

## Edifici passivi

Oggi, in Italia, si parla spesso di *architettura bioclimatica*, di edifici progettati in modo che gli apporti solari coprano la maggior parte del fabbisogno energetico necessario per la climatizzazione e che quindi consumano un minimo di energia proveniente da fonti non rinnovabili. Di particolare tipo sono gli edifici cosiddetti *passivi* di cui, negli ultimi anni, nell'Europa centrale, ne sono stati costruiti, un centinaio, in prevalenza di case unifamiliari, ma anche di alcuni palazzi residenziali.

La costruzione è avvenuta, prevalentemente, nell'ambito del progetto europeo CEPHEUS (*Cost Efficient Passive Houses as European Standards*), un sottoprogetto del progetto THERMIE. Le esperienze conseguite con questi edifici sono state presentate in diversi convegni internazionali; l'ultimo si è tenuto il 10 e 11 marzo 2000 a Kassel (Germania). Nonostante il fatto che queste esperienze si riferiscano a regioni climatiche diverse da quelle italiane, credo che, trattandosi di realizzazioni promosse dall'Unione Europea, queste possano interessare anche i progettisti italiani.

Secondo i consumi energetici per il riscaldamento, gli edifici si possono classificare come segue<sup>1</sup>:

1. edifici normali che non corrispondono ancora alle normative sul risparmio energetico,
2. edifici normali che corrispondono a queste normative (Legge 10/91),
3. edifici a bassi consumi energetici,
4. edifici passivi, argomento di questo articolo, e
5. edifici a consumo energetico zero.

### Lo standard

Gli edifici cosiddetti *passivi* sono caratterizzati da perdite di calore così basse che il calore fornito dagli apporti solari (attraverso finestre e vetrate esposte a sud) e quello prodotto e recuperato da sorgenti interne (persone, apparecchiature, macchinari, illuminazione artificiale) può coprire quasi tutta l'energia necessaria per il riscaldamento invernale<sup>2</sup>.

Il fabbisogno energetico residuo da coprire è inferiore ai 15 kWh/(m<sup>2</sup> anno). Questo standard energetico permette di rinunciare a un convenzionale impianto di riscaldamento e, se necessario, di coprire il fabbisogno energetico residuo mediante una piccola pompa di calore della potenza di 500 W. Gli esempi finora costruiti hanno dimostrato che questo tipo di edificio può essere realizzato a costi concorrenziali rispetto a quelli degli edifici normali che corrispondono alle normative sul risparmio energetico.

<b>Parametri degli edifici passivi</b>	
Fabbisogno termico (riscaldamento)	$\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$
Assenza di ponti termici ( $\Psi$ = trasmittanza di ponte termico lineare)	$\Psi \leq 0,01 \text{ W}/(\text{m}^1 \text{ K})$
Trasmittanza termica della facciata	
a) Elementi opachi	$U < 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$
b) Vetrate	
- Criterio di comfort termico	$U_v \leq 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$
- Criterio energetico	$U_v \leq 1,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$
Recupero di calore (media annuale)	$\geq 80\%$
Impermeabilità al vento (involucro)	$n_{50} < 0,6/\text{h}$
Rendimento del sistema di recupero del calore	$\eta_{rc} \geq 75\%$
Flusso d'aria	orientato
Afflusso/deflusso d'aria	equilibrato $< (\pm 5)\%$

Fonte: Prof. Wolfgang Feist (Passivhaus-Institut Darmstadt)

<sup>1</sup> Per quanto riguarda i consumi energetici sono stati riportati 3 esempi alla fine dell'articolo

<sup>2</sup> Definizione del Passivhaus-Institut Darmstadt (Germania)

Lo standard di un edificio passivo si ottiene tramite i seguenti dispositivi:

- orientamento ottimale dell'edificio verso il sole (verso sud)
- ottimale rapporto tra superficie dell'involucro e volumetria ( $S/V \cong 0,6$ ),
- efficace coibenza termica dell'involucro,
- finestre con telai altamente coibentati e vetri tripli,
- riduzione al minimo delle perdite dovute alla ventilazione.

