla paraffina che utilizzati negli intonaci riducono di circa 1,5°C la temperatura interna in regime estivo rispetto all'utilizzo di un intonaco normale), nonché utilizzando sistemi di ventilazione ibrida.

Altre problematiche che ritardano la diffusione del modello di edificio passivo in Italia sono costituite dalla mancanza di materiali idonei e di sistemi di produzione del calore adeguati alle prestazioni richieste, dall'assenza di metodi di calcolo adeguati e di una normativa sul risparmio energetico e sulla certificazione che attesti la qualità degli edifici, cosa che stimolerebbe sicuramente il mercato a spingere nella direzione degli edifici passivi.

## 6. Bibliografia

Baratta, A., Carletti, C. “Dossier Case passive”, *Costruire*, Milano, n. 224, gennaio 2002.

Carletti, C., “Dalle case a basso consumo energetico alle case passive”, in *Costruire sostenibile l’Europa*, Alinea Editrice – Bologna Fiere, Firenze, 2002

Wienke U., “L’edificio passivo. Standard – Requisiti – Esempi”, Alinea, Firenze 2002

AA.VV., Atti Convegno “Edifici energeticamente efficienti”, Bergamo, 7 Marzo 2003

Carletti, C., Sciarpi, F., “Dalle case a basso consumo energetico alle case passive”, 58° Congresso annuale ATI, Padova, settembre 2003

Carletti, C., Sciarpi, F., “Una casa “passiva” che vuol bene all’ambiente”, *ME - Materiali Edili*, n°54, 2003, pp.40-44

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.

Feist, W., “Gestaltungsgrundlagen Passivhäuser“, ed. Verlag das Beispiel, Darmstadt 2002

Krapmeier Drossler, “Cepheus, living comfort without heating”, Springer Wien New York 2001

Carletti C., Gantioler G., Nardi F., Raffellini G., Sciarpi F., “Problematiche e sviluppi degli edifici passivi in area mediterranea”, atti del Convegno Expocomfort, Milano, marzo 2004.