### **L'orientamento dell'edificio e le vetrate**

La maggior parte del fabbisogno energetico di un edificio passivo viene coperta dagli apporti solari. L'aspetto architettonico di questi edifici è perciò caratterizzato da ampie finestre e vetrate sul lato sud, e da aperture di dimensione ridotta sul lato nord; ragion per cui questi edifici vengono normalmente costruiti in asse Est - ovest. Negli edifici passivi, le vetrate orientate verso sud assumono il carattere di superfici "utili". Le vetrate devono avere elevate proprietà termoisolanti, cioè un coefficiente di trasmissione termica  $U \leq 0,8 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ K})$ .

Tramite simulazioni al computer si è potuto dimostrare che la superficie ottimale delle vetrate sul lato sud è del 40% della superficie complessiva della facciata. Questo optimum tiene conto di tre fattori: la limitata capacità di questi edifici di accumulare calore, i costi elevati delle finestre e l'utilizzo residenziale che limita i costi di costruzione.

In un *edificio passivo* gli apporti solari attraverso le finestre del lato sud devono solo controbilanciare le perdite giornaliere di calore per trasmissione. Non sono previsti grandi accumulatori stagionali in cui immagazzinare un eventuale surplus di calore, come invece avviene negli edifici a consumo energetico zero.

Dalle simulazioni risulta che un aumento della superficie vetrata oltre il 50% della superficie complessiva della facciata sud non aumenterà notevolmente i guadagni solari in inverno e quindi influirà solo in misura trascurabile sul fabbisogno termico. In estate si avvertirà un surriscaldamento temporaneo dei locali che ridurrà sensibilmente il benessere termico.

Una riduzione della superficie vetrata di sotto dell'optimum riduce il pericolo di surriscaldamento in estate, ma riduce anche l'illuminazione naturale e aumenta quindi i consumi energetici dell'illuminazione artificiale.

Anche le finestre orientate verso ovest richiedono una particolare attenzione: non migliorano molto il bilancio energetico invernale, ma in estate contribuiscono notevolmente al surriscaldamento - più di quelle orientate verso sud - e quindi devono essere dotate di efficaci sistemi di ombreggiatura.

Le prime costruzioni passive realizzate erano tutte villette unifamiliari. In queste case si è dimostrata molto utile la suddivisione dei piani in differenti zone climatiche: soggiorno e camere da letto dotati di grandi finestre sul lato sud, cucina, bagni e dispense con finestre di ridotte dimensioni sul lato nord, dove questi locali assumono la funzione di "cuscinetti termici". Lo stesso concetto è stato seguito anche nei primi grandi edifici passivi realizzati, in maggior parte case a schiera, rigorosamente orientate verso sud, che si sviluppano in asse est - ovest.

È stato calcolato che il fabbisogno energetico residuo degli edifici passivi con asse nord - sud è maggiore di un terzo rispetto a quelli orientati verso Sud (135- 140%) mentre orientamenti che divergono da Sud di +/- 20° aumentano il fabbisogno energetico solo del 5% circa.

Tuttavia, questi calcoli tengono conto solo dello standard dell'isolamento termico, ma non di eventuali oggetti che ombreggiano l'edificio (alte montagne, alberi, edifici alti) e di

particolari condizioni meteorologiche (per esempio nebbia mattutina). Il "diritto al sole" è molto importante per gli edifici passivi.

Un altro rilevante fattore è la compattezza degli edifici, soprattutto riguardo la loro profondità. Nell'esempio di un complesso di case a schiera si è potuto dimostrare che l'aumento della profondità delle unità abitative dai normali 12,5 m ai 15 m comporta una riduzione del fabbisogno energetico per il riscaldamento del 10% circa. C'è però anche da considerare del fatto che lo sviluppo verticale della facciata sud di questo edificio consente alla radiazione solare incidente di giungere fino ai locali retrostanti del lato nord.

### **La coibentazione dell'involucro**

Nelle condizioni climatiche dell'Europa centrale, l'involucro di un edificio passivo (elementi opachi) deve possedere un valore  $U < 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ . Per ottenere questo valore occorre uno strato termoisolante dello spessore di 25 cm sui muri perimetrali, e uno di 40 cm sui tetti. Le finestre devono possedere un valore  $U < 0,8$ .

Altro fattore importante è la totale assenza di ponti termici. Per questo motivo si dovrà rinunciare a balconi e ad altri elementi sporgenti (tra cui anche le gronde) o costruirli in modo tale che non abbiano diretto contatto con l'edificio. Nelle realizzazioni più recenti, questi elementi architettonici costituiscono una struttura a se stante e questo fatto consente all'architetto di progettare questi elementi con maggiore libertà.

L'alto costo della dell'elevato spessore della coibenza termica è controbilanciato dai risparmi energetici nell'esercizio dell'edificio e dall'assenza di costi per l'impianto di riscaldamento. Ed è proprio l'assenza di questo impianto a far tornare i conti e a rendere il concetto dell'edificio passivo anche economico e applicabile all'edilizia residenziale. In un edificio dotato di un elevato isolamento termico le perdite di calore per trasmissione risultano molto ridotte e quindi acquistano una maggiore importanza le perdite causate dall'infiltrazione incontrollata d'aria fredda attraverso i giunti (finestre, porte).

La costruzione di edifici passivi richiede pertanto un'altissima qualità d'esecuzione dei particolari costruttivi. Guasti alle barriere al vapore, per esempio, possono causare perdite di calore nella misura di 800 – 1000 kWh/anno<sup>3</sup>.

È uso internazionale determinare la permeabilità all'aria dell'involucro di un edificio nelle condizioni di una differenza di pressione di 50 Pa (Pascal) e indicarla tramite il valore  $n_{50} = V'_{50}/V_L$ , in cui sono:  $n_{50}$  il numero di ricambi d'aria energeticamente rilevanti in queste condizioni di pressione,  $V'_{50}$  il volume d'aria infiltrata e  $V_L$  è il volume riscaldato (o ventilato) dell'edificio.

Per gli edifici passivi si raccomanda un valore  $n_{50}$  compreso tra lo 0,2 e lo 0,6/h, un valore cioè che corrisponde alla metà di quello richiesto dalla DIN 4108-2. La misura della permeabilità all'aria avviene secondo il metodo stabilito dall'ISO/DIS 9972 (Blower-Door-Test) ricorrendo a un ventilatore abbinato ad un misuratore della portata d'aria e a un manometro. Il ventilatore è montato ermeticamente su una porta dell'edificio mentre tutte le altre aperture vengono ermeticamente chiuse. Il volume dell'aria insufflato è un indicatore della quantità d'aria che filtra attraverso l'involucro dell'edificio.

### **Le finestre**

Dal punto di vista energetico, i punti più deboli di un edificio sono gli infissi. Le finestre usate negli edifici passivi devono quindi essere altamente termoisolanti e montate in maniera tale che non risultino dei ponti termici. Sulle caratteristiche termiche di una finestra non incidono solo i vetri – quelli degli edifici passivi hanno un valore  $U = 0,7$

---

<sup>3</sup> Schulze-Darup, Burkhard: Optimierung von Niedrigenergiehäusern beim kostengünstigen Bauen, Atti del convegno internazionale sugli edifici passivi, 27-28 febbraio 1998 a Bregenz, p. 181-190.

W/(m<sup>2</sup> K) - ma anche il telaio. I telai delle finestre degli edifici passivi sono di particolare costruzione e altamente termoisolanti. Lo standard degli edifici passivi prevede per le finestre un valore k complessivo (telaio e vetro) di < 0,8 W/(m<sup>2</sup> K).

### **La ventilazione**

In un edificio passivo viene a crearsi un conflitto tra buona ventilazione e risparmio energetico: più ventilazione significa meno risparmio energetico. Il problema consiste quindi nella definizione del ricambio d'aria ottimale. Generalmente si ritiene necessario un ricambio d'aria compreso tra 0,4 e 0,8/h, ma alcuni autori<sup>4</sup> ritengono sufficiente, per un edificio passivo, un tasso di ricambio dello 0,25 – 0,375/h. Ciò significa, per un'abitazione standard con una superficie di 120 m<sup>2</sup>, un volume di 320 m<sup>3</sup> ed abitata da 4 persone, un ricambio d'aria di 20 – 30 m<sup>3</sup>/h e persona.

In base ad alcune esperienze fatte, le perdite di calore, in caso di ventilazione regolata con un ricambio d'aria del circa 0,5/h, si aggirano attorno ai 3000 kWh/a e scendono a circa 1800 kWh/a quando il tasso di ricambio viene ridotto a soli 0,3/h. Bisogna però considerare non solo il risparmio energetico, ma anche la qualità abitativa che dipende in gran parte dalla qualità dell'aria.

Gli impianti di ventilazione meccanica devono perciò essere regolabili individualmente: per esempio, in presenza di fumatori deve essere possibile aumentare la ventilazione. Un tasso di ricambio più alto di 0,25 – 0,375/h è necessario anche per asportare l'umidità che si forma all'interno, quando le temperature esterne salgono sopra i 10°C. Negli edifici passivi questo problema è però meno risentito perché a questa temperatura non si deve più riscaldare e l'umidità può fuoriuscire attraverso le finestre aperte.

Perdite di calore possono risultare anche dai comportamenti sbagliati degli abitanti. Lasciare aperte le finestre in posizione inclinata può comportare perdite di calore di oltre i 4500 kWh/a. Si è però potuto notare che negli edifici passivi questo tipo di perdite di calore risultano inferiori a quelle contemplate nelle normative in quanto in questi edifici risultano anche meno giorni di riscaldamento. In altre parole, è come se si trovassero in aree con un valore inferiore dei Gradi-Giorno.

### **Il recupero del calore**

Avendo questi edifici un sistema di ventilazione regolata, il recupero di calore avviene mediante scambiatori a flusso d'aria incrociato che recuperano almeno l'80% del calore dell'aria in uscita. Dal punto di vista energetico i comuni ventilatori a 100 W sono inadatti in quanto consumano troppa energia, normalmente vengono installati ventilatori con una potenza inferiore ai 40 W (incluse regolazione e periferiche) e ventilatori a corrente continua di 24 W prodotta da un piccolo pannello fotovoltaico.

### **La progettazione**

Coloro che affrontano per la prima volta la progettazione di un edificio passivo devono tenere conto che questi edifici, oltre a consumare pochissima energia, devono anche offrire un'elevata qualità abitativa. Soddisfare ambedue queste esigenze può apparire difficile, mentre invece non lo è in quanto si tratta solo di conferire all'edificio un determinato standard termico.

Un fattore importante è quello di limitare realmente i consumi di energia a 15 kWh/(m<sup>2</sup>a) (per la simulazione del comportamento termico degli edifici esistono oggi vari programmi informatici), perché solo in questo caso si può rinunciare all'installazione di un impianto termico convenzionale e quindi compensare gli alti costi della coibenza termica e delle finestre speciali.

---

<sup>4</sup> Hirsch H., Lohr A. & von Braunmühl W. CO<sub>2</sub>-Reduzierung und Energieeinsparung, Bundesarchitektenkammer, Bonn 1995

Tuttavia, anche questa compensazione non permette, da sola, di costruire questi edifici al costo dei normali edifici e perciò occorre anche una migliore organizzazione dell'intero processo di progettazione e di costruzione. La progettazione è quindi più impegnativa di quella di un edificio convenzionale e richiede la partecipazione di consulenti specialisti che devono essere coinvolti fin dall'inizio dei lavori, come, per esempio, è prassi comune nei Paesi Bassi.

### **Conclusioni**

In conclusione si può però affermare che edifici passivi che corrispondono allo standard descritto, rispetto ad edifici convenzionali, permettono una riduzione dei consumi energetici nella misura del 90% circa. L'energia necessaria per il riscaldamento invernale ammonta a circa l'8,5% di quello di un edificio convenzionale.

Gli edifici passivi possono essere costruiti, almeno secondo le esperienze fatte nei paesi dell'Europa centrale, a costi non più elevati di quelli di edifici che corrispondono alle normative sul risparmio energetico in vigore. Dopo le esperienze fatte nell'Europa centrale sarebbe interessante e utile definire i parametri per edifici passivi da costruire nei climi dei paesi mediterranei.

Il clima di questi paesi è molto più mite rispetto a quello dell'Europa centrale, sarebbe necessario quindi calcolare lo spessore ottimale degli strati di isolamento termico a seconda delle effettive temperature invernali. Un particolare problema lo pongono le vetrate occorrenti a procurare all'edificio gli apporti solari necessari. In modo particolare, nelle regioni meridionali, ampie vetrate sul lato Sud causano, in estate, un surriscaldamento dei locali. Occorrono pertanto efficaci sistemi di ombreggiatura esterni.

Nella maggior parte dei casi, in Italia i sistemi di ombreggiatura sono applicati all'interno e pertanto risultano poco efficaci perché consentono ai raggi solari di attraversare i vetri e di trasformarsi, all'interno, in calore. A questo riguardo vorrei accennare ad un altro problema, posto di recente, in merito alle serre solari o "giardini d'inverno". Sulla scia della "Bioarchitettura", alcune Regioni e Comuni hanno adottato delle normative che agevolano la costruzione di queste serre in quanto sono escluse dai relativi volumi della volumetria consentita dal Piano urbanistico. C'è quindi da temere che nel prossimo futuro vengano costruite molte serre solo allo scopo di ottenere più spazi abitativi, serre di non adeguata costruzione, non dotate delle necessarie ombreggiature e aperture di ventilazione e non integrate nel concetto termico integrale dell'edificio.

Vorrei ricordare che la progettazione di edifici solari si basa su precisi calcoli termici, l'applicazione di mere ricette, come "ampie vetrate sul lato sud", "serre solari" e così via, può avere effetti negativi, nel senso che questi elementi possono concorrere a diminuire sensibilmente il comfort termico nelle abitazioni.

### **Case History: Un edificio passivo multipiano a Friburgo (Germania)**



Facciata Sud dell'edificio a Friburgo

Negli ultimi anni sono stati realizzati alcuni edifici passivi multipiano, che godono di un particolare interesse in quanto la loro realizzazione ha potuto dimostrare che possono essere ottenuti a costi concorrenziali nei confronti dell'edilizia convenzionale. Oggetto di particolari esami scientifici sono stati gli edifici passivi costruiti a Darmstadt e a Friburgo. Quest'ultimo, costruito sull'area dismessa della caserma francese "Vauban"<sup>5</sup>, è un edificio a quattro piani che ospita 16

<sup>5</sup> Progettista: Studio ID-Architektur, Freiburg i.Br. (Germania). Le informazioni provengono da: Langer H: Passivhausstandard im Geschosswohnungsbau, in: SIA, n. 47/1999, p. 1032-1034



Facciata Nord dell'edificio a Friburgo

Alloggi con superfici utili tra 36 m<sup>2</sup> e 170 m<sup>2</sup>, uno studio tecnico collettivo, gli uffici di una casa editrice e il laboratorio di un artista. La struttura primaria dell'edificio viene formata dalla struttura portante, l'involucro e gli impianti. Le scale, i corridoi esterni sul lato nord e i balconi sul lato sud formano la struttura secondaria e si trovano al di fuori del volume termicamente coibentato. A differenza degli edifici passivi della prima generazione, non presenta una suddivisione in zone climatiche.

Le superfici degli alloggi e quelle destinate all'uso di uffici possono essere liberamente suddivise e adattate alle esigenze degli utenti. Anche gli alloggi adiacenti possono essere riuniti in un'unica abitazione, la disposizione delle cucine e dei bagni può essere scelta entro i limiti consentiti dai canali verticali di distribuzione.

L'edificio possiede una superficie termicamente rilevante di 1396 m<sup>2</sup>. Le perdite di calore ammontano complessivamente a 41,2 kWh/(m<sup>2</sup> a) di cui 34,3 kWh/(m<sup>2</sup> a) sono attribuibili alla trasmissione di calore attraverso l'involucro (muri, finestre), e 6,9 kWh/(m<sup>2</sup> a) alla ventilazione.

Le perdite dovute alla ventilazione si riferiscono a una ventilazione controllata con un tasso di ricambio d'aria di 0,4/h, un ricambio d'aria energeticamente rilevante  $n_L$  di 0,105/h<sup>6</sup> e un volume d'aria di 3699 m<sup>3</sup>.

Il ricambio d'aria energeticamente rilevante  $n_L$  è una grandezza che ha importanza solo in presenza di un sistema di recupero di calore ed è calcolato con la formula:

$$n_L = n_{L\text{sist.ventilazione}} (1 - \Phi_{\text{sist.recupero}}) + n_{L\text{infiltrazione}}$$

in cui  $\Phi$  è la potenza del sistema di recupero.

Le perdite di calore vengono controbilanciate dagli apporti solari e dalle sorgenti interne di calore. Gli apporti solari conferiti attraverso le finestre sul lato Sud sono di 19,9 kWh/(m<sup>2</sup> a) e costituiscono l'83% dei guadagni energetici.

Le sorgenti interne contribuiscono al riscaldamento nella misura di 10,0 kWh/(m<sup>2</sup> a).

Considerando il fatto che solo il 93,5% degli apporti solari viene convertito in calore utile, il fabbisogno energetico residuo, che deve essere coperto tramite l'impianto di riscaldamento, ammonta a 13,2 kWh/(m<sup>2</sup> a). La copertura di questo fabbisogno avviene tramite un piccolo impianto di cogenerazione con una potenza termica di 14,5 kW<sub>t</sub>. Il calore prodotto dall'impianto è distribuito nei locali tramite canali dotati di bocchette senza l'uso di un ventilatore per non creare turbolenze e fastidiose correnti d'aria.

La ventilazione controllata delle abitazioni è regolata in modo che l'intensità del flusso d'aria rimanga costante, ma è adattabile alle necessità degli abitanti. L'aria passa all'interno di pareti divisorie leggere dalle quali partono i canali che alimentano i singoli locali. In estate, quando si possono aprire le finestre, i locali non vengono alimentati con aria fresca, ma l'aria consumata è asportata comunque.

<sup>6</sup> Il ricambio d'aria energeticamente rilevante  $n_L$  è una grandezza che ha importanza solo in presenza di un sistema di recupero di calore e viene calcolato secondo la formula:

$n_L = n_{L, \text{ sistema di ventilazione}} * (1 - \Phi_{\text{ sistema di recupero}}) + n_{\text{ infiltrazione}}$   
in cui  $\Phi$  è la potenza del sistema di recupero.

Il sistema di cogenerazione è sì l'unico impianto di riscaldamento, ma non la sola fonte di calore. Nei mesi che vanno da aprile a settembre l'acqua calda sanitaria viene prodotta al 100% da collettori solari che coprono una superficie complessiva di 50 m<sup>2</sup>. In contrasto con le regole standard per gli edifici passivi, le finestre dell'edificio possiedono telai in legno e quindi, nonostante i tripli vetri termici, il loro valore U è di 1,1 W/(m<sup>2</sup> K), superiore cioè a quello definito come standard per edifici passivi. Su consiglio dell'*Institut Fraunhofer* per sistemi solari (ISE), la superficie vetrata sul lato sud è stata aumentata dal precedentemente citato 40% al 47% della superficie totale della facciata allo scopo di migliorare l'illuminazione naturale dei locali che sono ombreggiati da balconi e da grandi alberi la cui ombra ne impedisce il surriscaldamento in estate. Solamente le finestre del terzo piano e quelle esposte verso est e ovest si sono dovute corredare di elementi di schermatura.

<b>Superfici vetrate e guadagni termici nell'edificio passivo a Friburgo (Germania)</b>						
Orientamento	Superficie vetrata m <sup>2</sup>	Radiazione globale kWh/(m <sup>2</sup> a)	Fattore di riduzione*	Trasmittanza g**	Guadagno energetico (kWh/a)	Percentuale (%)
Sud	253,6	340	0,45	0,60	23.278	83,8
Est	16,6	200	0,40	0,60	898	3,2
Nord	93,2	100	0,45	0,60	2516	9,1
Ovest	21,1	190	0,45	0,60	1081	3,9
<b>Somma</b>	<b>384,5</b>				<b>27.774</b>	<b>100,0</b>
* Il fattore di riduzione tiene conto della porzione del telaio delle finestre, dell'ombreggiatura, dello sporco dei vetri e dell'incidenza non perpendicolare della luce solare.						
** Il fattore g indica la trasmittanza solare totale di un elemento costruttivo. Gli apporti energetici solari dipendono dall'orientamento, dall'angolo di incidenza e dal tipo di vetro termico.						

Perugia, dicembre 1999  
 Dipl. Ing. Uwe Wienke, architetto SIA  
 S. Croce di Monte Bagnolo  
 I-06070 Perugia-Cenerente

<b>Esempio 1</b>			
Edificio convenzionale con 200 m <sup>2</sup> superficie abitabile (costruita prima del 1995*)			
Energia elettrica per illuminazione e elettrodomestici	ca.	4.000 kWh	9 %
Gasolio per il riscaldamento (3.500 litri)	ca.	35.000 kWh	80 %
Gasolio per produzione di acqua calda (500 litri)	ca.	5.000 kWh	11 %
Totale	ca.	44.000 kWh	100 %
Consumo energetico specifico complessivo: 44.000 kWh / 200 m <sup>2</sup> = 220 kWh/(m <sup>2</sup> a)			
Consumo energetico specifico (riscaldamento): 35.000 kWh/ 200 m <sup>2</sup> = 175 kWh/(m <sup>2</sup> a)			
* Entrata in vigore della nuova "Wärmeschutzverordnung" che corrisponde più o meno alla Legge 10/91			

<b>Esempio 2</b>			
Edificio a basso consumo energetico* con 185 m <sup>2</sup> superficie abitabile			
Energia elettrica per illuminazione e elettrodomestici	ca.	3.000 kWh	19 %
Gas metano per il riscaldamento (1.100 m <sup>3</sup> )	ca.	11.000 kWh	69 %
Gas metano per produzione di acqua calda (200 m <sup>3</sup> )	ca.	2.000 kWh	12 %
Totale	ca.	16.000 kWh	100 %
Consumo energetico specifico complessivo: 16.000 kWh / 185 m <sup>2</sup> = 86,5 kWh/(m <sup>2</sup> a)			
Consumo energetico specifico (riscaldamento): 11.000 kWh/ 185 m <sup>2</sup> = 59,5 kWh/(m <sup>2</sup> a)			
* Un edificio a basso consumo energetico è caratterizzato da un consumo energetico per il riscaldamento invernale tra 25 e 60 kWh/(m <sup>2</sup> a)			

<b>Esempio 3</b>			
<b>Edificio passivo con 185 m<sup>2</sup> superficie abitabile con:</b>			
- elettrodomestici a basso consumo energetico			
- impianto di ventilazione con recupero di calore con un grado di efficienza del 90%			
- collettori solari per la produzione di acqua calda			
Energia elettrica per illuminazione e elettrodomestici	ca.	3.000 kWh	38 %
Energia elettrica per l'impianto di ventilazione	ca.	350 kWh	5 %
Energia elettrica per il riscaldamento	ca.	2.400 kWh	69 %
Energia per produzione di acqua calda	ca.	2.000 kWh	12 %
Totale	ca.	7.750 kWh	100 %
Consumo energetico specifico complessivo: 7.75 kWh / 185 m <sup>2</sup> = 41,9 kWh/(m <sup>2</sup> a)			
Consumo energetico specifico (riscaldamento): 2.750 kWh/ 185 m <sup>2</sup> = 14,9 kWh/(m <sup>2</sup> a)			
Fonte. Helmut Keller: Das Passivhaus im Vergleich, in: W+G 12/99, p. 16-17			

A coloro che desiderano ulteriori informazioni sugli Edifici passivi segnalo il sito Internet <http://www.passivhouse.com>, che però, purtroppo, contiene documenti quasi esclusivamente in lingua tedesca.